

PENENTUAN PENGARUH ALIH FUNGSI LAHAN TERHADAP DEBIT BANJIR MENGGUNAKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFI (SIG)

DETERMINATION OF LANDUSE CHANGE EFFECTS TO FLOOD DISCHARGE USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS)

Anita Yustina, Bambang Suharto, dan Evi Kurniati
Jurusan Teknik Pertanian, FTP-Unibraw
email: evi_kurniati@yahoo.com

Abstrak

Penelitian bertujuan untuk memodelkan prediksi perubahan debit banjir akibat alih fungsi lahan dengan Sistem Informasi Geografi (SIG). Pelaksanaan penelitian di sub DAS Lesti Hulu, mulai Mei sampai Agustus 2006 dalam tiga tahap yaitu pengumpulan data (spatial dan atribut), pengolahan data, dan validasi. Validasi model dilakukan untuk dua periode yaitu tahun 2000 dan 2004 menggunakan piranti lunak (*software*) SIMODAS-ITB. Perluasan wilayah terbesar adalah pemukiman/pekarangan (sebesar 9,21%). Perubahan puncak banjir tidak cukup signifikan dari 202,54 m³/dt menjadi 208,66 m³/dt pada curah hujan yang sama. Bentuk hidrograf model mendekati bentuk hidrograf observasi dengan R² pada simulasi tahun 2000 dan 2004 masing-masing sebesar 86,22 % dan 72,01 %. Nilai total limpasan hasil uji rasional atau v_{langsung} sebesar 2.402.775 m³ dan v_{model} sebesar 2.385.081,6 m³, sehingga nilai perbandingan sebesar 0,99.

Kata kunci: alih fungsi lahan, banjir, Sistem Informasi Geografi, SIMODAS-ITB

Abstract

The aim of this research was to model the flood discharge estimation caused by landuse change by using Geographical Information System (GIS). The research was conducted from May to August 2006 in Lesti Hulu watershed. The methods included three steps, comprising data (spatial and attribute) gathering in year 2000 and 2004, data processing, and validity test. The validity test was conducted using SIMODAS-ITB software. The biggest change was settlement areas that increase 9.21 %. The flood peaks in the same rainfall condition of 92.22 mm were 202.54 m³/sec in year 2000 and 208.66 m³/sec in year 2004. The model used in this research had a high accuracy. This statement was espoused by a simulated hydrograph, which was almost similar to observed hydrograph; with R² values of 86.22% and 72.02% in years 2000 and 2004 respectively. The rational test showed that the ratio between direct v value of 2.402.775 m³ and modeled v value of 2.385.081,6 m³ was 0.993. This meant that the mathematical model for determining flood discharge using SIMODAS-ITB software was valid, and provided an accurate output.

Key words: change of land use, flood, GIS, SIMODAS-ITB

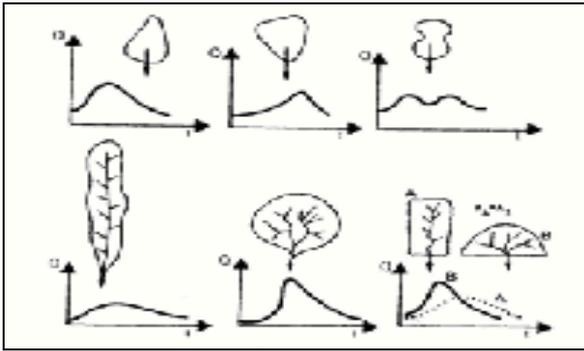
1. PENDAHULUAN

Dampak negatif pertambahan jumlah penduduk yang sering diikuti oleh terjadinya alih fungsi lahan (AFL) diantaranya adalah banjir. Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Lesti Hulu merupakan salah satu DAS di sub DAS Brantas Hulu yang memiliki tingkat AFL paling cepat dibandingkan dengan DAS Brantas Hilir maupun DAS Brantas Tengah.

Berdasarkan pemantauan di lapangan, degradasi dan transformasi jenis, komposisi, proporsi, dan

kualitas vegetasi di bagian hulu dan hilir DAS lajunya terus meningkat, tidak terpantau, serta tidak terkendali. Dampak kuantitatif impermeabilisasi terhadap terjadinya kekeringan yang belakangan ini sangat meresahkan adalah penurunan kemampuan produksi air DAS dan banjir (Irianto, 2004)

Hidrograf dapat digunakan untuk menggambarkan aliran atau debit suatu sungai maupun untuk menentukan debit banjir di suatu daerah pengaliran (Gambar 1).



Gambar 1. Bentuk Hidrograf Daerah Aliran Sungai dan Limpasan

Penentuan dan prediksi nilai debit banjir akan sangat membantu dalam usaha perbaikan kondisi DAS, dengan menyesuaikan kondisi dari DAS yang bersangkutan. Aplikasi SIG yang semakin luas khususnya dalam bidang hidrologi dan pertanian memungkinkan dilakukannya suatu pemodelan berkaitan dengan daerah studi. Menurut Demers (1997), SIG adalah suatu sistem berbasis komputer yang dapat memasukkan, menyimpan, memvisualisasikan, memanipulasi dan menganalisis data digital spasial yang bereferensi koordinat geografis

Sub DAS Lesti Hulu merupakan wilayah DAS Brantas hulu yang merupakan sub DAS prioritas, di mana wilayah tersebut mempunyai permasalahan yang cukup kompleks terhadap kerusakan lahan, erosi, tanah longsor, fluktuasi debit sungai, dan sedimentasi yang cukup tinggi. Permasalahan ini jika tidak segera mendapat perhatian, dikhawatirkan akan terjadi penurunan volume air tanah secara signifikan, dan menimbulkan banjir.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat AFL yang terjadi di sub DAS Lesti Hulu dari tahun 2000-2004. Selain itu penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui perubahan debit banjir akibat AFL di wilayah sub DAS Lesti Hulu dan mengetahui tingkat akurasi pemanfaatan SIG dalam pengelolaan DAS untuk penentuan perubahan debit banjir akibat dari AFL.

Hasil penelitian diharapkan dapat membantu memberikan informasi mengenai usaha perbaikan dan pengelolaan DAS, melalui prediksi dan penentuan besarnya debit banjir dengan menggunakan SIG. Hasil penelitian dapat menjadi bahan pertimbangan bagi para praktisi dan instansi terkait mengenai usaha perbaikan dan pengelolaan DAS, rencana tata guna lahan yang sesuai dan

bijaksana, dan upaya pencegahan banjir.

2. METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Mei sampai Agustus 2006, dengan sub DAS Lesti Hulu sebagai daerah studi (meliputi 4 kecamatan: Poncokusumo, Turen, Wajak, dan Dampit, Kabupaten Malang). Data diperoleh dari Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BP DAS) Brantas. Ada dua macam data yaitu data spasial dan data atribut.

Pengolahan Data Spasial

Pengolahan data spasial dengan *software* Arc View GIS 3.3 berupa editing dan pembuatan format *grid*. Peta disajikan dalam format *grid*. Ukuran sel *grid* yang digunakan adalah 75 m x 75 m. *Theme* kemiringan, arah aliran dan akumulasi aliran juga dirubah dalam format *grid* dengan cara yang sama. Peta jenis tanah dan tataguna lahan tidak perlu melalui proses seperti peta topografi karena hanya dibutuhkan format *grid* nya saja. Fungsi "Hydro" dipilih dari jendela Arc View GIS 3.3. Semua peta dalam format *grid* kemudian diekspor dengan ekstensi *.asc agar bisa terbaca oleh *software* SIMODAS-ITB. Model 3 dimensi atau *Digital Elevation Model* (DEM) dibuat dengan format *Triangular Irregularly Network* (TIN).

Pengujian Model

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan output berupa hidrograf yang selanjutnya akan dibandingkan dengan data hidrograf observasi dari pencatat otomatis di lapang (AWLR). Pengujian model menggunakan *software* SIMODAS-ITB. *Software* SIMODAS-ITB telah terbukti dapat dipergunakan dalam penyusunan model hidrologi sebar keruangan (Sutan Haji dan Legowo, 2001) serta simulasi pengelolaan DAS dan manajemen Banjir (Sutan Haji dan Hadihardaja, 2006).

Tata letak peta

Berupa penambahan properti peta yang ada pada fungsi tata letak dengan tujuan untuk memberikan keterangan yang lebih detail mengenai isi peta. Tata letak peta menggunakan *software* Arc View GIS 3.3.

Pengolahan Data Atribut

Pengolahan data atribut terdiri atas pencarian kejadian banjir dan penentuan hujan banjir rancangan. Data input meliputi data hidrograf muka air sungai Lesti, dari AWLR dan data hujan dari ARR tahun 2000 dan 2004. Data hidrograf

muka air pada saat kejadian banjir dihitung dengan software Ms Excel sehingga bisa diperoleh hidrograf limpasannya untuk kemudian dibandingkan dengan hidrograf hasil simulasinya. Banjir rancangan dihitung menggunakan Metode Log Pearson Tipe III. Nilai ini merupakan input simulasi untuk membandingkan perubahan debit banjir di sub DAS Lesti Hulu dengan memberi tinggi hujan yang sama.

Uji Validasi

Proses selanjutnya adalah melakukan uji validasi. Uji validasi dilakukan dengan dua cara, yang pertama dengan perhitungan koefisien determinasi (R^2) yang bertujuan untuk mengetahui tingkat kesesuaian data hasil observasi dengan data hasil simulasi, dan yang kedua dengan uji rasional yang bertujuan untuk mengetahui keakuratan model matematis dalam software SIMODAS-ITB.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Daerah Studi

Secara astronomis sub DAS Lesti Hulu terletak antara $112^{\circ}42'58''$ - $112^{\circ}56'21''$ Bujur Timur dan $8^{\circ}02'50''$ - $8^{\circ}12'10''$ Lintang Selatan. Luas wilayah keseluruhan sub DAS Lesti Hulu adalah 24472,324 ha. Peta wilayah sub DAS Lesti Hulu beserta lokasi stasiun hujan dan AWLR disajikan pada Gambar 2.

Tanah

Jenis tanah yang terdapat di sub DAS Lesti Hulu adalah tanah Regosol coklat, tanah Regosol kelabu, tanah Latosol coklat kemerahan, dan asosiasi tanah Andosol coklat dan Regosol kelabu. Menurut Darmawijaya (1990) Latosol coklat kemerahan memiliki konsistensi gembur sekali sehingga sesuai untuk lahan pertanian.

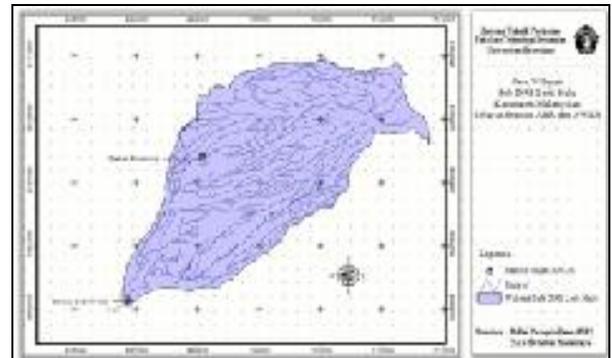
Topografi dan Bentuk Wilayah

Elevasi terendah wilayah sub DAS Lesti Hulu adalah 325 mdpl pada outlet sungai Lesti Hulu, dan elevasi tertinggi adalah 3650 mdpl pada puncak gunung Semeru. Tingkat kemiringan di sub DAS Lesti hulu adalah 0-63% dengan sebagian besar topografi adalah datar dengan kemiringan 0-9%.

Penduduk

Jumlah penduduk berdasarkan data kecamatan tahun 2004 adalah 202.505 jiwa dengan laju pertumbuhan rata-rata tiap tahun 1,42%. Tingkat pertambahan penduduk yang tinggi akan memacu

perluasan kawasan pemukiman, sehingga diperlukan suatu prediksi mengenai perluasan tersebut serta dampaknya terhadap banjir.



Gambar 2. Peta Wilayah Sub DAS Lesti Hulu

Sebagian besar penduduk sub DAS Lesti Hulu bekerja di sektor pertanian. Dampak positif dari hal ini adalah masih luasnya lahan budidaya pertanian yang turut memberi sumbangan dalam penyerapan air hujan. Dampak negatif yang mungkin timbul adalah perambahan kawasan hutan untuk dijadikan lahan pertanian, mengingat sebagian besar penduduk masui menggantungkan hidupnya pada sektor pertanian.

Penentuan Klas Tanah dan Perolehan Nilai CN (*Curve Number*)

Penentuan klas tanah dalam penelitian ini berdasarkan klasifikasi oleh SCS (*Soil Conservation Service*), di mana tanah dikelompokkan menjadi klas A, B, C, D dengan nilai CN tertentu sesuai penggunaan lahan dan tekstur tanahnya. Nilai CN dari tanah pada penelitian terdapat pada Tabel 1.

Nilai CN bertambah besar seiring dengan makin buruknya kondisi penggunaan lahan yang tidak memungkinkan terjadinya infiltrasi serta makin banyaknya fraksi liat pada tanah dari klas A ke klas D.

Hujan Banjir Rancangan

Nilai hujan yang digunakan sebagai input simulasi adalah hujan harian dengan periode ulang dua tahun yaitu 92,215mm. Hujan banjir rancangan ini digunakan untuk membandingkan perubahan debit banjir dalam selang 2000-2004 dengan pemberian hujan yang sama pada kondisi penggunaan lahan yang berbeda. Hujan banjir rancangan diubah menjadi hujan sesaat (jam-jaman) sesuai dengan karakter distribusi curah hujan sesaat sub DAS Lesti Hulu yang didapat dari rata-rata distribusi

hujan sesaat dari data hujan penakar otomatis stasiun Patokpicias selama 10 tahun. Distribusi rata-rata hujan sesaat sub DAS Lesti Hulu disajikan pada Tabel 2.

Alih Fungsi Lahan (AFL)

Luas masing-masing penggunaan lahan sub DAS Lesti Hulu berdasarkan peta tata guna lahan tahun 2000 dan 2004 BP DAS Brantas seperti disajikan pada Tabel 3.

Tabel 1. Nilai CN Berdasarkan Jenis Tanah dan Penggunaan Lahan

Penggunaan Lahan	Kelas B	Kelas C
	Regosol Coklat Asosiasi Andosol Coklat dan Regosol Kelabu	Latosol Coklat Kemerahan dan Regosol Kelabu
Hutan	63	74
Kebun	73	79
Pekarangan/Pemukiman	90	95
Sawah	75	82
Semak	64	75
Tegalan	76	83
Tampungan air	93	98

Sumber: Hasil simulasi

Tabel 2. Distribusi Curah Hujan Sesaat Sub DAS Lesti Hulu

Jam ke-	Distribusi hujan (%)	Jam ke-	Distribusi hujan (%)
1	2,38	11	4,26
2	19,43	12	3,17
3	13,16	13	2,91
4	9,93	14	1,73
5	8,79	15	1,30
6	7,10	16	0,38
7	7,02	17	0,20
8	5,04	18	0,13
9	4,36	19	0,06
10	4,30	20	0,02

Tabel 3. Luas Penggunaan Lahan Sub DAS Lesti Hulu Tahun 2000 dan 2004

Penggunaan lahan	Luas penggunaan (Ha)		Perubahan	
	2000	2004	Ha	%
Hutan	4687,86	5303,69	615,8	2,52
Kebun	9124,55	7572,40	(-) 1552,15	(-) 6,34
Pekarangan/Pemukiman	385,74	2640,67	2255,00	9,21
Rawa	67,82	0	(-) 67,82	(-) 0,28
Sawah	5085,86	3800,38	(-) 1285,48	(-) 5,25
Semak	3724,85	3914,75	189,90	0,78
Tampungan air	505,4	0	(-) 505,40	(-) 2,78
Tanah terbuka	53,18	53,18	0	0
Tegalan	837,06	1187,26	350,20	1,43
Jumlah	24472,30	24472,30		

Keterangan: Tanda (-) menunjukkan pengurangan

Sumber: Peta tata guna lahan BP DAS

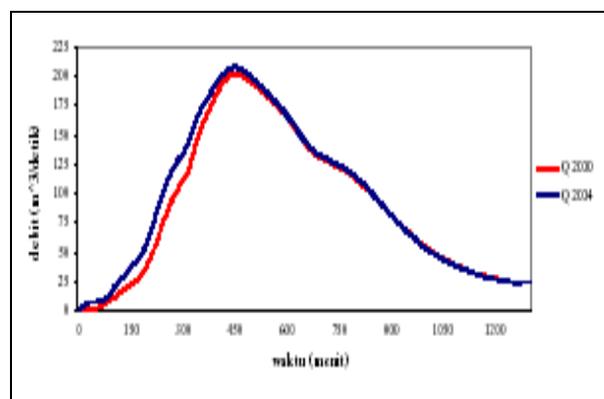
Perluasan kawasan hutan sebesar 615,82 ha dikarenakan munculnya kawasan hutan produksi berupa hutan jati. Lahan kebun beralih fungsi menjadi sawah, semak, tegalan, dan pekarangan/pemukiman dengan pengurangan seluas 1552,15 ha yang merupakan pengurangan terluas dalam selang 2000-2004. Perluasan lahan tegalan dari 837,06 ha menjadi 1187,26 ha atau bertambah seluas 350,20 ha. Lahan sawah berkurang luasnya sebesar 1285,48 ha dan beralih fungsi menjadi kebun, tegalan, dan pemukiman. Perluasan semak sebesar 189,90 ha disebabkan adanya kawasan hutan lindung yang berubah menjadi semak diduga akibat penebangan hutan, sedang bagian lainnya berasal dari kebun yang tidak dibudidayakan lagi dan dibiarkan menjadi semak.

Kawasan pekarangan/pemukiman bertambah seluas 2254,93 ha, hal ini merupakan penambahan terluas dalam selang 2000-2004. Kawasan tanah terbuka tidak mengalami AFL dalam selang 2000-2004, kawasan ini terdapat di wilayah gunung Semeru.

Tahun 2004 tidak terdapat lagi rawa di sub DAS Lesti Hulu, sama halnya dengan lahan tampungan air. Penambahan kawasan pemukiman dalam selang 2000-2004 sebesar 9,21% dari luas keseluruhan DAS. Hal tersebut menunjukkan rendahnya tingkat kerusakan lahan yang diakibatkan oleh AFL di sub DAS Lesti Hulu.

Pengaruh Alih Fungsi Lahan Terhadap Perubahan Debit Banjir

Nilai puncak banjir pada selang 2000-2004 tidak menunjukkan perbedaan yang jauh yaitu sebesar 202,540 m³/detik pada tahun 2000 dan 208,660 m³/detik pada tahun 2004. Perubahan debit banjir dalam selang 2000-2004 ditunjukkan Gambar 3.



Gambar 3. Perubahan Debit Banjir Akibat AFL dalam Selang 2000-2004

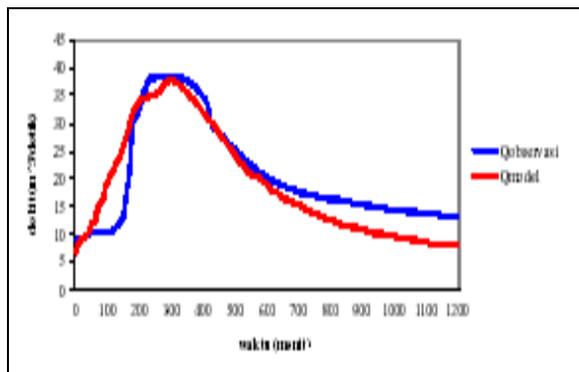
AFL memberikan pengaruh terhadap perubahan debit banjir melalui kemampuan tanah menyerap air hujan berdasarkan penutupan lahannya. AFL berupa pengurangan yang terbesar di sub DAS Lesti Hulu pada selang tahun 2000–2004 terjadi pada lahan kebun yang beralih fungsi menjadi sawah, semak, dan pekarangan/pemukiman, sedangkan perluasan terbesar adalah menjadi pekarangan/pemukiman.

Pengujian Model

Pengujian dilakukan dengan software SIMODAS-ITB dengan pemberian hujan dan faktor fisik dalam DAS sebagai input pada dua periode yaitu tahun 2000 dan 2004. Pengujian bertujuan untuk memperoleh perbandingan antara hidrograf observasi dengan hidrograf model atau hasil simulasi. Pengujian model tersebut memberikan hasil sebagaimana ditunjukkan dalam bentuk hidrograf pada Gambar 4 dan 5.

Hidrograf observasi tahun 2004 menunjukkan bentuk kurva turun yang kurang ideal. Seharusnya kurva ini berupa garis lengkung. Hal ini disebabkan karena penurunan debit limpasan terjadi secara berangsur-angsur, bukan secara tiba-tiba. Fenomena disebabkan oleh kesalahan yang terjadi pada alat pencatat.

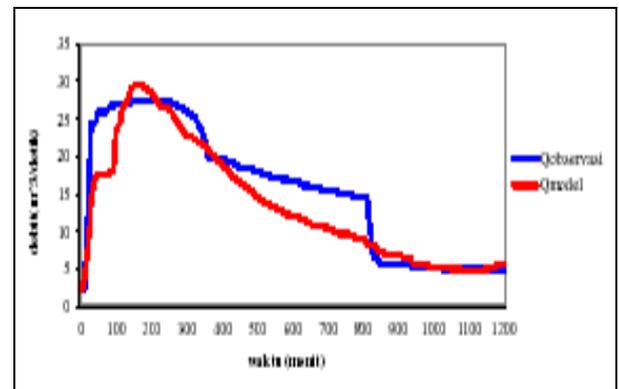
Revisi dapat dilakukan dengan melanjutkan penurunan hidrograf setelah puncak dengan perkiraan. Perbandingan hidrograf model dan hidrograf observasi tahun 2004 yang telah direvisi ditunjukkan pada Gambar 6.



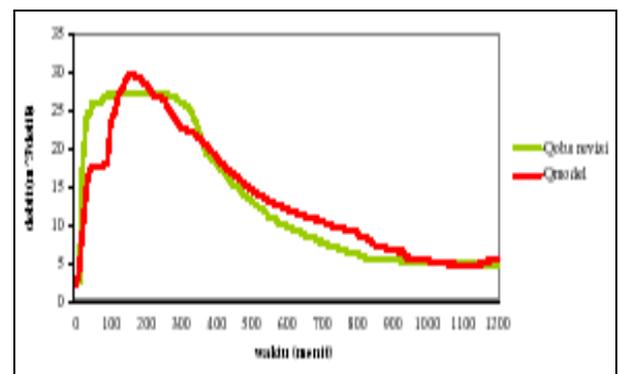
Gambar 4. Perbandingan Hidrograf Model dan Hidrograf Observasi Tahun 2000.

Perolehan nilai R^2 ditunjukkan pada Tabel 4 dengan R^2 hasil revisi periode 2004 mempunyai nilai yang lebih besar dibandingkan dengan sebelum revisi. Nilai R^2 pada simulasi tahun 2000 sebesar 86,22% artinya sebesar 86,22% dari seluruh

variasi total dapat dijabarkan oleh model dan 13,78% variasi sisanya tidak dapat diterangkan oleh model. Bagian 13,78% ini mungkin disebabkan oleh berbagai faktor yang belum dapat diperhitungkan dalam model.



Gambar 5. Perbandingan Hidrograf Model dan Hidrograf Observasi Tahun 2004.



Gambar 6. Perbandingan Hidrograf Model dan Hidrograf Observasi Tahun 2004 yang telah Direvisi

Tabel 4. Nilai R^2 pada Tiap Periode Pengujian

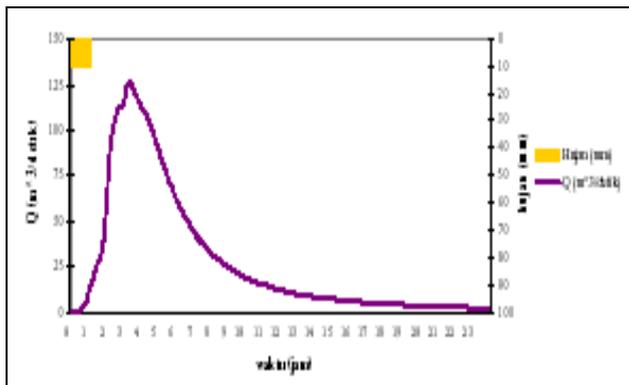
Periode	R^2
Tahun 2000	86,22 %
Tahun 2004	72,02 %
Tahun 2004 revisi	95,62 %

Uji rasional memberikan nilai $v_{\text{langsung}} = 2.402.775 \text{ m}^3$. Total limpasan hasil simulasi $v_{\text{model}} = 2.385.081,6 \text{ m}^3$ dengan pemberian hujan 10 mm selama 1 jam, dan menyeragamkan nilai CN = 100, sehingga diperoleh perbandingan v_{Model} dengan v_{Langsung} sebesar 0,993.

Nilai tersebut menunjukkan bahwa model matematis untuk menentukan besarnya debit banjir dalam software SIMODAS-ITB cukup valid sehingga output yang diberikan mendekati hasil sesungguhnya. Unit hidrograf limpasan langsung dari hasil simulasi dengan input hujan 10 mm

selama 1 jam, dan CN = 100 ditunjukkan pada Gambar 7.

Model yang telah diujicobakan bisa digunakan untuk menentukan besarnya debit banjir dan perubahannya di sub DAS Lesti Hulu. Manfaat aplikatif dari model tersebut adalah untuk memprediksi besarnya debit banjir di sub DAS Lesti Hulu dengan perubahan penutupan lahan tertentu, mengingat AFL yang tidak bisa dihindari di masa yang akan datang.



Gambar 7. Unit Hidrograf Limpasan Langsung

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu bahwa SIG dapat dimanfaatkan untuk menentukan perubahan debit banjir akibat dari alih fungsi lahan dengan input berupa curah hujan, dan berbagai faktor fisik dalam DAS. AFL yang terjadi di sub DAS Lesti Hulu dalam selang 2000–2004 berupa pengurangan luasan pada lahan kebun, rawa dan sawah dengan pengurangan terbesar pada kebun, sedangkan penambahan luasan terjadi pada hutan, pekarangan, semak dan tegalan dengan penambahan luasan terbesar adalah pada pekarangan/pemukiman.

Perubahan puncak banjir tidak terlalu signifikan yaitu dari 202,540 m³/detik pada tahun 2000 menjadi 208,660 m³/detik pada tahun 2004. Model

SIMODAS-ITB cukup valid untuk digunakan dalam penentuan debit banjir dengan nilai uji validasi sebesar 0,993. Sehingga dapat disarankan penggunaan SIG dalam perencanaan perbaikan tata air di suatu DAS terutama pada DAS dengan alih fungsi lahan yang cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Darmawijaya, M. I. (1990). **Klasifikasi Tanah**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Demers, M. N. (1997). **Fundamentals of Geographic Information Systems**. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Irianto, G. (2004). **Alih Fungsi Lahan: Dampaknya Terhadap Produksi Air DAS dan Banjir**. <http://www.litbang.deptan.go.id/artikel/one/57/pdf>. Tanggal akses 11 April 2006.
- Puntodewo, A. (2003). **Sistem Informasi Geografis untuk Pengelolaan Sumber Daya Alam**. Center for International Forestry Research (CIFOR). Bogor.
- Sutan Haji, A.T. dan T.S. Legowo. (2001). **Pemanfaatan Sistem Informasi Geografi (SIG) untuk Model Hidrologi Sebar Keruangan**. Kongres VII dan Pertemuan Ilmiah HATHI. Himpunan ahli Teknik Hidraulika Indonesia (HATHI).
- Sutan Haji, A. T dan I.K. Hadihardaja. (2006). **Sistem Informasi dan Model Simulasi untuk Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Manajemen Banjir**. Makalah Seminar Nasional Konstruksi Hidraulik yang Efektif, Efisien Guna Efisiensi Sumber Daya Air dan Antisipasi Bencana Banjir dan Rob. Fakultas Teknik. Undip. Semarang.