

PEMODELAN DINAMIS LIMPASAN PERMUKAAN DENGAN INTEGRASI PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Albertus Krisna Pratama Putra
albertuskrisna88@gmail.com

Sudaryatno
deyatno@yahoo.com

Abstract

This research examines the dynamic modeling of overland flow in the sub watershed of Kuning, Sleman and Bantul Regency, Province of D. I. Yogyakarta. The overland flow model was created to simulate daily runoff during 31 days in January of 2009. Based on calculations using the curve number method, the daily accumulation of overland flow in the outlet of sub watershed varies from 0 to 21.5 mm. Greatest runoff occurred on January 28, 2009. The accuracy of this overland flow dynamic model was tested using an approach of the highest discharge value that was produced by the model. This value was compared with the peak discharge at the outlet that was calculated using the Manning method. The discharge value that was produced by the model is 93.72 m³ / sec, while the peak discharge at the outlet of the Kuning river sub watershed is 123.1 m³ / sec.

Keywords: overland flow, dynamic model and curve number.

Abstrak

Penelitian ini mengkaji pemodelan limpasan permukaan secara dinamis di sub daerah aliran sungai (DAS) Kuning, Kabupaten Sleman dan Bantul, Provinsi D. I. Yogyakarta. Model limpasan permukaan dibuat untuk mensimulasikan limpasan permukaan harian di sub DAS Kuning yang terjadi selama 31 hari di bulan Januari tahun 2009. Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan metode bilangan kurva, akumulasi limpasan permukaan harian di *outlet* sub DAS Kuning cukup bervariasi dari 0 hingga 21.5 mm. Limpasan permukaan terbesar terjadi pada tanggal 28 Januari 2009. Model dinamis limpasan permukaan ini diuji ketelitiannya dengan menggunakan pendekatan nilai debit tertinggi yang dihasilkan model. Nilai ini dibandingkan dengan debit puncak di *outlet* yang dihitung dengan menggunakan metode Manning. Debit yang dihasilkan model sebesar 93.72 m³/detik sedangkan debit puncak di *outlet* sub DAS Kuning sebesar 123.1 m³/detik.

Kata kunci : Limpasan permukaan, pemodelan dinamis, bilangan kurva.

PENDAHULUAN

Sistem di dalam suatu DAS dipengaruhi faktor iklim, faktor fisik lahan dan faktor penggunaan lahan.

Sub DAS Kuning sebagai salah satu bagian dari sistem DAS Opak memiliki karakteristik penggunaan lahan, karakteristik fisik lahan dan

iklim yang unik dan akan saling berkontribusi serta memberikan respon tertentu terhadap output DAS, salah satunya yaitu limpasan permukaan.

Citra penginderaan jauh sebagai data muktahir dapat digunakan untuk menyadap variabel-variabel lahan yang dibutuhkan. Sedangkan sistem informasi geografi merupakan sistem yang dapat digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan dan mengelola variabel-variabel lahan tersebut sehingga menghasilkan informasi baru yang mempunyai rujukan spasial atau geografis.

Pemodelan adalah penyederhaan dari dunia nyata. Model terdiri dari banyak jenis, salah satunya adalah model berdasarkan referensi waktu yaitu model statis dan model dinamis. Model statis merupakan jenis model yang sering diaplikasikan dalam penelitian di bidang hidrologi. Model ini dibuat tanpa memasukkan faktor waktu di dalamnya. Padahal limpasan permukaan dipengaruhi oleh faktor iklim diantaranya curah hujan dapat berubah dalam julat waktu yang relatif singkat. Untuk mengatasi hal tersebut, maka dengan integrasi antara manfaat penginderaan jauh dan sistem informasi geografis diharapkan dapat digunakan untuk memodelkan limpasan permukaan di sub DAS Kuning secara dinamis menyesuaikan dinamika curah hujan yang terjadi. Debit yang juga merupakan *output* dari sistem DAS dapat diperoleh dari pendekatan limpasan permukaan yang dihasilkan model dan juga dapat diperoleh dari hasil estimasi langsung di *outlet* sub DAS Kuning. Kedua nilai debit ini dapat dibandingkan

untuk mengetahui tingkat akurasi model dinamis limpasan yang dibuat.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memanfaatkan data penginderaan jauh untuk identifikasi variabel-variabel lahan yang digunakan untuk menghitung ketebalan limpasan permukaan.
2. Mengetahui ketebalan limpasan permukaan di sub DAS Kuning.
3. Mengetahui cara membuat model dinamis limpasan permukaan di sub DAS Kuning.
4. Mengetahui tingkat akurasi model dinamis limpasan permukaan di sub DAS Kuning dengan pendekatan nilai debit hasil perhitungan model terhadap debit hasil estimasi di lapangan.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan di dalam penelitian ini diantaranya :

1. Citra ALOS AVNIR-2 perekaman tanggal 20 Juni 2009.
2. Citra SPOT 5 perekaman tanggal 18 Mei 2008.
3. Citra *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM).
4. Peta jenis tanah semi detil skala 1 : 50.000 Provinsi D.I. Yogyakarta tahun 1994.
5. Peta geologi lembar Yogyakarta skala 1 : 100.000, tahun 1977.
6. Peta rupa bumi Indonesia dijital skala 1 : 25.000 tahun 2004.
7. Data curah hujan harian tahun 2008 dan 2009 di stasiun hujan Jangkang, Dolo, Sambiroto, Berbah, Santan dan Plunyon.

Perhitungan nilai limpasan permukaan di penelitian ini menggunakan metode *US-SCS Curve*

Number. Variabel-variabel yang digunakan di dalam metode ini diperoleh dari penyadapan data penginderaan jauh yaitu citra ALOS AVNIR-2 dan citra SPOT-5 yang dibantu dengan pendekatan dari beberapa peta tematik. Penyusunan data atau variabel-variabel dilakukan setelah diuji ketelitiannya serta dianggap teliti. Data tersebut dapat berupa peta dan data tabuler. Peta-peta yang dibutuhkan diantaranya peta penggunaan lahan beserta perlakuan lahan dan kondisi hidrologi, peta kelompok hidrologi tanah, DEM (*Digital Elevation Model*) dan peta titik-titik stasiun hujan. Peta-peta tersebut dikonversi dari format vektor di program ArcGIS 9.3 menjadi raster dengan ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) agar dapat dikalkulasi di program PCRaster. Sedangkan data tabuler yang dibutuhkan diantaranya tabel curah hujan di setiap stasiun hujan per interval hari dan tabel nilai CN pada setiap jenis penggunaan lahan termasuk perlakuan lahan dan kondisi hidrologinya terhadap kelompok hidrologi tanah.

Metode *Curve Number* dikembangkan oleh *The United States Soil Conservation Service* (Chow, 1964 dan *Design of Small Dams-Appendix A*, 1965). Metode ini digunakan untuk estimasi limpasan permukaan yang diperoleh berdasarkan besarnya curah hujan serta tanah dan penggunaan lahan (Seyhan, 1976). Perhitungan dilakukan untuk memperoleh besaran limpasan permukaan di daerah kajian yang dipresentasikan di setiap pixel data raster yang dihasilkan. Metode

bilangan kurva (*curve number*) dikembangkan dalam formula :

$$Q = \frac{(I - I_a)^2}{(I - I_a + S)}$$

Sebelum limpasan permukaan terjadi, sebagian hujan yang turun akan mengalami kehilangan awal (I_a) akibat intersepsi, infiltrasi, evaporasi dan simpanan air permukaan. (I_a) merupakan variabel yang kompleks, namun secara umum dapat didekati dengan karakteristik tanah dan penggunaan lahan (USDA, 1986) menggunakan persamaan empiris yaitu :

$$I_a = 0,2S$$

Sehingga formula untuk limpasan permukaan menjadi :

$$Q = \frac{(I - 0,2S)^2}{(I + 0,8S)}$$

Nilai (S) berhubungan dengan karakteristik tanah dan penggunaan lahan yang juga merupakan variabel penentu bilangan kurva (CN). Persamaan yang digunakan untuk menentukan S yang ditentukan *US-SCS* (dalam Asdak, 2007) sebagai berikut :

$$S = (25400/CN) - 254$$

Keterangan :

Q = Limpasan permukaan dengan satuan ketebalan (mm)

I = Curah hujan (mm)

I_a = Kehilangan awal (mm)

S = Perubahan parameter retensi (parameter potensial penahan air maksimum di dalam tanah (mm))

CN = Bilangan kurva limpasan permukaan yang bervariasi dari 0 hingga 100.

Debit puncak aliran di sub DAS Kuning dihitung menggunakan metode *US SCS* yang merupakan

persamaan koefisien empirik dengan elemen-elemen unit hydrograph. Persamaan unit hydrograph *US SCS* yang dibuat oleh Snider (1972) tersebut yaitu :

$$q_p = \frac{484 \times A \times Q}{T_p}$$

Keterangan :

q_p = Debit puncak (*feet*³/detik)

A = Luas DAS (*mil*²)

Q = Limpasan permukaan (*inch*)

T_p = Waktu debit puncak (*jam*)

T_p dapat dihitung dengan persamaan :

$$T_p = \frac{\Delta D}{2} + L$$

dimana :

ΔD = Lamanya hujan (*jam*)

L = Waktu antara datangnya hujan dengan waktu terjadinya debit puncak (*jam*).

Berdasarkan Kent (1972), L memiliki hubungan dengan T_c (waktu konsentrasi) yaitu:

$$L = 0,6 T_c$$

Sedangkan untuk menghitung lama hujan (ΔD) berdasarkan hubungannya dengan lama T_c yaitu :

$$\Delta D = 0,133 T_c$$

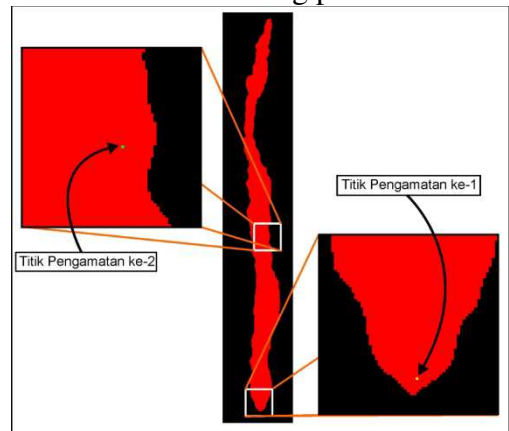
T_c adalah waktu yang dibutuhkan air mengalir dari dari tempat yang paling jauh (hulu) hingga titik pengamatan atau *outlet*. Salah satu rumus perhitungan T_c dikembangkan oleh Kirpich (1940, dalam Asdak 2007) yaitu :

$$T_c = 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385}$$

Dimana L = panjang maksimum aliran (m) dan $S = (\frac{H}{L})$ atau beda ketinggian antara titik pengamatan dengan lokasi terjauh pada DAS (H) dengan panjang maksimum aliran (L).

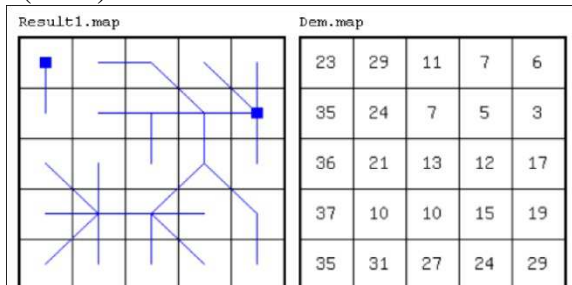
Debit puncak tersebut dikalkulasi berdasarkan nilai

akumulasi limpasan permukaan harian di titik piksel pengamatan di *outlet* sub DAS Kuning pada model.



Gambar 1. Titik piksel pengamatan di sub DAS Kuning

Akumulasi limpasan permukaan berdasarkan arah aliran yang dihasilkan dari DEM. Di dalam PCraster analisis untuk membuat arah aliran yaitu *local drain direction* (LDD).



Gambar 2. Contoh analisis LDD

Sedangkan estimasi debit di lapangan menggunakan dihitung dengan metode empiris *Manning*. Pengukuran ini digunakan untuk mengetahui debit selain menggunakan pendekatan dengan penginderaan jauh dan sistem informasi goegrafi. Bentuk persamaan *Manning* untuk memperoleh debit puncak yang disusun oleh Gunawan (2008) yaitu :

$$Q_p = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

Keterangan :

Q_p = debit puncak ($m^3/$ detik)

n = koefisien kekasaran permukaan sungai dari *Manning*.

A = luas penampang sungai pada bekas banjir (m^2)

R = jari-jari hidrolis, yang besarnya :

$$R = A/P$$

P = perimeter basah (m)

S = gradien hidrolik sungai, yang besarnya :

$$S = H/L$$

H = beda tinggi sungai (m)

L = panjang pengukuran (m)

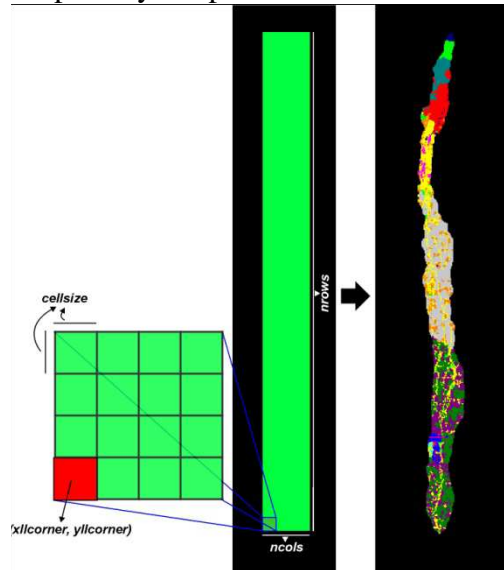
HASIL DAN PEMBAHASAN

Peta yang disiapkan untuk memodelkan limpasan permukaan yaitu peta penggunaan lahan dan peta kelompok hidrologi tanah. Penggunaan lahan yang terdapat di sub DAS Kuning yaitu :

Tabel 1. Penggunaan lahan di sub DAS Kuning tahun 2009

Penggunaan Lahan Klasifikasi US-SCS	Luas (Km ²)
Awan	1.89
Hutan Kondisi Hidrologi Baik	3.03
Hutan Kondisi Hidrologi Buruk	1.34
Hutan Kondisi Hidrologi Sedang	8.75
Jalan Aspal/Semen	0.25
Padang Rumput Kondisi Hidro. Baik	0.13
Padang Rumput Kond. Hidro. Sedang	0.80
Pemukiman Non-Pertanian	7.57
Pemukiman Pertanian	3.06
Tanah Bera/Tanah Terbuka	0.32
Tanah pertanian perlakuan konservasi (baik)	10.33
Tanah pertanian perlakuan konservasi (buruk)	8.43
Tanah pertanian tanpa konservasi	0.48
Pemukiman Non-Pertanian	7.57

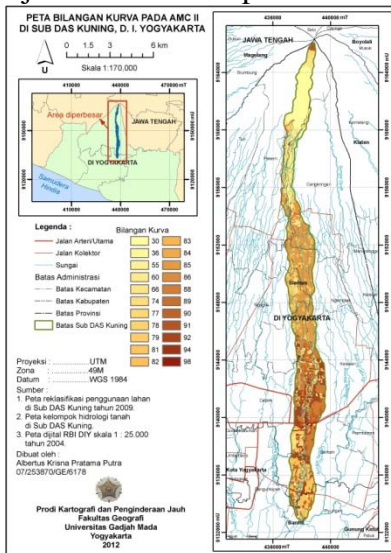
Kedua peta tersebut dilakukan konversi dari peta berformat vektor menjadi raster menggunakan ASCII dan peta *clone*. Peta *clone* di dalam program PCRaster merupakan peta dasar dengan tipe data *boolean* sebagai landasan setiap kode di dalam dokumen ASCII agar dapat diubah menjadi data yang memiliki informasi spasial yaitu peta berbasis raster.



Gambar 3. Peta *Clone* (kiri) dan Peta Raster Penggunaan Lahan (kanan)

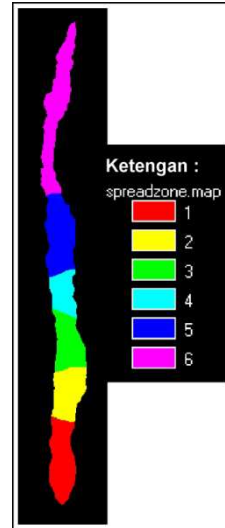
Peta penggunaan lahan berdasarkan klasifikasi *US SCS* dan peta kelompok hidrologi tanah tersebut digunakan menghasilkan bilangan kurva. Setiap klasifikasi penggunaan lahan memiliki nilai bilangan kurva yang berbeda berdasarkan tata guna lahan dan kondisi hidrologi di dalamnya. Bilangan kurva memiliki julat antara 0 hingga 100. Bilangan kurva yang ditemukan di sub DAS Kuning yaitu antara 30 hingga 98 pada kondisi *Antecedent Moisture Condition* (AMC) atau kelembaban tanah 5 hari sebelum terjadi hujan di kondisi

normal. Nilai 30 yang merupakan nilai bilangan kurva terendah banyak ditemukan di sub DAS Kuning bagian hulu yaitu pada lereng bagian atas dan bukit gunungapi terdenudasi. Sedangkan nilai 98 di sub DAS Kuning memiliki potensi limpasan sangat besar di semua kelas HSG karena penggunaan lahan di dalamnya yaitu jalan yang dilapisi aspal maupun semen sehingga tidak ada kesempatan air hujan untuk meresap.



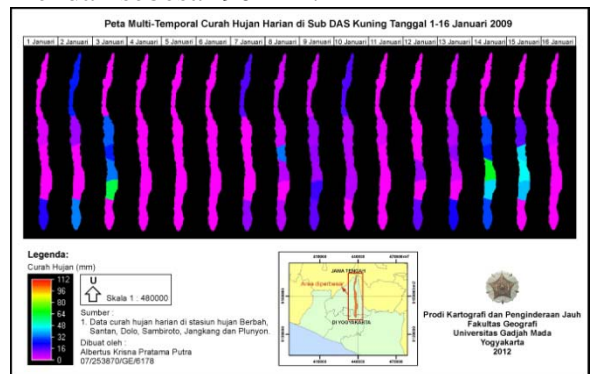
Gambar 4. Peta Bilangan Kurva pada AMC II di sub DAS Kuning

Data dari stasiun hujan yang digunakan dari bagian paling selatan hingga bagian paling utara sub DAS Kuning yaitu stasiun hujan Berbah, Santan, Dolo, Sambiroto, Jangkang dan stasiun klimatologi Plunyon. Berdasarkan titik-titik stasiun hujan, kemudian dibagi menjadi 6 zona dengan menggunakan operasi *spreadzone* di dalam program PCRaster. Operasi ini dapat membagi area sub DAS Kuning menjadi beberapa zona berdasarkan sebaran titik stasiun hujan sehingga lebih menyerupai metode poligon *theissen*.



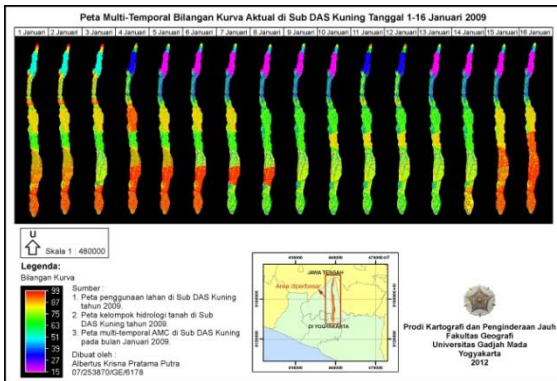
Gambar 5. Hasil Pembagian Zona atau Poligon Theissen di sub DAS Kuning

Curah hujan tertinggi terjadi pada tanggal 28 Januari dengan curah hujan sebesar 111 mm di Stasiun Berbah, 55 mm di Stasiun Santan, 72 mm di Stasiun Dolo, 18 mm di Stasiun Sambiroto, 69 mm di Stasiun Jangkang dan 0 mm di Stasiun Plunyon. Selama 31 hari di bulan Januari 2009 tersebut, curah hujan di stasiun hujan Jangkang memiliki akumulasi paling tinggi sebesar 434 mm sedangkan curah hujan di stasiun Plunyon memiliki akumulasi paling rendah sebesar 90 mm.



Gambar 6. Peta Curah Hujan Harian di sub DAS Kuning pada Tanggal 1-16 Januari 2009

AMC (*Antecedent Moisture Condition*) atau kondisi kelembaban tanah sebelumnya di sub DAS Kuning cukup bervariasi dari hari ke hari. Pada tanggal 1 hingga 6 Januari, 15 hingga 19 Januari dan 29 hingga 31 Januari sub DAS Kuning bagian selatan didominasi dengan AMC III. Sedangkan pada tanggal 5 hingga 10 Januari dan 13 hingga 31 Januari, lereng bagian atas hingga kerucut di sub DAS Kuning didominasi dengan AMC I. Selain Kondisi AMC I, kondisi AMC II atau kondisi kelembaban tanah normal di sub DAS Kuning sering ditemukan terutama pada zona poligon *theissen* stasiun hujan Jangkang. Pada kondisi AMC ini kelembaban tanah tidak dalam keadaan basah dan kering sehingga mampu menginfiltrasikan air hujan dalam kondisi normal.

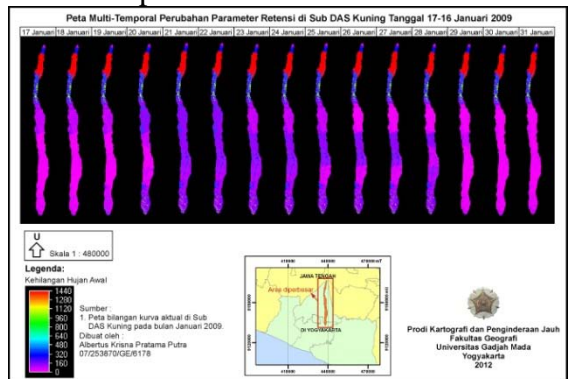


Gambar 7. Peta Bilangan Kurva Aktual di sub DAS Kuning pada Tanggal 1-16 Januari 2009

Bilangan kurva aktual merupakan nilai bilangan kurva yang menyesuaikan kondisi kelembaban tanah (AMC) yang terdiri dari 3 kondisi yaitu AMC I (kering), II (normal) dan III (basah). Berdasarkan peta multi-temporal bilangan kurva di sub DAS Kuning pada bulan Januari 2009, bilangan kurva di sub DAS

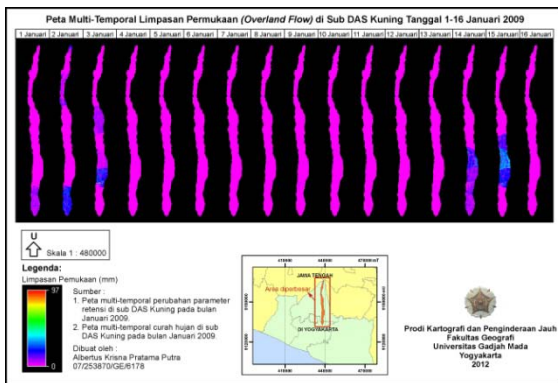
Kuning selama satu bulan tersebut bernilai antara 15 hingga 99.

Perubahan parameter retensi di sub DAS Kuning selama 31 hari di bulan Januari 2009 memiliki nilai dari 0 hingga 1440 mm. Beberapa hari di bulan Januari tahun 2009, nilai perubahan parameter retensi di sub DAS Kuning relatif kecil terutama pada bagian selatan sub DAS yaitu pada tanggal 1 hingga 6, 15 hingga 19 dan 29 hingga 31 Januari 2009. Penggunaan lahan yang berupa pemukiman dan sawah irigasi serta kondisi kelembaban tanah di bagian selatan sub DAS Kuning masuk ke dalam AMC III (basah) pada tanggal tersebut merupakan faktor terbentuknya nilai kecil pada perubahan parameter retensi tersebut. Sedangkan nilai perubahan parameter retensi yang relatif besar sering ditemukan di sebagian sub DAS Kuning bagian utara. Pada area ini sebagian besar ditutupi oleh penggunaan lahan berupa hutan dan tekstur tanah yang relatif kasar. Oleh karena itu proses intersepsi di ranting-ranting pohon ataupun infiltrasi di tanah yang masih dalam kondisi alami dan cukup baik.

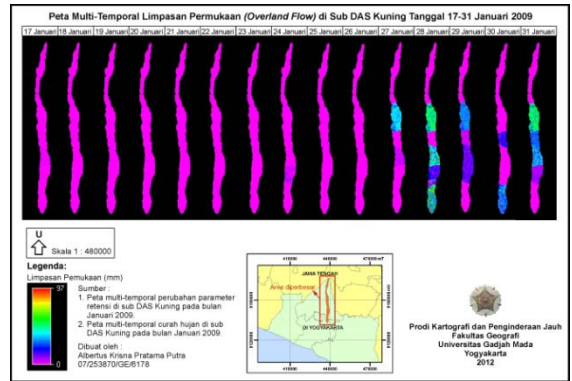


Gambar 8. Peta Perubahan Parameter Retensi di sub DAS Kuning pada Tanggal 17-31 Januari 2009

Berdasarkan hasil perhitungan dan peta multi-temporal limpasan permukaan, sub DAS Kuning pada bulan Januari 2009 memiliki limpasan permukaan harian maksimum dengan rentang nilai antara 0 hingga 96.42 mm. Nilai ini tersebar di seluruh piksel-piksel penyusun sub DAS Kuning. Nilai 0 mm sebagai nilai terendah dapat terjadi karena pada tanggal 4, 5, 6, 11 dan 16 Januari 2009 tidak terjadi hujan sama sekali. Oleh karena itu tidak ada masukan curah hujan ke dalam sistem sub DAS dan mengalir di sungai utama. Selain faktor iklim, faktor penggunaan lahan yang berupa hutan dan faktor fisik lahan yang berupa lereng terjal dengan tekstur tanah yang kasar di bagian hulu sub DAS Kuning juga menyebabkan nilai limpasan permukaan di dalamnya relatif kecil selama bulan Januari 2009. Sedangkan nilai 96.42 mm yang merupakan nilai tertinggi terjadi pada tanggal 28 Januari 2009.



Gambar 9. Peta Limpasan Permukaan (*Overland Flow*) di sub DAS Kuning pada Tanggal 1-16 Januari 2009



Gambar 10. Peta Limpasan Permukaan (*Overland Flow*) di sub DAS Kuning pada Tanggal 17-31 Januari 2009

Akumulasi limpasan permukaan di sub DAS Kuning dilakukan secara dinamis sebanyak 31 titik waktu. Sebelum proses akumulasi ini dilakukan, sebelumnya perlu dihitung nilai limpasan permukaan (mm) yang dibobotkan dengan perbandingan antara luas setiap pixel penyusun sub DAS Kuning yang memiliki luas 30 meter x 30 meter yaitu 90 m² dengan luas seluruh piksel penyusun sub DAS Kuning seluas 46,393,200 m². Sehingga setiap piksel memiliki bobot sebesar 0,00000194.

Akumulasi diproses berdasarkan arah aliran LDD di sub DAS Kuning yang sebelumnya telah diturunkan dari data DEM. Nilai limpasan permukaan saling berkontribusi dan terakumulasi dari hulu hingga berakhir di *outlet*. Sehingga nilai akumulasi total limpasan permukaan (*overland flow*) di sub DAS Kuning dapat diamati pada piksel di bagian *outlet* tersebut. Akumulasi limpasan permukaan di sub DAS Kuning tertinggi terjadi pada akhir bulan Januari khususnya di tanggal 28 dan 31 Januari 2009. Pada tanggal 28 Januari terakumulasi limpasan permukaan sebesar 21,5 mm

pada titik 1 dan 7,79 mm pada titik 2. Pada tanggal 31 Januari terakumulasi limpasan permukaan sebesar 16,01 mm pada titik 1 dan 8,4 mm pada titik 2. Selain akumulasi curah yang tinggi, kelembaban tanah pada kedua hari tersebut sangat lembab karena terjadi akumulasi sebesar > 53 mm selama 5 hari sebelum turun hujan pada hari tersebut. Sedangkan akumulasi terendah sebesar 0 mm ditemukan di beberapa hari yaitu pada tanggal 4, 5, 6, 11 dan 16 Januari. Pada tanggal-tanggal tersebut tidak terjadi hujan di seluruh bagian sub DAS Kuning, sehingga pada model tidak terjadi akumulasi limpasan.



Gambar 11. Grafik Akumulasi Limpasan Permukaan di sub DAS Kuning pada bulan Januari 2009

Berdasarkan pendekatan nilai limpasan permukaan yang diperoleh dari model, besar debit di sub DAS Kuning selama 31 hari di bulan Januari 2009 memiliki rentang antara 0 hingga 93,72 meter³/detik dan debit tertinggi terjadi pada tanggal 28 Januari. Nilai masukan limpasan permukaan yang juga cukup besar yaitu sebesar 21,5 mm menyebabkan debit pada tanggal tersebut memiliki nilai yang tinggi juga.

Perhitungan debit metode Manning menggunakan pendekatan antara koefisien kekasaran penampang sungai (n), luas penampang sungai pada bekas banjir (A), jari-jari hidrolis

(R) dan gradient hidrolik sungai (S). Lokasi estimasi debit puncak di sub DAS Kuning terletak di Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul tepatnya pada koordinat XY yaitu 438096 mU dan 9132998 mT. Berdasarkan karakteristik penampang dan hasil perhitungan dengan menggunakan metode Manning ini, debit puncak di *outlet* sub DAS Kuning diperoleh sebesar 123.1 m³/detik. Debit ini cukup besar dan terjadi ketika curah hujan yang turun dalam jumlah yang sangat besar. Walaupun begitu volume air tersebut masih mampu ditampung oleh penampang sungai Kuning sehingga tidak menimbulkan banjir. Hal ini diperkuat dengan informasi penduduk yang tinggal di sekitar lokasi estimasi.

Hasil perhitungan debit dari model dinamis limpasan permukaan di sub DAS Kuning, ditemukan debit tertinggi terjadi pada tanggal 28 Januari 2009 sebesar 93.72 m³/detik. Sedangkan berdasarkan perhitungan debit dengan metode Manning, debit tertinggi yang pernah terjadi 1 hingga 3 tahun sebelum tahun 2012 di sungai Kuning sebesar 123.1 m³/detik. Dari kedua hasil perhitungan debit dengan menggunakan metode empiris tersebut ditemukan selisih sebesar 29.38 m³/detik. Selisih nilai debit ini menandakan bahwa model dinamis yang telah dibuat dapat memberikan informasi limpasan permukaan di sub DAS Kuning, walaupun nilai yang dihasilkan belum dapat dikatakan akurat terhadap nilai di lapangan.

KESIMPULAN

1. Data penginderaan jauh dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk penyadapan peta-peta paramater untuk pembuatan model dinamis limpasan permukaan (*overland flow*) di sub DAS Kuning.
2. Ketebalan limpasan permukaan harian di sub DAS Kuning pada bulan Januari tahun 2009 cukup bervariasi dengan akumulasi nilai antara 0 hingga 21.5 mm di *outlet* sub DAS.
3. Model dinamis limpasan permukaan di sub DAS Kuning dibuat dengan menggunakan analisis tumpang susun beberapa peta yang berpengaruh terhadap nilai ketebalan limpasan permukaan, baik dalam basisdata vektor maupun raster. Sedangkan untuk menghasilkan model dinamis, proses kalkulasi khususnya pada peta berbasisdata raster dilakukan secara berulang sebanyak 31 kali sesuai dengan jumlah hari di bulan Januari tahun 2009.
4. Tingkat akurasi model dinamis limpasan permukaan di sub DAS Kuning diketahui cukup akurat. Nilai debit harian terbesar yang diperoleh dari model dinamis sebesar 93.72 m³/detik, sedangkan nilai debit puncak hasil estimasi dengan metode Manning di *outlet* sebesar 123.1 m³/detik.

DAFTAR PUSTAKA

Asdak, C. (2007). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran*

Sungai. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Duersen, V. (1995). *Geographical Information System and Dymanic Models, Development and Apllication of a Prototype Spatial Modelling Language*. Dari www.pcraster.geo.uu.nl/wp-content/uploads/2011/03/thesis/WvanDeursen.pdf, 14 September 2008.

Gunawan, T. (2008). *Petunjuk Praktikum Penginderaan Jauh untuk Hidrosfer dan Atmosfer*. Yogyakarta: Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.

Kent, K.M. (1972). *National Enginnering Handbook, Section 4 : Hydrology, Chapter 15 : Travel Time, Time of Concentration and Lag*. Dari <http://www4.ncsu.edu/~rcbord/en/CE383/References/nehhydr o.pdf> 4 Maret 2012.

Simarmata, Dj. A. (1983). *Operation Research*. Jakarta: PT. Gramedia.

Snider, D. (1972). *National Enginnering Handbook, Section 4 : Hydrology, Chapter 16: Hydrographs*. Dari <http://www4.ncsu.edu/~rcbord/en/CE383/References/nehhydr o.pdf>, 4 Maret 2012.

USDA. (1986). *Urban Hydrology for Small Watersheds (Technical Release 55)*. Dari www.cset.sp.utoledo.edu/~nki ssoff/pdf/CIVE-3520/Modified-tr55.pdf, 22 Oktober 2011.