

**PEMODELAN SPASIAL UNTUK IDENTIFIKASI BANJIR GENANGAN
DI WILAYAH KOTA SURAKARTA DENGAN PENDEKATAN METODE
RASIONAL (*RATIONAL RUNOFF METHOD*)**

PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Derajat S-1 Program
Studi Geografi dan Memperoleh Gelar Sarjana



Diajukan Oleh :

NAMA : Nugroho Purwono

NIM : E 100 090 030

**FAKULTAS GEOGRAFI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2013

**PEMODELAN SPASIAL UNTUK IDENTIFIKASI BANJIR GENANGAN DI
WILAYAH KOTA SURAKARTA DENGAN PENDEKATAN METODE
RASIONAL
(RATIONAL RUNOFF METHOD)**

***Spatial Modeling for Identification of Flood Inundation in Surakarta by Using
Rational Runoff Method***

Nugroho Purwono
E 100 090 030

Fakultas Geografi
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Penelitian ini membuat sebuah model spasial dan replikasi secara deterministik dari kompleksitas fenomena hidrologis khususnya banjir genangan di Kota Surakarta. Tujuan dari penelitian ini yaitu : 1) mengetahui hasil model banjir genangan berdasar penilaian parameter utama yang meliputi debit *runoff*, kapasitas volume resapan, serta daya tampung drainase wilayah; 2) mengidentifikasi secara keruangan distribusi potensi banjir genangan berikut luasan yang dapat ditimbulkan melalui model spasial; 3) mengevaluasi keakurasian hasil model spasial yang diterapkan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yakni deskriptif analitik dengan teknik penerapan fungsi Sistem Informasi Geografis (SIG) sebagai alat pendukung analisis. Sementara itu, survei lapangan digunakan untuk menilai keakurasian hasil model yang diterapkan. Penilaian terhadap potensi banjir genangan dilakukan dengan metode rasional (*rational runoff method*), dengan satuan wilayah sub-sistem drainase kota sebagai unit analisis. Analisis hasil model dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi dua skenario kondisi sesuai dengan kriteria parameter yang diperoleh. Adapun hasil penelitian menunjukkan bahwa: 1) terjadi potensi banjir genangan di sebagian wilayah sub-sistem drainase Kali Anyar pada skenario 'A' dengan kondisi intensitas curah hujan <60 mm/jam, selanjutnya potensi banjir genangan terjadi hampir di seluruh wilayah sub-sistem drainase Kota Surakarta pada skenario 'B' dengan kondisi intensitas curah hujan >60 mm/jam; 2) untuk skenario kondisi 'A', potensi banjir genangan teridentifikasi pada sub-sistem drainase wilayah Kali Anyar atau pada wilayah administrasi meliputi sebagian Kecamatan Banjarsari dan Kecamatan Jebres dengan luasan wilayah potensial sebesar 186,96 ha, sedangkan untuk skenario kondisi 'B' menunjukkan bahwa hampir seluruh sub-sistem drainase yang ada di Kota Surakarta teridentifikasi berpotensi banjir genangan dengan perkiraan total luas genangan sebesar 378,13 hektar; 3) evaluasi akurasi terhadap model menunjukkan nilai 0,6571 untuk koefisien kappa dan 83,33% untuk akurasi keseluruhan.

Kata kunci : model spasial, metode rasional, potensi banjir genangan, akurasi model.

Abstract

This research makes a spatial model and deterministic replication of the complexity of the hydrological phenomena especially as flood inundation in Surakarta. The purpose of this study are: 1) know the results of flood inundation models based on the main parameters include discharge runoff, infiltration volume capacity, and the capacity of the drainage area; 2) identify the spatial distribution of flood inundation potential and it's wide that can be caused by use this spatial models; 3) evaluate the result accuracy of spatial models that applied. This research used descriptive analytic method which applicated some function of Geographic Information Systems (GIS) techniques as a tool to support the analysis. Meanwhile the field survey is used to assess the accuracy of spatial models that applied. Assessment of the potential flood inundation is made by using rational runoff method, with sub-unit of the city's drainage system as the unit of analysis. Analysis of the results of the model devided into two scenarios according to the criteria of condition parameters obtained. The results showed that: 1) the flood inundation potential occurred in parts of Kali Anyar sub-drainage system in the 'A' scenario with the rainfall intensity conditions <60 mm / hour, the next potential flood inundation occurred in almost all the sub-drainage system of Surakarta in the 'B' scenario with the rainfall intensity conditions >60 mm / hour; 2) in the 'A' scenario, the flood inundation potential is identified in the Kali Anyar sub-drainage system or in the administrative area covers most Banjarsari sub-district and Jebres sub-district with the potential inundation areas affected 186, 96 acres, while for the 'B' scenario shows that almost all sub-drainage system in Surakarta identified potential flood inundation with an estimated total area of 378.13 hectares puddle; 2) evaluation of the accuracy of the model shows 0.6571 for the kappa coefficients (Cohen's kappa) and 83.33% for the overall accuracy.

Keywords: spatial models, rational runoff method, flood inundation potential, model accuration.

**HALAMAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

**PEMODELAN SPASIAL UNTUK IDENTIFIKASI BANJIR GENANGAN
DI WILAYAH KOTA SURAKARTA DENGAN PENDEKATAN METODE
RASIONAL (*RATIONAL RUNOFF METHOD*)**

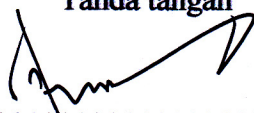
NAMA : NUGROHO PURWONO

NIM : E 100 090 030

Telah disetujui dan disahkan pada :

**Hari : Jumat
Tanggal : 26 Juli 2013**

Pembimbing I : Dra. Alif Noor Anna, M.Si

Tanda tangan

(.....)

Pembimbing II : Jumadi, S.Si., M.Sc.


(.....)

**Mengetahui,
Sekretaris Fakultas**

Drs. Yuli Priyana, M.Si.



PENDAHULUAN

Melihat dinamika perkembangan studi hidrologi khususnya tentang fenomena banjir perkotaan, kini perkembangan kajian tengah mengarah pada kajian yang berbasis keruangan (spasial). Kajian yang berbasis keruangan tentu tidak terlepas dari peranan Sistem Informasi Geografis (SIG) sebagai alat pendukung. Terlebih lagi fungsi dari SIG mampu menyajikan bentuk pemodelan (*modelling*) dari suatu fenomena hidrologis seperti halnya fenomena banjir genangan di perkotaan (Rajabidfard, 2000). Dalam mewujudkan model spasial dari fenomena banjir genangan dibutuhkan pendekatan empiris yang mampu diterapkan ke dalam aplikasi SIG. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan dalam studi banjir adalah metode rasional. Metode rasional merupakan metode yang paling sering digunakan dalam studi perencanaan banjir perkotaan (Chow, 1988 ; Grigg, 1996 dalam Kodoatie, 2001). Metode rasional dikatakan sebagai metode yang paling sesuai untuk pendugaan banjir perkotaan karena metode ini menganalogikan wilayah kota seperti daerah pengaliran yang relatif sempit (Goldman, 1996 dalam Suripin, 2003).

Sejalan dengan perkembangan wilayah perkotaan, kini kawasan terbuka di Kota Surakarta cenderung beralih fungsi menjadi kawasan terbangun. Sementara itu, diketahui bahwa alih fungsi kawasan terbuka akan mempengaruhi luas kawasan resapan sebagai salah satu media pengendali banjir (*flood control*). Demikian seperti dalam data pemerintah kota setempat, luas kawasan terbangun (*built up areas*) kurang lebih sebesar 3.896 ha (88,47%), dan sisanya merupakan kawasan terbuka sebagai fungsi kawasan resapan dengan luas 508 ha (11,53%) (DTRK Surakarta, 2012). Adanya perubahan fungsi lahan Kota Surakarta memberikan dampak pada perubahan tata air wilayah setempat. Perubahan tata air adalah

salah satu sebab yang berkaitan erat terhadap peristiwa banjir perkotaan (Suripin, 2003).

Kajian melalui bentuk pemodelan akan mampu memberikan jawaban tentang identifikasi fenomena genangan pada suatu wilayah, berikut tingkat keabsahan informasi dari luaran hasil model yang diterapkan. Berdasarkan dari uraian singkat tersebut, maka dapat ditarik beberapa rumusan masalah yang dinyatakan dalam pertanyaan sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil model banjir genangan berdasar penilaian parameter utama yang meliputi debit *runoff*, kapasitas volume resapan, serta daya tampung drainase wilayah di Kota Surakarta?
2. Bagaimana distribusi spasial dan luasan wilayah yang berpotensi terkena genangan berdasar hasil identifikasi dari model penelitian ini?
3. Bagaimana nilai keakurasian hasil model yang dihasilkan dalam penelitian ini?

Selaras dengan perumusan masalah yang telah dijabarkan, maka tujuan dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut :

1. Mengetahui hasil model banjir genangan berdasar penilaian parameter utama yang meliputi debit *runoff*, kapasitas volume resapan, serta daya tampung drainase wilayah di Kota Surakarta.
2. Mengidentifikasi secara keruangan potensi banjir genangan berikut luasan yang dapat ditimbulkan melalui sebuah model spasial.
3. Menguji tingkat keakurasian hasil pemodelan dengan metode uji matriks kesalahan (*confusion matrix*) dan koefisien *kappa*.

Metode Rasional

Metode rasional (*Rational Runoff Method*) merupakan metode yang digunakan untuk memprediksi debit puncak (*peak discharge*) melalui perhitungan matematis dengan penyederhanaan besaran-besaran terhadap suatu proses penentuan aliran

permukaan. Metode tersebut dianggap akurat untuk menduga aliran permukaan dan memberikan hasil yang dapat diterima (Suripin, 2003). Konsep metode rasional adalah jika curah hujan dengan intensitas (I) terjadi terus-menerus, maka laju limpasan langsung akan bertambah sampai menacapai waktu konsentrasi (t_c). Waktu konsentrasi (t_c) tercapai ketika seluruh bagian wilayah aliran / DAS telah memberikan kontribusi aliran di *outlet*. Laju masukan pada sistem adalah hasil curah hujan dengan intensitas (I) pada wilayah aliran / DAS dengan luas A . Nilai perbandingan antara laju masukan dengan laju debit puncak (Q_p) yang terjadi saat (t_c) dinyatakan sebagai *runoff coefficient* (C) dengan nilai $0 \leq C \leq 1$ (Chow, 1988). Bentuk persamaan umum dari rumus metode rasional adalah :

$$Q_p = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A \text{ [Ha]} \quad (1)$$

Dalam penelitian ini penilaian nilai koefisien *runoff* (C) mendasarkan cara penentuan yang mengintegrasikan nilai faktor yang mempengaruhi hubungan antara hujan dan aliran. Adapun faktor tersebut yaitu topografi, jenis tanah, penutup dan tata guna lahan, Hassing (1995).

Tabel 1. Koefisien Aliran (C) untuk metode Rasional

Koefisien Aliran $C = C_t + C_s + C_v$					
Topografi C_t		Tanah C_s		Tutupan lahan/vegetasi C_v	
Datar (<1%)	0,03	Pasir & gravel	0,04	Hutan	0,04
Bergelombang (1-10%)	0,08	Lempung berpasir	0,08	Lahan pertanian	0,11
Perbukitan (10-20%)	0,16	Lempung & lanau	0,16	Padang rumput	0,21
Pegunungan (>20%)	0,26	Lapisan batu	0,26	Tanpa tanaman	0,28

Sumber : (Hassing, 1995 dalam Suripin 2003)

Kawasan Resapan

Kawasan resapan ditentukan berdasarkan koefisien *runoff* (C). Nilai C yang digunakan sebagai batasan dalam menentukan kawasan resapan adalah $\leq 0,60$, artinya air hujan yang jatuh sebagai limpasan tidak lebih dari 60% dari curah hujan total.

Batasan ini disesuaikan dengan Perda Nomor 8 Tahun 1993 tentang Rencana Umum Tata Ruang Kota dan pertimbangan nilai koefisien *runoff*. Adapun dalam konteks perkotaan, penggunaan lahan ini pada umumnya berwujud kawasan seperti lapangan olahraga, pusat-pusat rekreasi, taman, hutan kota, halaman dan pekarangan rumah (Setyowati, 2006).

Drainase Kota

Suripin (2003) menjelaskan pada konteks studi perkotaan, fungsi drainase lebih merujuk pada fungsi pengendalian banjir (*flood control*). Secara struktur, sistem perkotaan membagi sistem drainase berdasar wilayah pengaliran. Adapun berdasar fisik infrastruktur pengaliran, drainase perkotaan digolongkan lagi menjadi tiga yaitu : 1) sistem saluran primer, adalah saluran utama yang menerima masukan aliran dari saluran sekunder, 2) sistem saluran sekunder, adalah saluran terbuka atau tertutup yang berfungsi menerima aliran air dari saluran tersier dan limpasan air dari permukaan sekitarnya, dan meneruskan air ke saluran primer, 3) sistem saluran tersier, adalah saluran drainase yang menerima air dari saluran drainase lokal.

Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam Pemodelan Banjir

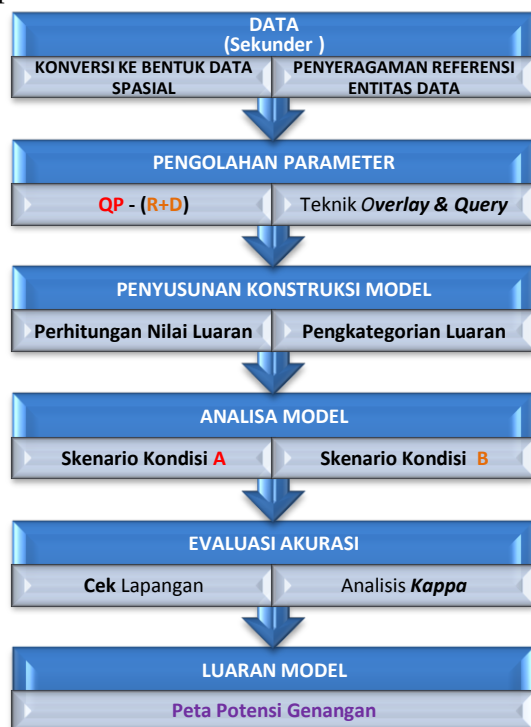
Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat dikembangkan dalam aplikasi hidrologi perkotaan terlebih lagi dalam membuat suatu model (Raharjo, 2010). Pada pemodelan banjir data yang digunakan antara lain data kenampakan permukaan (DEM), peta topografi, peta penggunaan lahan, model debit aliran, koefisien *runoff*, dan model drainase. Teknik pemodelan menggunakan *hydrology modelling*. Data berupa kontur yang menunjukkan garis-garis ketinggian wilayah diproses untuk menjadi DEM dan dilakukan suatu pemodelan untuk mencari larian air, akumulasi aliran serta konsentrasi aliran air (Marfai, 2003).

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini yakni deskriptif analitik dengan menerapkan fungsi teknis Sistem Informasi Geografis (SIG). Hasil cek lapangan digunakan untuk menilai keakurasian model yang dihasilkan. Adapun Sistem Informasi Geografis (SIG) dipilih dan digunakan adalah untuk mewujudkan model spasial dari variabel yang akan diolah. Dengan demikian peran SIG lebih utama sebagai perangkat yang mendukung proses analisa dan konversi data sekunder (tekstual) menjadi data (model) spasial.

Alur Penelitian

Alur penelitian ini mengkondisikan data supaya dapat diolah dan dianalisis dengan perangkat Sistem Informasi Geografis (SIG), maka dengan demikian setiap variabel yang digunakan untuk menentukan nilai luaran model harus mengacu pada bentuk data bereferensi geografis (data spasial). Secara praktis berikut Gambar 1. yang menunjukkan alur dalam penelitian ini.



Gambar 1. Alur Penelitian

Data

Data yang digunakan dalam model penelitian ini disusun untuk membentuk parameter yang digunakan dalam menilai tingkat potensi genangan yang dapat ditimbulkan pada wilayah kajian. Masing-masing data diperoleh dari sumber data sekunder dan cek lapangan. Secara rinci masing-masing data yang diperlukan adalah :

- 1) data penggunaan lahan (detil) Kota Surakarta yang dapat diperoleh dari interpretasi citra resolusi tinggi (*Quickbird*) ;
- 2) data topografis yang diperoleh dari peta RBI yang diturunkan menjadi data kemiringan wilayah (topografis);
- 3) data jenis tanah yang diperoleh dari data sekunder dan data peta tanah wilayah Surakarta ;
- 4) data hujan sebagai input masukan utama yang diperoleh dari stasiun curah hujan ;
- 5) data resapan yang dapat diperoleh dari data kawasan resapan yang bersumber dari data sekunder kapasitas kawasan resapan ;
- 6) dan data drainase yang diperoleh dari data sekunder drainase wilayah Surakarta melalui dinas atau instansi terkait.

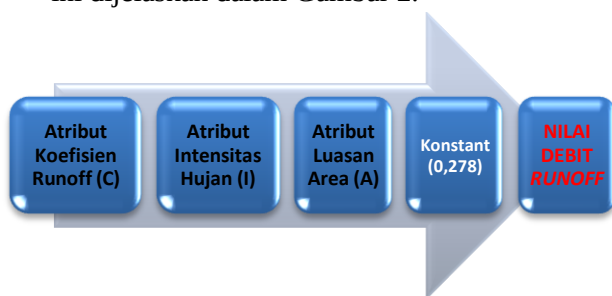
Parameter

Sebelum seluruh data diolah untuk memperoleh parameter utama banjir, diperlukanya teknik konversi dan penyeragaman entitas data. Teknik demikian harus dilakukan karena analisa model akan melibatkan integrasi fungsi perangkat Sistem Informasi Geografis (SIG), sedangkan pada dasarnya proses SIG membutuhkan keseragaman data yang bereferensi geografis (data spasial). Adapun parameter yang perlu diolah untuk membentuk konstruksi model genangan dalam penelitian ini meliputi :

- 1) Debit Limpasan Permukaan /*runoff* (Q_p)

Debit limpasan permukaan /*runoff* merupakan parameter mutlak yang harus dipenuhi untuk membuat model banjir genangan. Untuk mendapatkan parameter tersebut diperoleh melalui *overlay* tiga

features variabel yang sudah dibuat yaitu : koefisien aliran (C) ; sebaran intensitas hujan (I) ; dan luasan area (A). Teknik *overlay* akan dipadukan dengan fungsi *query* pada perangkat SIG, dimana hasil *overlay* ketiga *features* variabel tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai luaran debit *runoff* melalui persamaan metode rasional. Secara singkat konsep untuk memperoleh nilai debit limpasan permukaan /*runoff* dalam penelitian ini dijelaskan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Konsep Penilaian *Runoff* (Qp)

2) Kapasitas Volume Resapan (R)

Data kawasan resapan dapat diperoleh dari perhitungan *feature* jenis penggunaan lahan non-terbangun dikurangi luas *feature* penggunaan lahan terbangun. Selanjutnya data volume resapan yang berasal dari data sekunder, diinput kedalam *feature* spasial kawasan resapan yang sudah dibuat. Dengan demikian perhitungan *feature* kawasan resapan berikut nilai volume yang dihasilkan akan merepresentasikan potensi volume resapan daerah penelitian.

3) Kapasitas Drainase Wilayah (D)

Pertama diperlukan *feature* saluran drainase untuk menghasilkan data kapasitas drainase wilayah, saluran drainase diperoleh dari digitasi peta drainase Surakarta. Kemudian data sekunder berupa data kapasitas saluran drainase wilayah diinput kedalam *attribute feature* yang sudah dibuat.

Analisis Data

Analisis data mengacu pada perhitungan tiga parameter banjir genangan yakni debit aliran permukaan atau *runoff* (Qp), potensi volume resapan (R), dan kapasitas drainase wilayah (D). Selanjutnya

ketiga parameter tersebut yang sudah berbentuk data spasial dianalisis melalui teknik *overlay*. Teknik *overlay* digunakan untuk mendapatkan hasil model dengan nilai luaran tertentu yang menunjukkan informasi potensi banjir genangan. Berikut rumusan matematis beserta kriteria hasil luaran dari model yang dibuat :

- $Q_p - (R + D) = (+)$ positif atau,
 $Q_p > (R + D) \rightarrow$ maka, kondisi berpotensi terjadi banjir genangan. (2)
- $Q_p - (R + D) = (-)$ negatif atau,
 $Q_p < (R + D) \rightarrow$ maka, kondisi tidak berpotensi banjir genangan. (3)

Di akhir langkah analisis, masing-masing luasan wilayah potensi banjir dihitung melalui fungsi *calculate geometry* sehingga akan menghasilkan informasi luasan prediktif, dengan demikian dapat diperoleh rasio atau perbandingan luasan wilayah yang berpotensi banjir genangan terhadap wilayah yang tidak berpotensi maupun wilayah penelitian secara keseluruhan.

Asumsi-asumsi

Dalam metode penelitian ini ada beberapa asumsi yang harus dipenuhi. Berikut beberapa kriteria asumsi yang perlu diperhatikan dalam penyusunan model banjir genangan sebagaimana yang digunakan pada penelitian ini.

1. Model banjir genangan dalam penelitian ini mengacu pada asumsi metode rasional. Metode rasional pada dasarnya digunakan untuk melakukan pendugaan debit aliran permukaan (*overland flow*). Maka batasan banjir dalam penelitian ini adalah banjir yang bersumber pada hujan yang menjadi aliran permukaan (banjir lokal).
2. Unit wilayah pengaliran drainase kota dianalogikan sebagai suatu unit wilayah pengaliran dalam sistem DAS, dengan demikian konsep metode rasional dapat diaplikasikan ke dalam unit penelitian ini.

Teknik Evaluasi

Tujuan dilakukannya langkah evaluasi untuk menilai seberapa besar tingkat keakurasian model yang dihasilkan. Prinsip evaluasi yakni melakukan pengukuran antara hasil model dengan data aktual melalui cek lapangan. Cek lapangan dilakukan dengan langkah survei secara purposif dengan mendasarkan pada unit penelitian yaitu unit wilayah sub-sistem drainase di Kota Surakarta. Pengambilan sampel titik lokasi kejadian dilakukan secara berstrata (*stratified random sampling*) yang mana sampel lokasi mengacu pada kriteria area yakni : tidak berpotensi, dan berpotensi terjadi genangan.

Penilaian evaluasi dilakukan dengan uji akurasi melalui matriks *contingency* atau lebih sering disebut matriks kesalahan (*confusion/error matrix*) dan analisis *kappa* (*kappa analysis*). *Kappa analysis* dapat digunakan untuk mengukur kebenaran antara model dengan kenyataan atau menghitung jumlah nilai yang ada dalam perhitungan matriks kesalahan (Jensen, 1996).

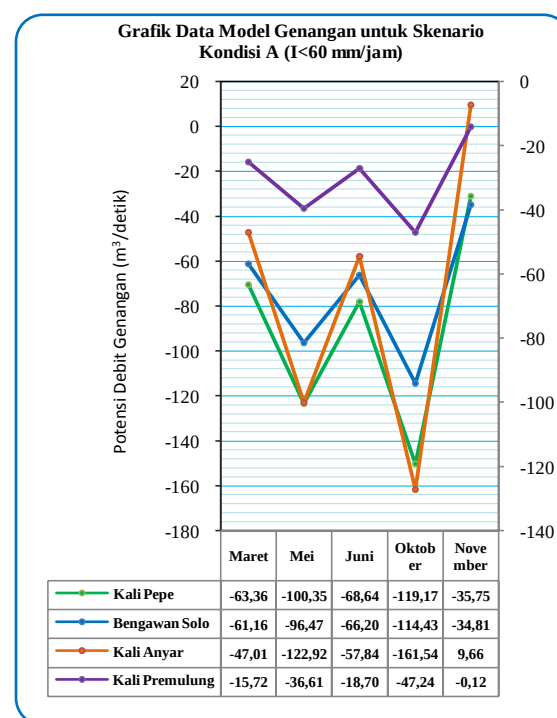
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam hasil dan pembahasan, analisa model dikelompokkan menjadi dua skenario yaitu : skenario kondisi A, dan skenario kondisi B. Dimaksudkan bahwa kondisi A nilai intensitas hujan berkisar pada rentang <60 mm/jam, sedangkan kondisi B nilai intensitas hujan berkisar pada rentang >60 mm/jam untuk hujan harian maksimum (eksisting). Dengan demikian nilai luaran yang dihasilkan akan berbeda dengan nilai luaran pada masing-masing skenario.

Potensi Genangan Skenario Kondisi A

Dari data luaran potensi genangan untuk skenario kondisi A dapat diketahui bahwa hampir secara keseluruhan tidak terjadi genangan di wilayah penelitian, namun terdapat satu kondisi khusus dimana muncul sebuah kejadian genangan yakni ketika intensitas hujan harian dengan nilai

52,70 mm/jam (bulan November) pada sub-sistem drainase Kali Anyar. Pada kejadian tersebut nilai debit aliran permukaan yang dihasilkan sebesar 242,01 m³/detik, sedangkan daya tampung drainase permukaan yakni 228,82 m³/detik. Sementara itu kondisi permukaan hanya mampu meresapkan debit sebesar 3,53 m³/detik, artinya bahwa pada kondisi tersebut terjadi sebuah genangan dengan nilai debit sebesar 9,66 m³/detik untuk wilayah sub-sistem drainase Kali Anyar. Berikut hasil analisa dalam bentuk grafik yang disajikan pada Gambar 3.

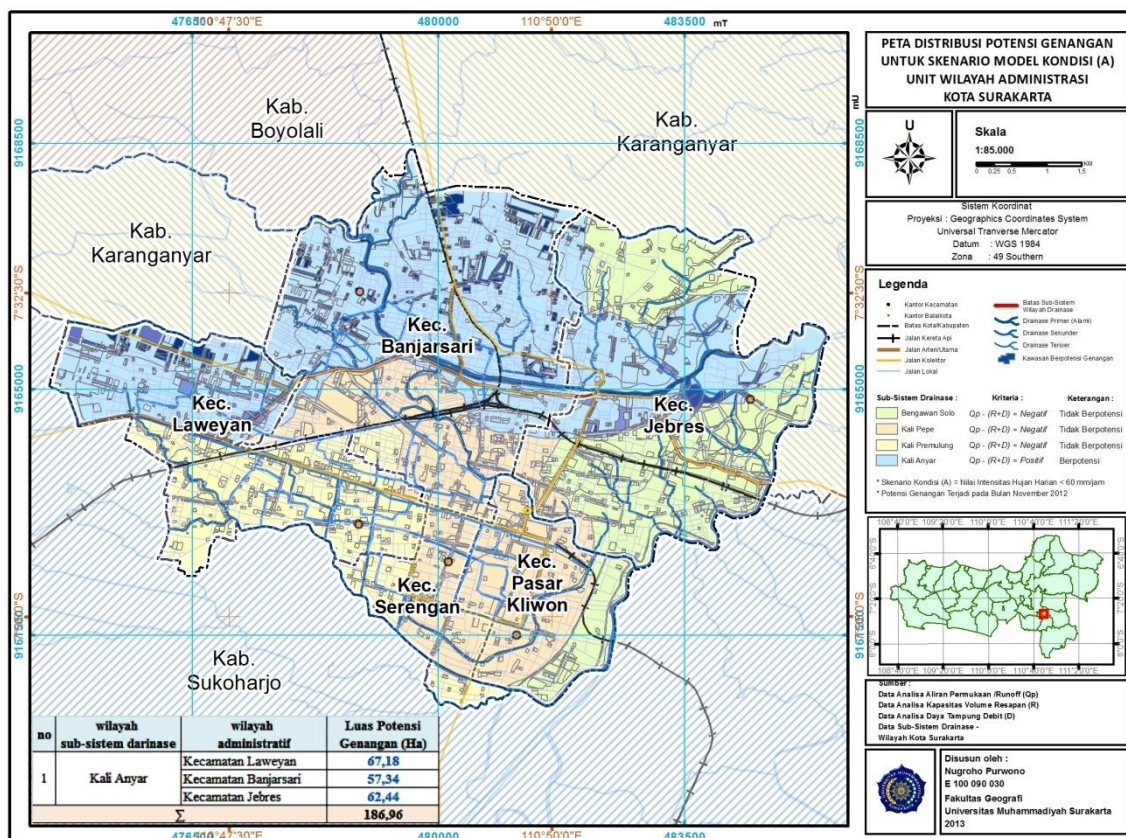


Gambar 3. Grafik Hasil Model untuk Skenario Kondisi A

Jika dilihat dari kriteria yang sudah ditentukan, luaran nilai debit genangan hasil model untuk skenario A lebih dominan pada kriteria $Q_p - (R+D) = \text{negatif}$. Sekalipun demikian, dari 20 kejadian hujan dengan intensitas hujan harian <60 mm/jam pada masing-masing bulan basah (data hujan tahun 2012) terdapat satu momen kejadian yang menghasilkan kriteria model $Q_p - (R+D) = \text{positif}$ atau berpotensi besar menimbulkan banjir genangan (*local flood*). Berdasar

analisa berikut hasil cek lapangan, kondisi yang berpotensi genangan tersebut terjadi pada kawasan terbangun. Dengan demikian, pada kawasan tersebut menghasilkan debit limpasan permukaan /runoff yang relatif tinggi. Di sisi lain kondisi drainase yang buruk juga menjadi salah satu sebab terjadinya potensi genangan.

Adapun secara persentase, maka peluang terjadi potensi banjir genangan pada kondisi ini yaitu sebesar 0,05 atau sekitar 5%. Adapun untuk distribusi secara spasial dari skenario kondisi model A disajikan dalam Gambar 4. peta sebaran potensi genangan wilayah penelitian untuk skenario kondisi A.



Gambar 4. Peta Distribusi Potensi Genangan Skenario Model Kondisi A

Distribusi dan Luasan Potensi Genangan Kondisi A

Sebagaimana yang telah diuraikan sebelumnya, genangan yang dihasilkan pada kondisi ini teridentifikasi terjadi pada sub-sistem drainase wilayah Kali Anyar. Secara kuantitas, nilai potensi debit genangan yang dihasilkan yakni $9,66 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan luasan yang ditimbulkan sebesar 186,96 Ha.

Adapun distribusi secara spasial potensi debit ini terjadi pada kawasan terbangun dengan tipe penggunaan lahan permukiman, kawasan perkatoran, dan kawasan industri. Apabila dilihat secara administratif, potensi genangan demikian

terjadi pada wilayah Kecamatan Laweyan, Banjarsari, dan Jebres. Adapun luasan yang dihasilkan pada kondisi ini disajikan pada Tabel 2. sebagai berikut.

Tabel 2. Distribusi dan Luasan Potensi Genangan untuk Skenario Kondisi A

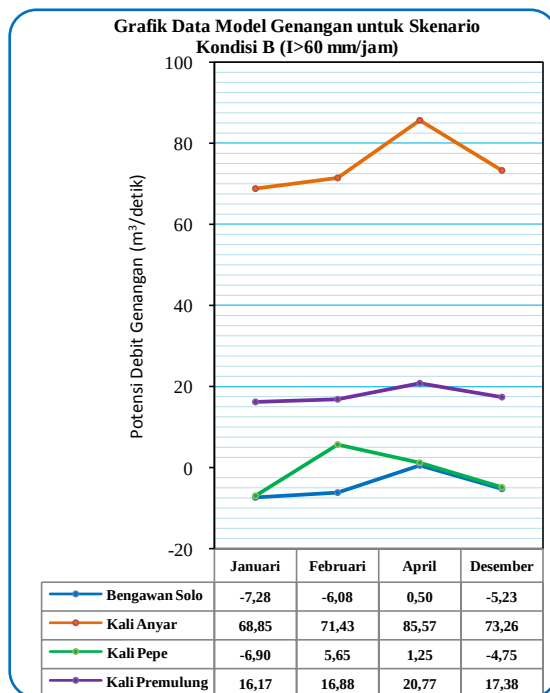
no	Wilayah Sub-sistem Drainase	Wilayah Administratif	Luas Genangan (Ha)
1	Kali Anyar	Kecamatan Laweyan	67,18
2	Kali Anyar	Kecamatan Banjarsari	57,34
3	Kali Anyar	Kecamatan Jebres	62,44
Σ			186,96

Sumber : Hasil pengolahan data.

Potensi Genangan Skenario Kondisi B

Berbeda dengan pembahasan pada model skenario A, dalam skenario model ini hanya terdapat empat bulan basah. Empat bulan basah pada skenario kondisi ini memiliki intensitas curah hujan harian maksimum yakni lebih dari >60 mm/jam.

Sebagaimana pula dalam pembahasan sebelumnya, debit limpasan permukaan /*runoff* yang dihasilkan dari kondisi ini tentu memiliki nilai yang cukup jauh dari rentang nilai yang dihasilkan pada skenario kondisi A. Namun demikian nilai debit aliran permukaan yang tinggi pada wilayah sub-sistem drainase dalam skenario model ini belum tentu berpotensi menimbulkan terjadinya genangan. Oleh karena itu untuk mengetahui kejelasan mengenai potensi genangan yang dihasilkan dari model pada kondisi ini digambarkan pada grafik serta tabel data hasil skenario model B yang disajikan pada Gambar 5.



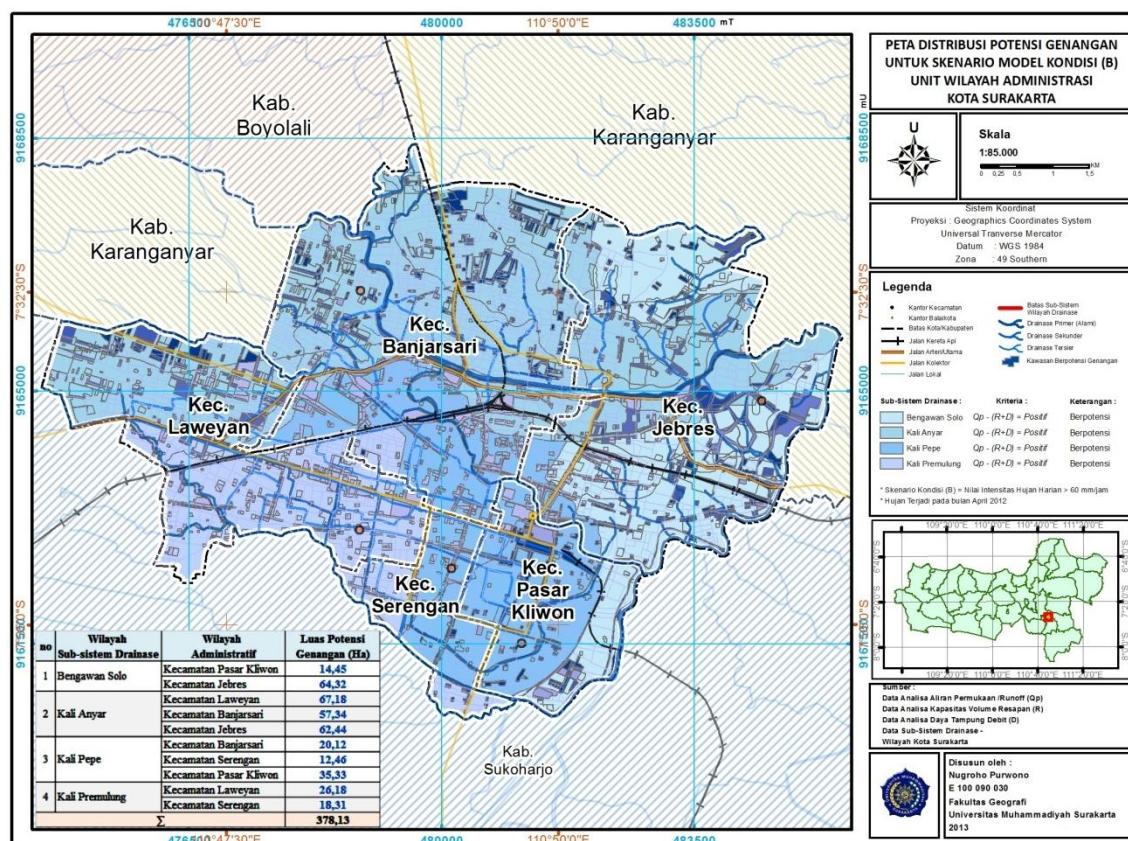
Gambar 5. Grafik Hasil Model untuk Skenario Kondisi B

Pada skenario kondisi B potensi genangan terjadi hampir merata. Sekalipun demikian, terdapat pula kondisi dimana debit *runoff* yang dihasilkan tidak memenuhi

peluang untuk menimbulkan banjir genangan yakni ketika intensitas hujan harian maksimum kurang dari 69,23 mm/jam untuk sub-sistem drainase Bengawan Solo serta sub-sistem drainase Kali Pepe. Diartikan pula bahwa kondisi permukaan untuk sub-sistem drainase Bengawan Solo dan sub-sistem drainase Kali Pepe masih mampu menahan, menyerap dan mengeringkan debit *runoff* yang dihasilkan dari intensitas hujan $<69,23$ mm/jam, namun ketika intensitas hujan $>69,23$ mm/jam maka hampir semua sub-sistem drainase wilayah di Kota Surakarta berpotensi untuk terjadi banjir genangan (*local flood*).

Apabila dilihat dari kriteria hasil model yang sudah ditentukan, model skenario B lebih dominan pada kriteria $Q_p - (R+D) = \text{positif}$. Dari 16 kejadian hujan harian dengan intensitas >60 mm/jam (hujan pada tahun 2012) terdapat 10 kejadian yang menghasilkan kriteria model $Q_p - (R+D) = \text{positif}$, serta terdapat pula 6 kejadian yang menghasilkan kriteria model $Q_p - (R+D) = \text{negatif}$ atau tidak berpotensi menimbulkan banjir genangan (*local flood*). Jika kejadian ini dihitung secara persentase, maka peluang terjadi potensi banjir genangan pada kondisi intensitas hujan >60 mm/jam di Wilayah Kota Surakarta yaitu 0,625 atau sekitar 62,5%.

Untuk hasil kriteria model $Q_p - (R+D) = \text{negatif}$ terjadi pada sub-sistem drainase wilayah Bengawan Solo dan Kali Pepe. Sementara hasil kriteria model $Q_p - (R+D) = \text{positif}$ terjadi pada sub-sistem drainase wilayah Kali Anyar dan Kali Premulung untuk hujan harian maksimum bulan Januari, Februari, dan Desember 2012. Ketika pada situasi ini, nilai potensi debit genangan yang dihasilkan cukup bervariasi untuk masing-masing sub-sistem drainase yang menghasilkan kriteria model positif.



Gambar 6. Peta Distribusi Potensi Genangan Skenario Model Kondisi B

Distribusi dan Luasan Potensi Genangan Kondisi B

Secara distribusi wilayah (administratif) timbulnya genangan pada skenario kondisi ini terjadi di Kecamatan Laweyan, Kecamatan Banjarsari, Kecamatan Jebres dan sebagian wilayah Kecamatan Serengan untuk hujan pada bulan Januari, Februari, dan Desember. Khusus untuk bulan April hampir seluruh wilayah kecamatan yang ada di Kota Surakarta mempunyai peluang yang sama untuk terjadi genangan. Adapun luasan genangan yang dihasilkan pada skenario kondisi ini khususnya untuk bulan April disajikan dalam Tabel 3.

Berdasar analisa dan cek lapangan, kondisi yang berpotensi genangan tersebut dominan terjadi pada kawasan terbangun. Diketahui jika terjadi hujan pada kawasan tersebut, debit limpasan permukaan /runoff yang dihasilkan relatif tinggi. Sementara itu, buruknya kondisi drainase juga menjadi sebab terjadinya potensi genangan

Tabel 3. Distribusi dan Luasan Genangan untuk Skenario Kondisi B

no	Wilayah Sub-sistem Drainase	Wilayah Administratif	Luas Potensi Genangan (Ha)
1	Bengawan Solo	Kecamatan Pasar Kliwon	14,45
		Kecamatan Jebres	64,32
2	Kali Anyar	Kecamatan Laweyan	67,18
		Kecamatan Banjarsari	57,34
		Kecamatan Jebres	62,44
3	Kali Pepe	Kecamatan Banjarsari	20,12
		Kecamatan Serengan	12,46
		Kecamatan Pasar Kliwon	35,33
4	Kali Premulung	Kecamatan Laweyan	26,18
		Kecamatan Serengan	18,31
Σ			378,13

Sumber : Hasil pengolahan data.

Dengan demikian, bahwa kondisi hujan pada bulan April 2012 merupakan kondisi maksimum terjadi potensi banjir

genangan untuk wilayah Kota Surakarta. Dalam kondisi ini intensitas hujan harian maksimum yang terjadi sebesar 69,23 mm/jam. Kondisi intensitas hujan demikian berpeluang besar untuk menimbulkan potensi genangan di semua wilayah sub-sistem drainase ataupun wilayah administratif. Secara keseluruhan luasan potensi genangan untuk kondisi ini yakni 378,13 Ha atau sekitar 9% dari luasan wilayah sub-sistem drainase Kota Surakarta (4404,18 Ha). Secara wilayah pengeringan, sub-sistem drainase Kali Anyar merupakan wilayah dengan potensi genangan terluas yakni 186,96 Ha atau setara 0,49% dari total luasan genangan yang ada di Kota Surakarta.

Hasil Evaluasi Akurasi Model

Melalui langkah uji evaluasi akurasi, maka diperoleh tingkat keakurasian luaran model yang dihasilkan secara kuantitatif. Hasil model berupa titik lokasi yang diduga berpotensi terjadi genangan dibandingkan dengan hasil cek lapangan pada masing-masing unit wilayah sub-sistem drainase. Penilaian matematis dilakukan melalui matriks *contingency* atau matriks kesalahan (*confusion/error matrix*) dan melalui analisis *kappa* (*kappa analysis*). Adapun tabel perbandingan data hasil model terhadap hasil cek lapangan, matriks kesalahan, serta hasil evaluasi akurasi model disajikan pada Tabel 4. dan Gambar 7.

Tabel 4. Perbandingan Data Model dan Data Lapangan

Kode Lokasi	Sub-Sistem Drainase	Kategori Potensi Genangan	
		Data Model	Data Lapangan
A1	Bengawan Solo	Berpotensi	Berpotensi
A2		Berpotensi	Berpotensi
A3		Berpotensi	Berpotensi
A4		Berpotensi	Berpotensi
A5		Tidak Berpotensi	Tidak Berpotensi
A6		Tidak Berpotensi	Berpotensi
B1	Kali Anyar	Berpotensi	Berpotensi
B2		Berpotensi	Berpotensi
B3		Berpotensi	Tidak Berpotensi
B4		Berpotensi	Tidak Berpotensi
B5		Tidak Berpotensi	Tidak Berpotensi
B6		Tidak Berpotensi	Tidak Berpotensi
C1	Kali Pepe	Berpotensi	Berpotensi
C2		Berpotensi	Berpotensi
C3		Berpotensi	Berpotensi
C4		Tidak Berpotensi	Tidak Berpotensi
C5		Tidak Berpotensi	Tidak Berpotensi
C6		Tidak Berpotensi	Berpotensi
D1	Kali Premulung	Berpotensi	Berpotensi
D2		Berpotensi	Berpotensi
D3		Berpotensi	Berpotensi
D4		Tidak Berpotensi	Tidak Berpotensi
D5		Tidak Berpotensi	Tidak Berpotensi
D6		Tidak Berpotensi	Tidak Berpotensi

Sumber : Hasil pemodelan dan cek lapangan.

Gambar 7. Matriks Kesalahan Hasil Model terhadap Data Lapangan

		Data Lapangan		Σ_1
		B	T	
Data Model	B	12	2	14
	T	2	8	10
Σ_2		14	10	24

Keterangan :

B : Kategori Berpotensi

T : Kategori Tidak Berpotensi

Σ_1 : Jumlah Baris

Σ_2 : Jumlah Kolom

Penilaian akurasi yang dapat dihitung dari matriks kesalahan diatas yaitu : 1) UA = akurasi pengguna (*usser's accuracy*), 2) PA = akurasi pembuat (*producer's accuracy*), 3) OA = akurasi keseluruhan (*overall accuracy*), dan 4) K = koefisien *kappa* (*cohen's kappa*). Berikut hasil perhitungan masing-masing penilaian akurasi yang disajikan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 5. Penilaian Evaluasi Akurasi Hasil Pemodelan

No	Evaluasi	Kategori Hasil Model	
		Berpotensi	Tidak Berpotensi
1	UA	85,71%	80,00%
2	PA	85,71%	80,00%
3	OA	83,33%	
4	K	0,6571	

Sumber : Perhitungan Tabel 4 dan Gambar 6.

Diperoleh hasil evaluasi untuk penilaian akurasi terhadap luaran model pada penelitian ini yaitu, akurasi pengguna (*usser's accuracy*) sebesar 85,71% untuk kategori hasil yang teridentifikasi berpotensi genangan dan 80% untuk kategori hasil yang teridentifikasi tidak berpotensi genangan. Pada akurasi pembuat (*producer's accuracy*) menghasilkan nilai evaluasi sebesar 85,71% pada kategori hasil yang teridentifikasi berpotensi genangan dan 80% pada kategori hasil yang teridentifikasi tidak berpotensi genangan.

Adapun untuk akurasi secara keseluruhan (*overall accuracy*) diperoleh nilai sebesar 83,33%, sedangkan untuk nilai *Kappa* (K) yang dihasilkan sebesar 0,6571. Berdasar evaluasi penilaian akurasi melalui koefisien *Kappa*, dapat dikatakan bahwa proses klasifikasi dalam model penelitian ini menghindarkan 0,6571 atau 65,71% kesalahan secara acak. Dengan demikian bahwa hasil luaran pemodelan dalam penelitian ini mampu menghasilkan tingkat kebenaran yang dapat diterima.

SIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisa dan pembahasan pada penelitian ini dapat diperoleh beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Berdasar penilaian paramater debit limpasan permukaan */runoff*, volume resapan, dan daya tampung drainase, terjadi potensi banjir genangan di sebagian wilayah sub-sistem drainase Kali Anyar pada skenario kondisi A yaitu intensitas curah hujan <60 mm/jam, selanjutnya potensi banjir genangan terjadi hampir di seluruh wilayah sub-sistem drainase Kota Surakarta pada skenario kondisi B yaitu intensitas curah hujan >60 mm/jam.
2. Distribusi spasial lokasi yang teridentifikasi berpotensi terjadi genangan pada skenario kondisi A adalah pada sub-sistem drainase wilayah Kali Anyar, atau secara administratif meliputi Kecamatan Banjarsari dan Kecamatan Jebres. Adapun untuk skenario kondisi B, hampir semua wilayah drainase Kota Surakarta teridentifikasi berpotensi terjadi banjir genangan. Perkiraan luasan dari genangan pada skenario kondisi A yaitu sebesar 186,96 Ha, sementara untuk skenario kondisi B diperkirakan menghasilkan luas genangan sebesar 378,13 Ha. Dari potensi genangan yang ditimbulkan, dominansi genangan terjadi pada kawasan dengan tipe penggunaan lahan terbangun seperti : permukiman, kawasan industri, serta permukaan dengan tutupan berupa perkerasan (aspal, paving, beton).
3. Evaluasi model spasial dari penelitian ini menghasilkan akurasi keseluruhan sebesar 83,33% dan nilai akurasi *kappa* sebesar 65,71%. Dengan demikian artinya bahwa model yang diterapkan menghasilkan nilai luaran yang sudah dapat diterima.

Saran yang dapat dipaparkan berdasar hasil identifikasi banjir genangan pada penelitian ini adalah:

1. Dalam konteks perkembangan perkotaan, perubahan lahan terbangun merupakan faktor yang perlu diperhatikan. Hal tersebut menjadi perhatian khusus karena semakin tinggi kawasan terbangun akan berpengaruh pada kondisi tata air setempat khususnya terkait potensi limpasan permukaan ketika terjadi hujan.
2. Adapun bentuk teknis dari pengendalian banjir perlu lebih diperhatikan dalam tata kelola kota di antaranya adalah optimalisasi ruang terbuka sebagai kawasan resapan, revitalisasi saluran drainase, serta maksimalisasi pembuatan lubang biopori.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2003. *Kappa Tool User's Guide*. RS/GIS Laboratories Utah State University : United State of America.
- Chow, Ven Te ; Maidment, David R. and Mays, Larry W. 1988. *Applied Hydrology*. Mc-Graw Hill Book Company.
- Marfai, Muh Aris. 2003. Pemodelan Spasial Banjir Pasang Air Laut (Studi Kasus : Pesisir Timur Semarang). *Jurnal*. Fakultas Geografi UMS : Forum Geografi , Volume XVIII, No 1, 2004.
- Kodoatie, Robert J dan Sugiyanto. 2001. *Banjir : Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya(Perspektif Lingkungan)*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Suripin. 2003. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta : Andi.
- Raharjo, Puguh Dwi. 2009. Pemodelan Hidrologi Untuk Identifikasi Daerah Rawan Banjir di Wilayah Surakarta dengan SIG. *Jurnal*. LIPI : Limnotek, Volume XVI, No 1, p 1, 2009.
- Rajabidfard, Abbas and Williamson, I.P. 2000. *Spatial Data Infrastructures : Concept, SDI Hierarchy and Future Directions*. Victoria: Spatial Data Research Group, Department of Geomatics, The University of Melbourne.
- Setyowati, Dewi Liesnoor. 2006. Potensi Pengembangan Kawasan Resapan di Kota Semarang. *Jurnal*. Fakultas Geografi - UGM : Majalah Geografi Indonesia, Volume XX, No 2, 2006.

Lampiran

Tabel 6. Data Rincian Hasil Model Potensi Genangan untuk Skenario Kondisi A

no	Sub-Sistem Drainase	Hujan (I)		Debit Runoff (Qp) (m ³ /detik)	Kapasitas Volume Resapan (m ³ /detik)	Daya Tampung Drainase Wilayah (m ³ /detik)	Potensi Genangan (m ³ /detik)
		Bulan	Intensitas (mm/jam)				
1	Bengawan Solo	Maret	40,36	86,20	0,87	146,49	-61,16
		Mei	23,83	50,89			-96,47
		Juni	38,00	81,16			-66,20
		Oktober	15,42	32,93			-114,43
		November	52,70	112,55			-34,81
2	Kali Anyar	Maret	40,36	185,34	3,53	228,82	-47,01
		Mei	23,83	109,43			-122,92
		Juni	38,00	174,51			-57,84
		Oktober	15,42	70,81			-161,54
		November	52,70	242,01			9,66
3	Kali Pepe	Maret	40,36	90,32	0,11	153,57	-63,36
		Mei	23,83	53,33			-100,35
		Juni	38,00	85,04			-68,64
		Oktober	15,42	34,51			-119,17
		November	52,70	117,93			-35,75
4	Kali Premulung	Maret	40,36	51,01	0,09	66,64	-15,72
		Mei	23,83	30,12			-36,61
		Juni	38,00	48,03			-18,70
		Oktober	15,42	19,49			-47,24
		November	52,70	66,61			-0,12

Sumber : Hasil analisa model skenario kondisi A.

Tabel 7. Data Rincian Hasil Model Potensi Genangan untuk Skenario Kondisi B

no	Sub-Sistem Drainase	Hujan (I)		Debit Runoff (Qp) (m ³ /detik)	Kapasitas Volume Resapan (m ³ /detik)	Daya Tampung Drainase Wilayah (m ³ /detik)	Potensi Genangan (m ³ /detik)
		Bulan	Intensitas (mm/jam)				
1	Bengawan Solo	Januari	65,59	140,08	0,87	146,49	-7,28
		Februari	66,15	141,28			-6,08
		April	69,23	147,86			0,50
		Desember	66,55	142,13			-5,23
2	Kali Anyar	Januari	65,59	301,20	3,53	228,82	68,85
		Februari	66,15	303,78			71,43
		April	69,23	317,92			85,57
		Desember	66,55	305,61			73,26
3	Kali Pepe	Januari	65,59	146,78	0,11	153,57	-6,90
		Februari	66,15	148,03			-5,65
		April	69,23	154,93			1,25
		Desember	66,55	148,93			-4,75
4	Kali Premulung	Januari	65,59	82,90	0,09	66,64	16,17
		Februari	66,15	83,61			16,88
		April	69,23	87,50			20,77
		Desember	66,55	84,11			17,38

Sumber : Hasil analisa model skenario kondisi B.