

ANALISIS BANJIR TAHUNAN KOTA SURAKARTA MENGGUNAKAN WATERSHED MODELLING SYSTEM (WMS)

Bagas Hendi Pratama¹⁾, RR Rintis Hadiani²⁾, Setiono³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

²⁾ Pengajar Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

³⁾ Pengajar Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email:

Email: mc.bagashendip@gmail.com

Abstract

Surakarta is passed through by several rivers. As a result, the city of Surakarta often encounter floods in case of high rainfall. To know the flood discharge, it is necessary to do hydrological analysis on the watershed. To determine the extent and depth of the flood that occurs, it is necessary to do hydraulic analysis on the river or channel. The purpose of this research is to know the value of Curve Number (CN) of Surakarta River Basin, Peak flow discharge, Potential area of flood, and potential depth of flood. In this study, the watershed was analyzed using Watershed Modeling System (WMS) and flow simulation was analyzed using HEC-RAS. The calculated flow discharge is a return period of 5, 10, 25, and 50 years. The flow discharge was calculated using SCS method. The analyzed rivers are Brojo, Gajah Putih, Grenjeng, Krembyongan, Pepe Hulu, Pepe Hilir, Premulung and Wingko. Based on the research, Curve Number of Surakarta River Basin is 67,86. The peak discharge in the largest basin, the Pepe Hulu basin, was obtained $Q_5 = 74,468 \text{ m}^3 / \text{s}$, $Q_{10} = 91,475 \text{ m}^3 / \text{s}$, $Q_{25} = 110,393 \text{ m}^3 / \text{s}$, and $Q_{50} = 122,816 \text{ m}^3 / \text{s}$. Potential total area of 5-year return period = 539871 m^2 , 10-year return period = 82535 m^2 , 25-year return period = 1032881 m^2 , and 50 = 1091835 m^2 . Potential Flood 5 yearly floods = 5.09 m, 10 annual = 5.57 m, 25 annual = 8.02 m, and 50 annual = 8.23 m. Kelurahan Banyunyan has the potential to encounter the largest flood area and the highest flood depth.

Abstrak

Kota Surakarta dilewati oleh beberapa sungai. Akibatnya di Kota Surakarta sering terjadi banjir di apabila terjadi curah hujan yang tinggi. Untuk mengetahui debit banjir yang terjadi perlu dilakukan analisis secara hidrologi pada DAS. Untuk mengetahui luasan dan kedalaman banjir yang terjadi perlu dilakukan analisis hidrolika pada sungai atau saluran. Tujuan Penelitian adalah untuk mengetahui nilai *Curve Number* (CN) DAS Kota Surakarta, puncak debit aliran, potensi luasan, dan potensi kedalaman banjir. Pada penelitian Analisis pada DAS digunakan *Watershed Modelling System* (WMS) dan simulasi aliran menggunakan HEC-RAS. Debit yang dihitung merupakan debit aliran periode ulang 5, 10, 25, dan 50 tahun. Metode perhitungan debit aliran menggunakan metode SCS. Sungai yang dianalisis adalah Brojo, Gajah Putih, Grenjeng, Krembyongan, Pepe Hulu, Pepe Hilir, Premulung dan Wingko. Berdasarkan penelitian didapatkan CN DAS Kota Surakarta adalah 67,86. Debit puncak pada DAS paling besar, yaitu DAS Pepe Hulu didapatkan $Q_5 = 74,468 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{10} = 91,475 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{25} = 110,393 \text{ m}^3/\text{s}$, dan $Q_{50} = 122,816 \text{ m}^3/\text{s}$. Potensi luasan total banjir periode ulang 5 tahun = 539871 m^2 , 10 tahun = 82535 m^2 , 25 tahun = 1032881 m^2 , dan 50 tahun = 1091835 m^2 . Potensi Kedalaman banjir periode ulang 5 tahun = 5,09 m, 10 tahun = 5,57 m, 25 tahun = 8,02 m, dan 50 tahun = 8,23 m. Kelurahan Banyunyan berpotensi mengalami luasan banjir paling besar dan kedalaman banjir paling tinggi.

Kata kunci: *Watershed Modelling System*, SCS, Potensi Banjir Tahunan, Pemetaan Banjir.

PENDAHULUAN

Adanya banyak sungai yang melewati Kota Surakarta dapat menyebabkan banjir di beberapa titik apabila terjadi hujan yang cukup lama dengan debit yang tidak dapat diperkirakan. Hal ini dapat disebabkan karena saluran yang melewati daerah pemukiman tidak mampu menampung debit yang dihasilkan oleh hujan. Karena adanya siklus hidrologi, aliran permukaan akan menjadi debit pada saluran. Parameter yang mempengaruhi proses hidrologi salah satunya adalah karakter dari DAS. Karakter DAS seperti tanah, pemangaatan lahan, kondisi hidrologi tanah dan tingkat kelengasan dapat dinyatakan dalam suatu indeks yaitu *Curve Number* (CN). CN merupakan parameter perhitungan hujan-aliran menggunakan metode SCS. Banjir tahunan pada DAS Bengawan Solo Hulu Sub DAS Bengawan Solo Hulu 3 berpotensi banjir Q_5 hingga Q_{10} (Ayu, 2012). Untuk DAS dengan luas lebih dari 500 km^2 debit rencana yang digunakan untuk saluran drianase daerah perkotaan digunakan Q_{10} sampai dengan Q_{25} (Suripin, 2004). Untuk kejadian ekstrim perlu diketahui banjir akibat debti Q_{50} . Pemetaan diperlukan untuk mengetahui lokasi potensi luasan dan kedalaman banjir. Karena banyaknya parameter yang mempengaruhi debit aliran, maka diperlukan model untuk menyederhanakannya. Pemodelan secara digital lebih mudah dan cepat untuk digunakan. Perangkat lunak *Watershed Modelling System* (WMS) dapat melakukan perhitungan parameter hidrologi dan hasil perhitungannya dapat divisualisasikan.

TINJAUAN PUSTAKA

Banjir adalah suatu kondisi dimana tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang (palung sungai) atau terhambatnya aliran air dalam saluran pebuang, sehingga meluap menggenangi daerah (dataran banjir) sekitarnya (Suripin, 2004).

DAS atau yang biasa disebut dengan Daerah Pengaliran Sungai adalah suatu kesatuan wilayah tata air yang terbentuk secara alamiah. Dimana air meresap atau mengalir melalui sungai dan anak-anak sungai yang bersangkutan. DAS disebut juga sebagai *watershed* atau *catchment area*. DAS ada yang kecil dan ada juga yang sangat luas. DAS yang sangat luas bisa terdiri dari beberapa sub DAS dan Sub DAS dapat terdiri dari beberapa sub DAS – sub DAS tergantung banyaknya anak sungai dari cabang sungai yang ada, yang merupakan bagian dari suatu system sungai utama (Asdak, 1995).

Hujan menjadi sumber dari semua aliran pada sungai maupun di bawah permukaan tanah. Debit yang terjadi pada sungai tergantung pada jumlah intensitas dan distribusi hujan. Apabila data aliran tidak ada, data hujan dapat di alihragamkan untuk memperkirakan debit aliran yang terjadi (Bambang, 2006).

Air hujan sebelum menjadi debit pada aliran sungai akan melalui daerah tangkapan atau DAS. Oleh karena itu, karakteristik DAS berpengaruh terhadap debit aliran. Karakter tanah, pemanfaatan lahan, kondisi hidrologi tanah dan tingkat kelengasan merupakan beberapa karaktere DAS yang memberikan pengaruh penting dalam menentukan hidrograf hujan-aliran pada DAS. Kondisi kondisi yang mempengaruhi tersebut dinyatakan dalam indeks yaitu *Curve Number* (CN) (Rifai 2015). Jumlah debit limpasan permukaan yang dihasilkan oleh kedalaman curah hujan yang sama pada suatu DAS akan berbeda pada DAS yang lainnya karena pengaruh dari tutupan lahan pada DAS tersebut (Rintis, 2015).

Tinggi permukaan air banjir yang terjadi dapat diketahui apabila diketahui bentuk permukaan DAS. Bentuk permukaan DAS dapat ditentukan menggunakan elevasi permukaan tanah. Pada umumnya elevasi permukaan tanah digambarkan menggunakan peta kontur atau peta topografi. Model Elevasi Digital (*Digital Elevation Model*, DEM) merupakan peta digital yang dapat memunculkan informasi berupa morfologi permukaan tanah. Data DEM dapat memvisualisasikan relief bumi dalam bentuk 3D, sehingga dapat diterapkan untuk analisa karakteristik fisik dalam pengelolaan sebuah DAS (Sulianto, 2006).

Digital Elevation Model disingkat DEM adalah data digital yang menggambarkan bentuk bagian permukaan bumi yang terdiri dari kumpulan titik titik koordinat hasil sampling dari permukaan dengan algoritma yang didefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat (Permen PU 2013).

Dalam perangkat lunak WMS terdapat berbagai lingkungan pemodelan hidrologi yang terintegrasi dengan model yang telah berkembang sebelumnya, termasuk penggambaran atau delinasi DAS, perhitungan geometrik, perhitungan parameter hidrologi (*Curve Number*, waktu konsentrasi, kedalaman curah hujan dll) dan dapat memvisualisasikan hasil perhitungan. Data grafis dari Sistem Informasi Geografis dapat digabungkan dengan pemodelan dalam WMS membuat model WMS tepat untuk menghitung debit aliran yang dipengaruhi oleh parameter dari karakteristik DAS. (Sharkh, 2009).

Salah Satu model hidrologi yang dapat digunakan pada WMS adalah model hidrologi HEC-HMS. Model HEC-HMS merupakan salah satu model hidrologi. Model hidrologi ini dapat mengalihragkan hujan menjadi aliran dalam suatu DAS. HEC-HMS memiliki kemampuan untuk mensimulasikan aliran dari hujan dan karakteristik DAS sebagai masukannya. *Output* pada HEC-HMS dapat berupa hidrograf atau dalam bentuk tabel (Rifai, 2015).

Salah satu model hidrolika yang terhubung dengan WMS adalah model hidrolika dengan HEC-RAS. Perhitungan Hidrolika pada saluran dilakukan menggunakan HEC-RAS. HEC-RAS dirancang untuk melakukan simulasi aliran satu dimensi. HEC-RAS dipilih karena *interface* berbasis grafis sehingga mudah untuk digunakan (Restu, 2016).

METODE

Peta yang digunakan adalah Peta DEM SRTM 30m, Peta penggunaan lahan, Peta Jenis Tanah, Peta Hidrologi, Peta Hipsografi, Peta pengukuran Sungai Pepe Hulu dan Peta pengukuran Sungai Premulung. Penyiapan data peta sebagai input pada WMS menggunakan bantuan perangkat lunak *ArcMap*.

Penentuan Karakteristik DAS Kota Surakarta menggunakan WMS. Modul perhitungan debit yang digunakan adalah HEC-HMS. Metode perhitungan hujan efektif menggunakan dan metode perhitungan pengalihan hujan menjadi debit aliran menggunakan metode SCS.

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan stasiun Sukoharjo, Baki, Kalijambe, Mojolaban, Nepen, Ngemplak, dan Pabelan. Perbaikan data hujan menggunakan *reciprocal method*. Keunggulan data ditentukan menggunakan kurva massa ganda. Hujan wilayah ditentukan menggunakan Metode Poligon Thiessen. Hujan periode ulang dihitung menggunakan distribusi Log Pearson III. Pengujian distribusi hujan dihitung menggunakan metode Chi Kuadrat. Hujan jam jam an dihitung menggunakan metode Mononobe dan disusun menggunakan *Alternate Block Method* (ABM) untuk membuat Hyetograf distribusi hujan jam jam an.

Perhitungan luasan dan kedalaman banjir digunakan perangkat lunak HEC-RAS dengan data input debit menggunakan hidrograf aliran permukaan DAS dan geometri sungai menggunakan peta pengukuran sungai dan hasil survey. Simulasi aliran yang digunakan adalah simulasi aliran tidak tetap.

Pemetaan luasan banjir dan kedalaman banjir digunakan bantuan perangkat lunak *ArcMap*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan Data DEM

Prosedur penyiapan data peta DEM menggunakan *ArcMap* sebagai input pada WMS adalah sebagai berikut:

1. Memotong Peta DEM SRTM menggunakan *tool Clip*
2. Melakukan proyeksi peta DEM SRTM menjadi *Universal Transverse Mercator* (UTM) WGS 1984 49S menggunakan *tool projection*.
3. Melakukan rekondisi peta DEM SRTM supaya terbentuk relief sungai. menggunakan *tool dem reconditioning*

Prosedur penyiapan data peta DEM menggunakan *ArcMap* sebagai input pada geometri HEC-RAS adalah sebagai berikut:

1. Memproyeksikan peta hipsografi menjadi UTM WGS 1984 49S menggunakan *tool Projection*
2. Memotong peta hipsografi sesuai dengan wilayah Kota Surakarta menggunakan *tool Clip*
3. Melakukan interpolasi peta hipsografi dari *shapefile* menjadi raster menggunakan *tool Topo to Raster*
4. Menyiapkan peta Pengukuran Sungai Pepe Hulu dan Sungai Premulung dengan cara mengkopi objek objek yang diperlukan ke dalam *file* baru.
5. Melakukan konversi format data peta dari AutoCAD menjadi *geodatabase* agar bisa dibaca pada program *ArcMap* menggunakan *tool CAD to Geodatabase*.
6. Mengkonversi keterangan titik elevasi *cross section* dari *annotation* menjadi *point* menggunakan *tool feature to point*.
7. Membuat *feature point* dengan koordinat koordinat *benchmark* pengukuran sebagai inputnya.
8. Melakukan konversi objek-objek dari format *feature* menjadi format *shapefile* menggunakan *tool feature class to shapefile*.
9. Membenarkan posisi objek-objek menggunakan *tool spatial adjustment*
10. Menentukan proyeksi menjadi UTM WGS 1984 49S pada objek-objek menggunakan *tool Define Projection*.
11. Melakukan interpolasi objek-objek tersebut menjadi DEM menggunakan *tool Topo to Raster*.
12. Memotong *output raster* pada langkah ke-10 menggunakan *tool Clip* sesuai dengan batas pengukuran sungai.
13. Melakukan kalibrasi elevasi pada peta DEM pengukuran Sungai Pepe Hulu dan Sungai Premulung menggunakan *tool Minus*. Untuk Sungai Pepe Hulu elevasi DEM dikurangi 2.5m sedangkan pada Sungai Premulung dikurangi 5m.
14. Menggabungkan seluruh peta DEM menggunakan *tool Mosaic to New Raster*.

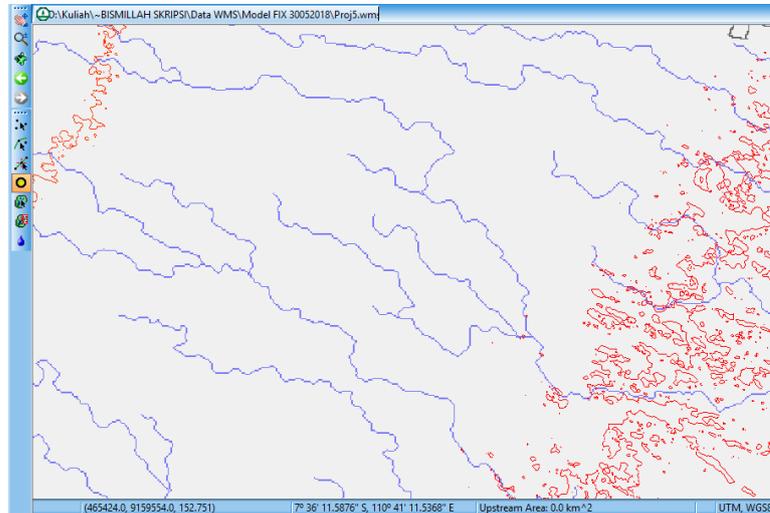
Menentukan Karakter DAS

Karakter DAS yang akan ditentukan adalah Luas DAS dan *Curve Number* untuk perhitungan pengalihan hujan menjadi hujan-aliran menggunakan metode SCS. Data yang dibutuhkan adalah Peta DEM, Peta Tutupan Lahan skala 1:25.000, Peta Jenis Tanah yang merupakan hasil digitasi peta Geologi Pulau Jawa skala 1:100.000, dan Tabel nilai *Curve Number* SCS.

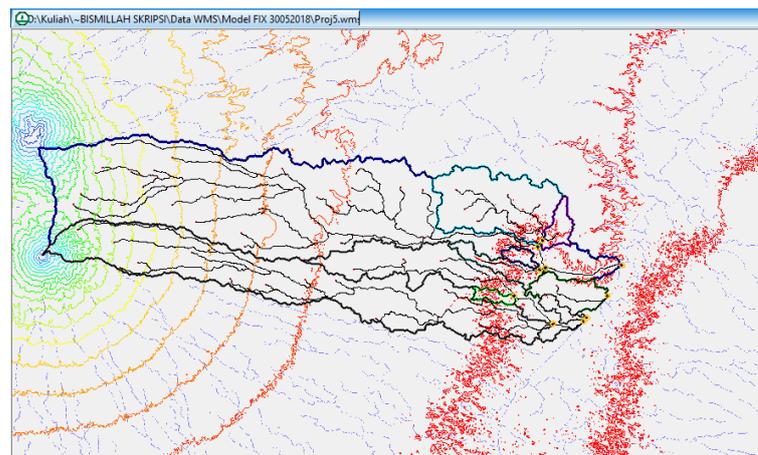
Pembuatan DAS dilakukan dengan langkah sebagai berikut

1. Persiapkan satuan dan proyeksi yang digunakan. Satuan yang digunakan adalah meter dan proyeksi yang digunakan adalah UTM 49S.
2. Memasukkan peta DEM wilayah Surakarta sebagai *input terrain data*.
3. Pilih "*Drainage Module*" pada *toolbar*. Klik *menu* DEM kemudian pilih "*Compute flow direction/ accumulation*".

4. Pilih “*Run TOPAZ*” untuk membuat DAS menggunakan perhitungan TOPAZ. Maka akan dihasilkan aliran sungai seperti pada gambar 1.
5. Membuat titik *outlet* pada sungai yang akan dibuatkan DAS-nya menggunakan fitur *Create Outlet Point* pada *Drainage Module*.
6. Setelah ditentukan titik titik *outlet* gunakan *Delineate Basin Wizard* pada *menubar* DEM.
7. Karakter yang didapatkan dari prosedur ini adalah Bentuk DAS dan Luas DAS berdasarkan elevasi peta DEM yang digunakan. Hasil dari prosedur ini dapat dilihat pada Gambar 2.

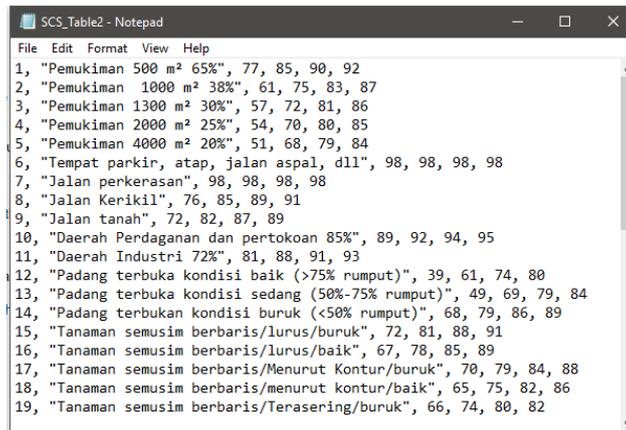


Gambar 1 Hasil Aliran Sungai Menggunakan TOPAZ (Sumber: Hasil Analisis)



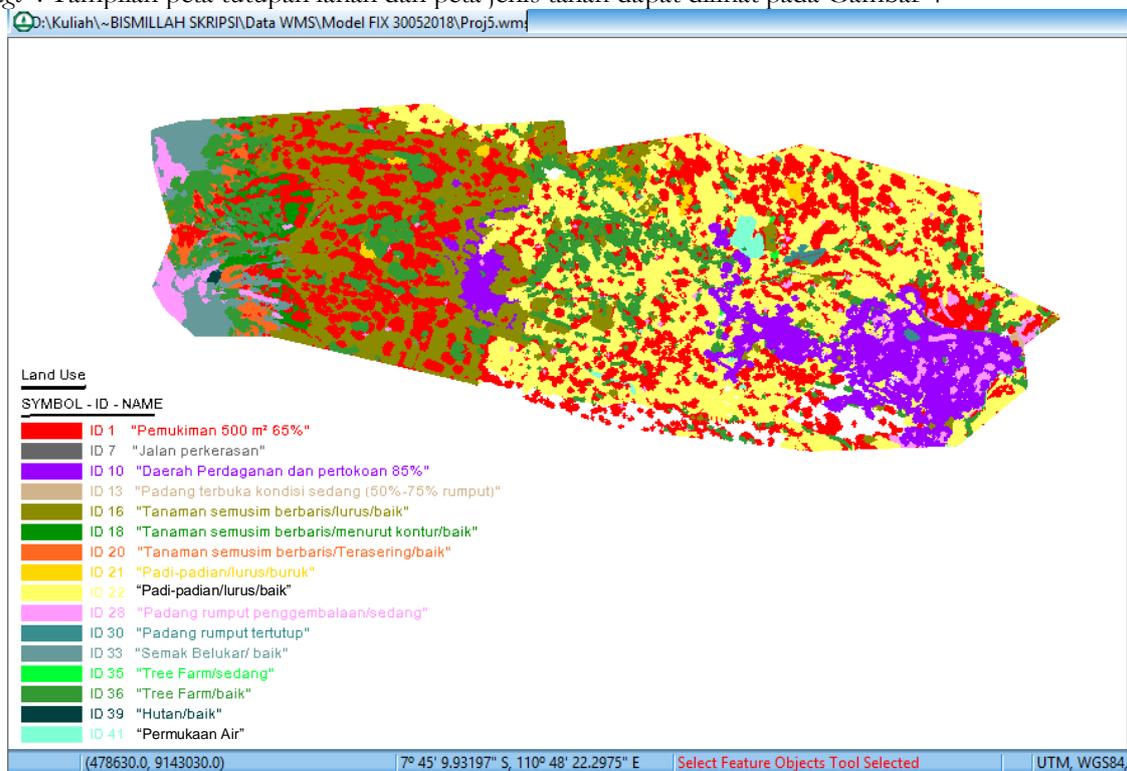
Gambar 2 Hasil Pembuatan DAS (Sumber: Hasil Analisis)

Perhitungan Karakter DAS dilakukan Data yang digunakan adalah tabel nilai CN, peta tutupan lahan, dan peta jenis tanah. Sebelum seluruh input dimasukkan perlu dibuat terlebih dahulu *coverage* untuk *Land Use* dan *Soil Type*. *Database* nilai CN dibuat menggunakan program *notepad* dengan input sesuai dengan tabel 6 dan tulisan dibuat dengan format seperti pada Gambar 3. Kemudian data tersebut di simpan dalam format ekstensi “.TBL”.

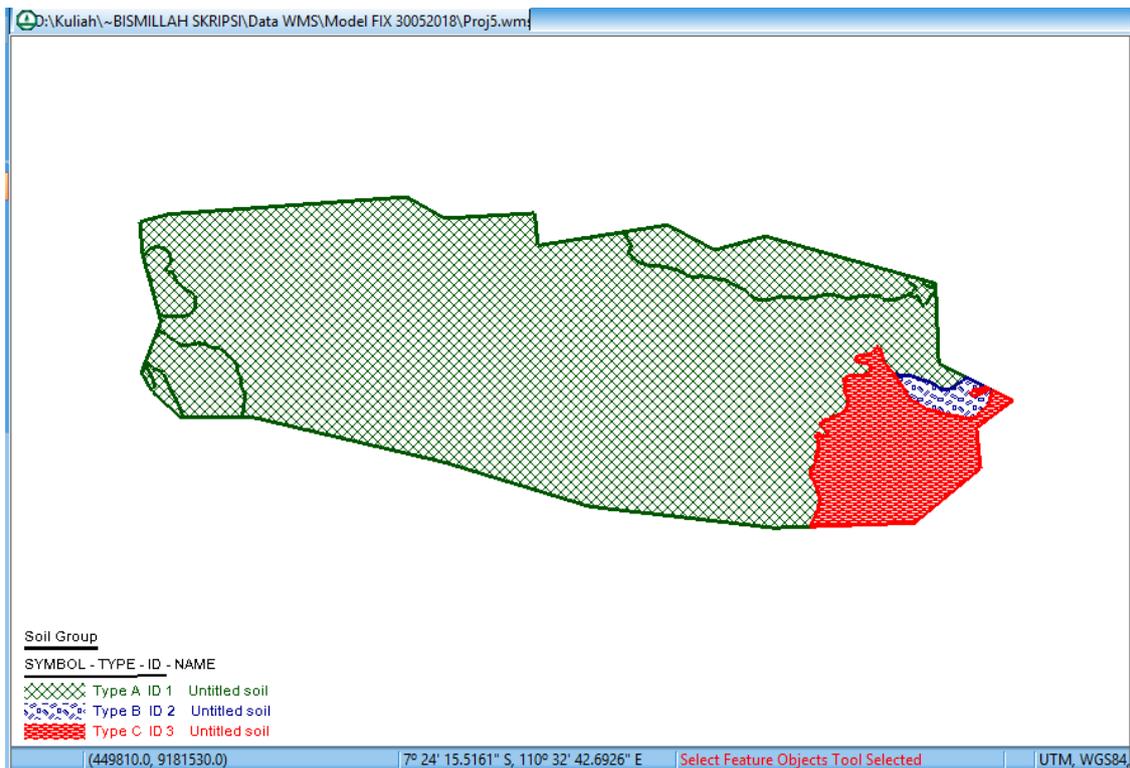


Gambar 3 Format Penulisan Tabel CN Sebagai Input WMS (Sumber: Hasil Analisis)

Sebelum peta tutupan lahan dan peta jenis tanah diinput pada program WMS terlebih dahulu ditambahkan atribut dengan jenis tutupan lahan dan kelompok hidrologi tanah yang sesuai dengan SCS pada *ArcMap*. Data peta tutupan lahan dan peta jenis tanah diinput ke perangkat lunak WMS pada fitur "*GIS data*" kemudian dikonversi ke fitur "*Coverage*". Tampilan peta tutupan lahan dan peta jenis tanah dapat dilihat pada Gambar 4



(a)



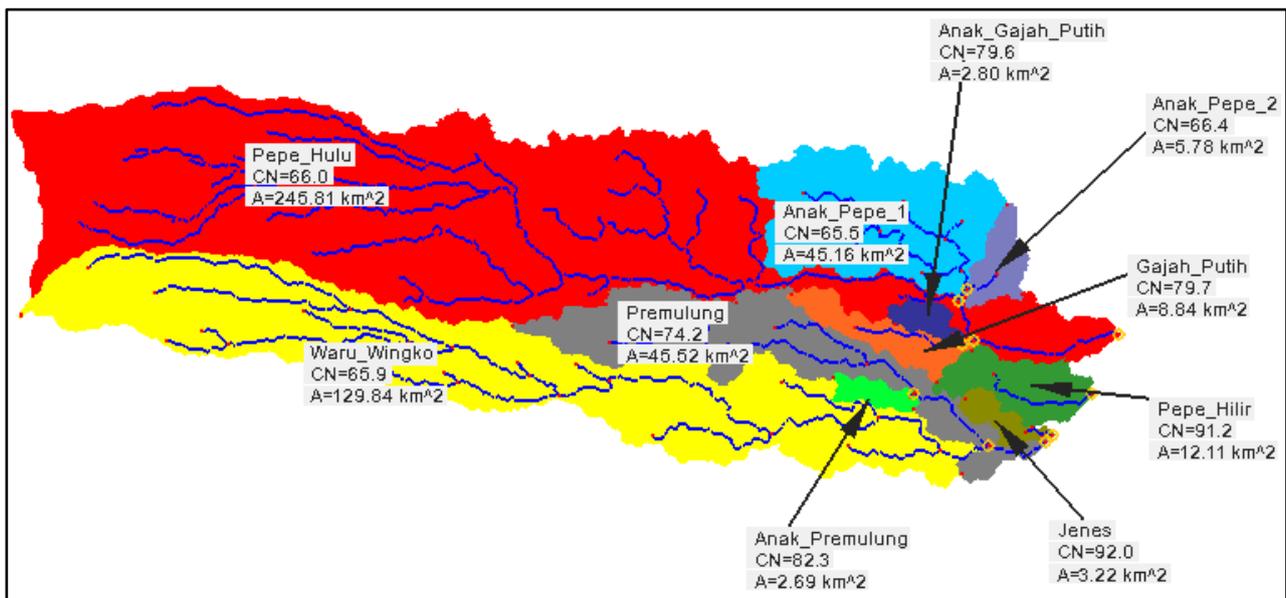
(b)

Gambar 4(a). Tampilan Peta Tutupan Lahan pada WMS; (b) Tampilan Peta Jenis Tanah pada WMS (Sumber: Hasil Analisis)

Nilai Curve Number dihitung dengan langkah seperti berikut:

1. Membuka *Hydrologic Module*.
2. Memilih "*Compute GIS Attribute*" pada *menu bar Compute*.
3. *Import* data tabel nilai *Curve Number* yang telah dibuat sebelumnya.
4. Pilih perhitungan "*SCS Curve Number*".
5. Pilih *coverage* sesuai dengan data peta. Pilihan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 5.
6. Klik OK.

Rekapitulasi hasil perhitungan Karakter DAS dapat dilihat pada gambar 5 dan tabel 1



Gambar 5 Karakter DAS Wilayah Kota Surakarta (Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 1 Nilai SCS Lag DAS

NO	DAS	CN DAS	SCS Lag (Jam)	Luas (km ²)	Luas x CN
1	Anak Sungai Gajah Putih	79,6	1,14	2,80	223,30
2	Anak Sungai Pepe 1 (S. Grembyong)	65,5	4,96	45,16	2957,61
3	Anak Sungai Pepe 2 (S. Krembyongan)	66,4	1,79	5,78	384,02
4	Anak Sungai Premulung (S. Brojo)	82,3	1,07	2,69	221,52
5	Gajah Putih	79,7	2,25	8,84	704,28
6	Jenes	92,0	1,02	3,22	296,05
7	Pepe Hilir	91,2	1,68	12,11	1104,96
8	Pepe Hulu	66,0	9,62	245,81	16217,26
9	Premulung	74,2	6,39	45,52	3378,93
10	Waru & Wingko	65,9	8,53	129,84	8560,19
Total				501,77	34048,12

(Sumber: Hasil Analisis)

Nilai CN komposit untuk seluruh DAS yang melewati Kota Surakarta adalah 67,856

Perhitungan hujan efektif dilakukan menggunakan banutan perangkat lunak HEC-HMS dengan parameter yang telah dipilih pada WMS. Parameter yang dipilih adalah sebagai berikut:

1. *Hydrologic module*: HEC-HMS
2. *Parameter*: SCS
3. *Job control*: Waktu simulasi = 20 Mei 2017 00:00 sampai dengan 22 Mei 2017 24:00 ; Satuan = SI (Metric)

Data kemudian disimpan sebagai *file* HEC-HMS agar dapat dijalankan pada HEC-HMS sebagai model DAS.

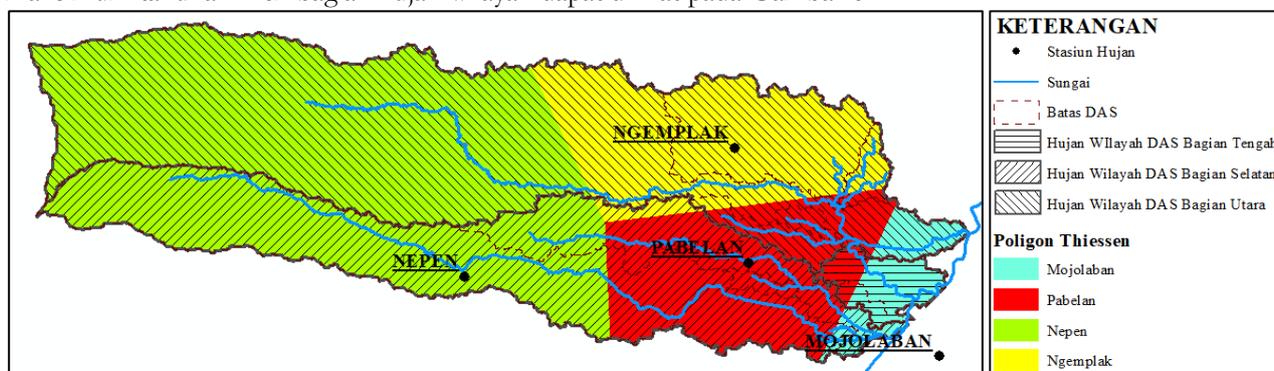
Pengolahan Data Hujan

Data hujan yang digunakan dalam perhitungan hujan wilayah adalah data hujan stasiun Mojolaban, Nepen, Ngemplak, dan Pabelan. Data hujan harian stasiun Baki, Kalijambe, dan Sukaharjo digunakan untuk pengisian data hujan yang rusak.

Pengisian data hujan yang rusak dilakukan pada stasiun hujan Ngemplak dan Mojolaban. Pengisian data hujan diisi menggunakan *reciprocal method*. *Reciprocal method* menggunakan jarak antar stasiun hujan sebagai parameternya. Jarak antar stasiun hujan dihitung menggunakan hasil *plotting* koordinat stasiun hujan menggunakan *ArcMap*.

Kepanggahan data hujan dilakukan menggunakan kurva massa ganda. Berdasarkan kurva massa ganda ditentukan bahwa data curah hujan seluruh stasiun pangkah sehingga tidak perlu dilakukan perbaikan.

Perhitungan hujan wilayah menggunakan Metode Poligon Thiessen. DAS dikelompokkan berdasarkan hujan wilayahnya. DAS Bagian Utara terdiri dari DAS Pepe Hulu, Grenjeng, Krembyongan, Gajah Putih, dan Anak Gajah Putih. Bagian Tengah terdiri DAS Pepe Hilir, dan Jenes. Bagian Selatan terdiri dari DAS Wingko, Premulung-Tanggul, dan Brojo. Data hujan yang digunakan sebagai perhitungan wilayah adalah data curah hujan maksimum tahunan. Pembagian hujan wilayah dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pembagian Hujan Wilayah (Sumber: Hasil Analisis)

Perhitungan hujan periode ulang 5, 10, 25, dan 50 tahun menggunakan distribusi Log Pearson III. Sebelum dilakukan perhitungan hujan periode ulang, dilakukan uji kecocokan distribusi menggunakan metode Chi Kuadrat.

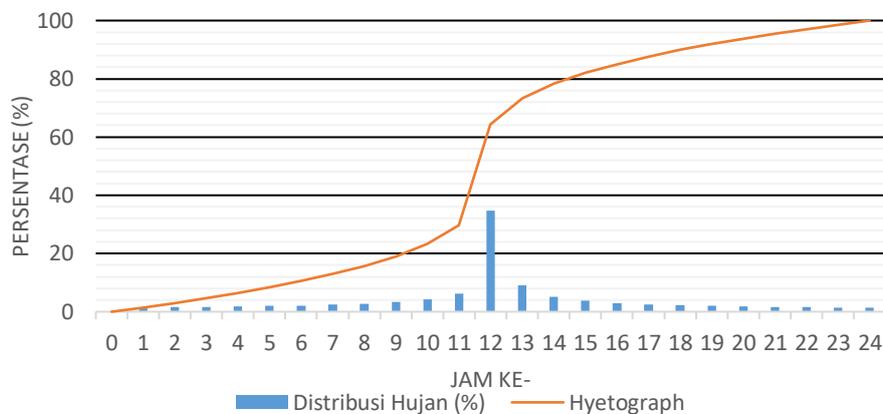
Hasil dari uji Chi Kuadrat menunjukkan setiap data curah hujan wilayah memiliki nilai $\chi^2 < \chi^2_{cr}$. Sehingga setiap hujan wilayah dinyatakan cocok distribusinya menggunakan Log Pearson III. Dari hasil perhitungan hujan periode ulang menggunakan distribusi Log Pearson III didapatkan nilai seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang

DAS	Curah Hujan Periode Ulang (mm)			
	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun
Bagian Utara	85,139	92,696	100,568	105,495
Bagian Tengah	84,817	94,568	106,212	114,494
Bagian Selatan	89,769	98,447	107,722	113,685

(Sumber: Hasil Analisis)

Intensitas hujan jam jam an untuk setiap 1mm kedalaman hujan dihitung menggunakan metode Mononobe, sehingga didapatkan persentase kedalaman hujan setiap jam dalam 1 hari. Persentase hujan jam jam an kemudian disusun menggunakan *Alternate Block Method* sehingga didapatkan hyetograph. Hyetograf distribusi hujan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Hyetograf Hujan Jam-jaman (Sumber: Hasil Analisis)

Perhitungan Debit Aliran Menggunakan HEC-HMS

Perhitungan pengalirragaman hujan menjadi debit aliran menggunakan bantuan perangkat lunak HEC-HMS. Input yang digunakan adalah model DAS hasil pengolahan data menggunakan WMS, curah hujan periode ulang dan hyetograf. Hasil perhitungan berupa hujan efektif dan hidrograf debit aliran. Debit puncak Q_5 , Q_{10} , Q_{25} , dan Q_{50} untuk setiap DAS dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Rekapitulasi Debit Puncak Periode Ulang

DAS	Debit Puncak Periode Ulang (m ³ /s)			
	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun
Anak Sungai Gajah Putih	6,9263	8,0816	9,3361	10,1346
Anak Sungai Pepe 1 (Grenjeng)	19,3659	24,1769	29,5741	33,1335
Anak Sungai Pepe 2 (Krombyongan)	4,6949	5,9324	7,3142	8,2345
Anak Sungai Premulung	8,6536	10,0666	11,6042	12,6038
Gajah Putih	14,9796	17,4630	20,1106	21,7955
Jenes	14,3935	16,4549	18,9128	20,6571
Pepe Hilir	40,3742	46,3434	53,5443	58,6725
Pepe Hulu	74,4676	91,4747	110,3932	122,8158
Premulung	32,6550	39,1877	46,4538	51,2903
Waru & Wingko	47,9801	59,7032	73,1283	82,1925

(Sumber: Hasil Analisis)

Penelusuran Banjir Menggunakan HEC-RAS

Penelusuran Banjir dilakukan untuk menentukan kedalaman dan luasan banjir. Perhitungan penelusuran banjir dilakukan dengan simulasi aliran tidak tetap menggunakan HEC-RAS. Input yang dibutuhkan adalah geometri

sungai dan hidrograf debit aliran. Geometri sungai dibuat dengan digitasi menggunakan *RasMapper*. Data *terrain* yang digunakan pada *RasMapper* adalah peta DEM gabungan yang telah di olah sebelumnya. Data geometri pada sungai yang tidak terdapat pada peta DEM digunakan data survey dan dilakukan interpolasi antar *cross section*. Karena geometri pada daerah pertemuan sungai diabaikan, maka aliran yang masuk dari anak sungai dijadikan input aliran lateral.

Hasil dari HEC-RAS adalah peta raster yang berisi informasi kedalaman banjir dan luasan banjir. Peta tersebut dibaca menggunakan *RasMapper*. Peta kedalaman banjir dan luasan banjir diekspor menjadi format *.shp* agar bisa diolah menggunakan *ArcMap*.

Pemetaan Banjir

Peta Luasan Banjir diolah menggunakan *ArcMap*. Potensi luasan banjir untuk setiap kelurahan dapat dilihat pada tabel 4. Potensi kedalaman maksimum banjir dan lokasinya dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 4 Potensi Luasan Banjir Periode Ulang Setiap Kelurahan

Kelurahan	Luasan Banjir Periode Ulang			
	5 Tahun (m ²)	10 Tahun (m ²)	25 Tahun (m ²)	50 Tahun (m ²)
Banyunyar	108427,8125	130067,388	211375,5988	223630,0333
Gilingan	56731,0699	89500,7394	75386,82602	90484,70534
Jajar	-	-	1024,433412	183,2739726
Joyotakan	-	-	4746,706492	9037,696002
Kadipiro	19339,68092	18837,736	44122,04091	46154,57128
Karangasem	244,114	-	2370,405687	2757,378919
Kerten	43545,02924	49482,6584	45651,11528	45356,11587
Kestalan	70233,47523	89375,6642	105216,5417	115157,8854
Ketelan	44626,51111	52204,0886	60194,58211	64338,42628
Manahan	7272,728574	20469,4679	31108,82483	16028,09421
Mangkubumen	47776,57408	52090,4571	64571,36855	92383,42935
Nusukan	982,3315794	29379,7071	8004,442562	0,10304329
Pajang	34534,74406	1,35599115	75777,89125	63738,02817
Punggawan	13403,5469	15961,1008	24503,55442	32654,37424
Serengan	25	158590,528	158590,5279	158590,5279
Setabelan	-	-	-	11,34734832
Sondakan	2411,703368	-	-	-
Sumber	92728,60766	119393,186	120220,8537	131310,662
Total Luasan	539871,2258	825354,0782	1032881,629	1091835,089

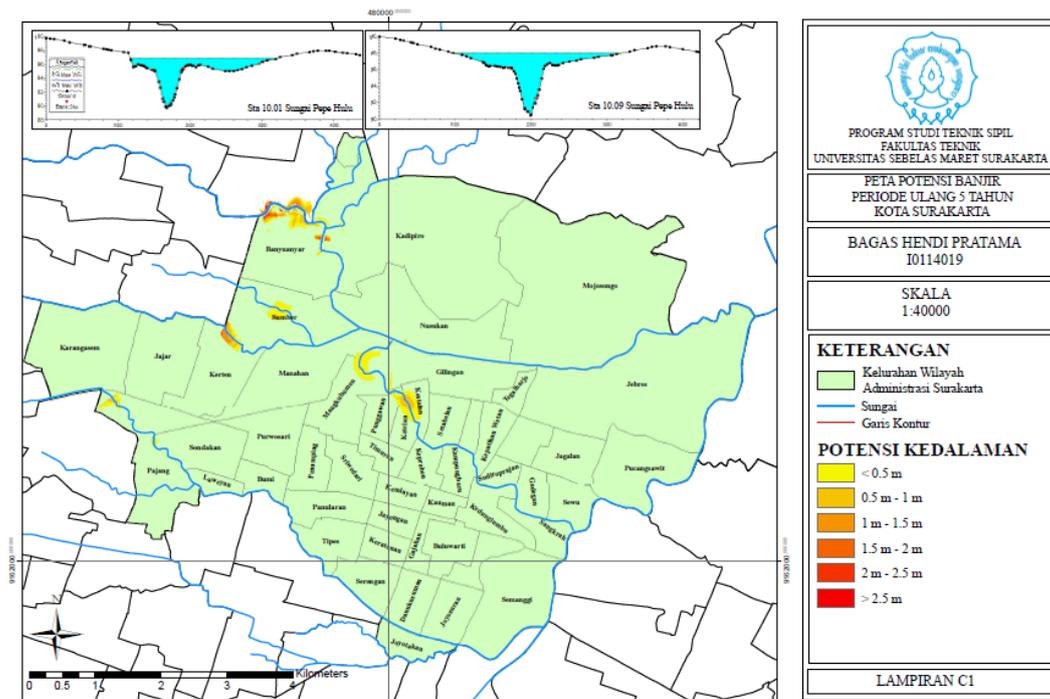
(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 5 Potensi Kedalaman Banjir Periode Ulang

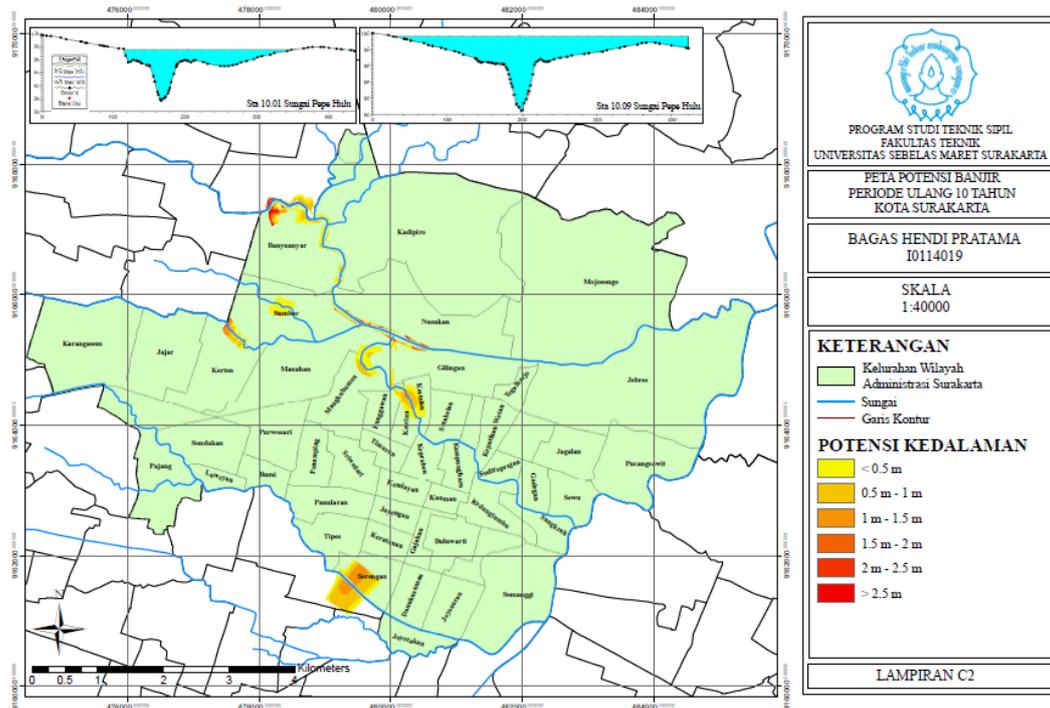
Banjir Periode ulang	Kedalaman (m)	Lokasi
5 Tahunan	5,10	Banyuanyar
10 Tahunan	5,58	Banyuanyar
25 Tahunan	8,02	Banyuanyar
50 Tahun	8,23	Banyuanyar

(Sumber: Hasil Analisis)

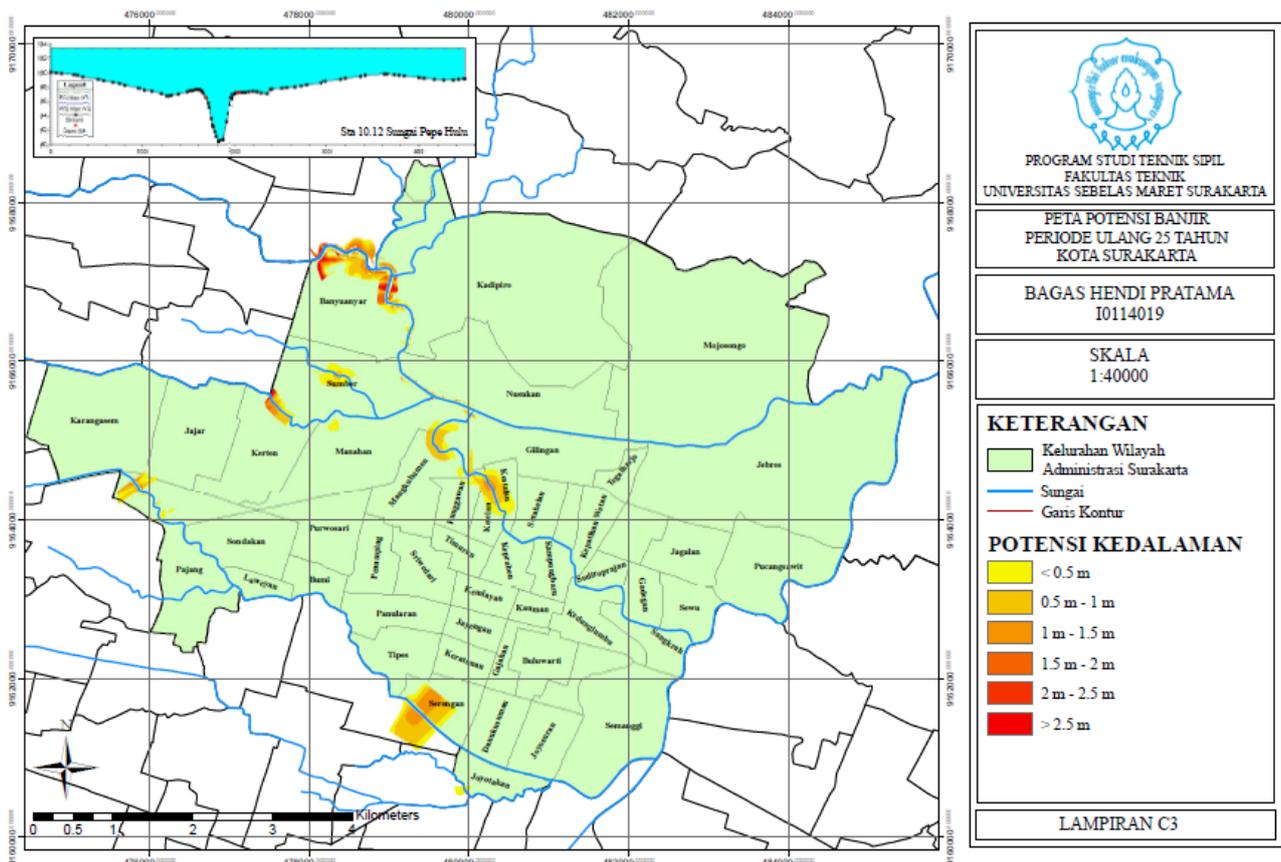
Berdasarkan Tabel 4 dan Tabel 5 daerah yang berpotensi mengalami banjir paling parah adalah Kelurahan Banyuanyar. Peta potensi banjir setiap periode ulang dapat dilihat pada Gambar 7 sampai dengan Gambar 10.



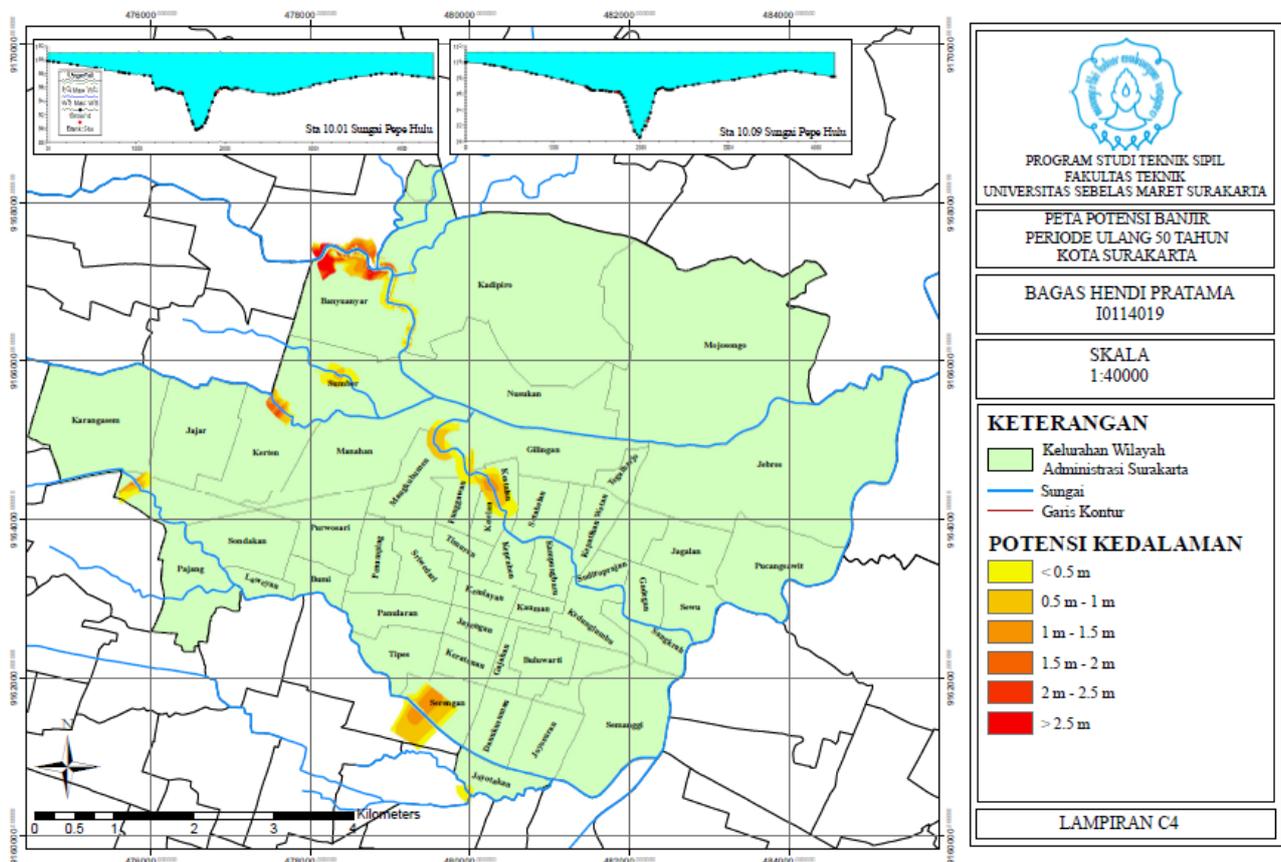
Gambar 7 Peta Potensi Banjir Periode Ulang 5 Tahun (Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 8 Peta Potensi Banjir Periode Ulang 10 Tahun (Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 9 Peta Potensi Banjir Periode Ulang 25 Tahun (Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 10 Peta Potensi Banjir Periode Ulang 50 Tahun (Sumber: Hasil Analisis)

SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah

1. Nilai *Curve Number* untuk DAS yang melewati Kota Surakarta adalah 67,856
2. Debit puncak pada DAS yang paling besar, yaitu DAS Pepe Hulu, adalah $Q_5 = 74,468 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{10} = 91,475 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{25} = 110,393 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{50} = 122,816 \text{ m}^3/\text{s}$. Dan debit puncak pada DAS yang paling kecil yaitu DAS Brojo adalah $Q_5 = 8,654 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{10} = 10,067 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{25} = 11,604 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{50} = 12,603 \text{ m}^3/\text{s}$
3. Potensi kedalaman maksimum adalah: Kedalaman banjir $Q_5 = 5,09 \text{ m}$, kedalaman banjir $Q_{10} = 5,57 \text{ m}$, kedalaman banjir $Q_{25} = 8,02 \text{ m}$, kedalaman banjir $Q_{50} = 8,23 \text{ m}$. Kedalaman banjir maksimum untuk seluruh periode ulang terjadi di Kelurahan Banyanyar.
4. Potensi total luasan banjir setiap periode ulang adalah: Luasan banjir $Q_5 = 53,987 \times 10^4 \text{ m}^2$, luasan banjir $Q_{10} = 82,535 \times 10^4 \text{ m}^2$, luasan banjir $Q_{25} = 103,288 \times 10^4 \text{ m}^2$, luasan banjir $Q_{50} = 109,184 \times 10^4 \text{ m}^2$. Kelurahan dengan potensil luasan paling besar adalah Kelurahan Banyuanyar.

REKOMENDASI

1. Disarankan dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memperhitungkan geometri pertemuan sungai.
2. Disarankan dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh adanya bangunan air terhadap banjir yang terjadi.
3. Warga Surakarta lebih sadar tentang bahaya banjir dan penanggulangannya.

REFERENSI

- Akhmad Adi, S. dan Tunggul Sutan, H. 2006. **Definisi Numerik Jaringan Drainase dan Daerah Aliran Sungai dari Model Elevasi Digital untuk Model Hidrologi**. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Asdak, C. 1995. **Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai**. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Ayu Prawesti, N. 2012. **Analisis Banjir Tahunan Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Hulu Sub DAS Bengawan Solo Hulu 3**. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Bambang, T.. 2006. **Hidrologi Terapan II**. Beta Offset. Yogyakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. **Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 25/PRT/M/2014 Tentang Penyelenggaraan Data dan Informasi Geospasial Infrastruktur Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat**. 2014.
- Restu, W. 2016. **Analisis Banjir Menggunakan Software HEC-RAS 4.1.0 (Studi Kasus Sub-DAS Ciberang HM 0+00 – HM 34+00)**. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon.
- Rintis, H. dan Setiono. 2015. **Analysis of Rainfall-runoff Neuron Input Model with Artificial Neural Network for Simulation for availability of discharge at Bah Bolon Watershed**. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Rifai, M. 2015. **Kajian Hujan-Aliran Menggunakan Model HEC-HMS di Sub Daerah Aliran Sungai Wuryantoro, Wonogiri, Jawa Tengah**. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Sharkh. Majed, S.A. 2009. **Estimation of Runoff For Small Watershed Using Watershed Modelling System (WMS) and GIS**. Palestine Polytechnic University. Palestina.
- Suripin. 2004. **Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan**. Andi Offset. Yogyakarta.