

ANALISIS BANJIR DENGAN METODE MUSKINGUM CUNGE DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) DI KELURAHAN BANYUANYAR, SURAKARTA

Muhammad Zean Raka Buana¹⁾, Rintis Hadiani²⁾, dan Endah Sitaresmi Suryandari³⁾

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

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

³⁾ Kepala Dinas Pekerjaan Umum Kota Surakarta

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

Abstract

Surakarta, Banyuanyar village that usually flooded with bad condition for several years back then. Flood happen because water runoff from Kali Pepe Hulu, the things that should do is make prevention action to create inundation mapping based on flood routing using the Muskingum Cunge method. Flood routing is based on events return period and 2 days rainfall, which will then be mapped using Geographic Information System (GIS).

The result of this research shows that maximum debit for 5 years return period is 143,748 m³/second, that caused inundation area 122.568,098 m². The maximum debit for 10 years return period is 196,693 m³/second, that caused inundation area 148.995,304 m². The maximum debit for 25 years return period is 309,434 m³/second, that caused inundation area 206.264,739 m². The maximum debit for 50 years return period is 483,759 m³/second, that caused inundation area 255.356,377 m². The maximum 2-days rainfall debit happened in the year of 2009 is 281,846 m³/second, that cause inundation area 188.141,935 m².

Keywords : *Banyuanyar Village, Flood Routing, Muskingum Cunge Method, Geographical Information System.*

Abstrak

Surakarta, kecamatan Banjarsari, tepatnya di kelurahan Banyuanyar merupakan daerah yang tidak luput dari peristiwa banjir dengan kondisi yang cukup parah dibeberapa tahun belakangan. Banjir terjadi dikarekan limpasan air dari Kali Pepe Hulu, hal yang perlu dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut salah satunya dengan penelusuran banjir dengan metode Muskingum Cunge dan juga pemetaan banjir. Menggunakan data debit periode ulang (Qt) dilakukan penelusuran banjir, selanjutnya pemetaan banjir yang diakibatkan oleh hujan 2 harian maksimal tahunan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG).

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa debit banjir maksimum kala ulang 5 tahunan adalah 143,748 m³/detik, luasan tergenang 122.568,098 m². Debit maksimum kala ulang 10 tahunan maksimum adalah 196,693 m³/detik, luasan tergenang 148.995,304 m². Debit kala ulang 25 maksimum tahunan adalah 44,475 m³/detik, luasan tergenang 10.314,6 m². Debit kala ulang 50 maksimum tahunan adalah, 309,434 m³/detik, luasan tergenang 255.356,377 m². Debit banjir rencana maksimum akibat hujan 2-harian maksimum tahunan terjadi pada tahun 2009 yakni sebesar 281,846 m³/detik, luasan tergenang 188.141,935 m².

Kata kunci: Kelurahan Banyuanyar, Penelusuran Banjir, Metode Muskingum Cunge, Sistem Informasi Geografis.

PENDAHULUAN

Banjir merupakan bencana yang menjadi fenomena rutin di musim penghujan yang merebak di berbagai daerah aliran sungai (DAS) di sebagian besar wilayah Indonesia. Jumlah bencana banjir dalam musim hujan terus meningkat demikian juga dengan jumlah korban manusia maupun kerugian sarana dan prasarana umum. Banjir itu sendiri merupakan indikasi dari ketidak seimbangan sistem lingkungan dalam proses mengalirkan air permukaan dan dipengaruhi oleh besar debit air yang mengalir melebihi daya tampung daerah pengaliran (Suripin, 2004).

Tahun 2009 bencana banjir menerjang Surakarta, tidak terkecuali di daerah Kelurahan Banyuanyar, kecamatan Banjarsari Surakarta dengan kondisi yang cukup parah. Hal ini dikarenakan banjir yang terjadi di Kelurahan Banyuanyar memiliki ketinggian hampir mencapai 2 m. Sebelumnya, Banyuanyar sendiri merupakan daerah yang tidak pernah terjadi banjir. Banjir yang menerjang Banyuanyar dikarenakan air dari Kali Pepe meluap ke pemukiman warga. Hal ini merupakan akibat dari Kali Pepe yang tidak dapat menampung kapasitas debit air hujan yang mengalir di kali tersebut. Apalagi belum diperbaikinya talut di tepi Kali Pepe yang membuat air limpasan kali meluap (Novi Dwi Astuti, 2013)

Debit banjir dengan periode ulang 5, 10, 25, dan 50 tahun akan dibandingkan dengan debit banjir maksimum tahunan. Berdasarkan debit banjir periode ulang tersebut, maka dapat dihitung muka air banjir dan site (posisi) banjir pada jam tertentu. Metode yang digunakan untuk menganalisis tinggi muka air banjir disebut penelusuran banjir. Penelitian ini penelusuran banjir menggunakan metode muskingum cunge.

Hasil penelitian ini kemudian dipetakan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG). Pemetaan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) menggunakan tiga parameter yaitu curah hujan, kelerengan dan Penggunaan lahan. Pemetaan daerah-daerah yang memiliki tingkat kerentanan banjir dapat dilakukan menggunakan perangkat GIS secara cepat mudah dan akurat terhadap parameter-parameter penyebab banjir, serta digunakan dalam pengolahan dan pembuatan peta curah hujan, peta penggunaan lahan, peta ketinggian (kontur), peta kelerengan, dan peta satuan lahan.

Penelitian ini akan membahas besarnya debit banjir tahunan yang mungkin terjadi di kelurahan Banyuanyar dari data hujan di setiap stasiun pencatat hujan terdekat. Hal ini dilakukan agar mengetahui potensi banjir di wilayah tersebut lebih pasti dan akurat. Data hujan selama 20 tahun yaitu dari 1997-2016, analisis banjir tahunan dapat dilakukan dengan data hujan harian, hujan 2 harian dan hujan bulanan maksimum tahunan. Perhitungan hujan 2 harian digunakan untuk menduga potensi bencana banjir kelurahan Banyuanyar, Surakarta.

LANDASAN TEORI

Analisis banjir ditinjau dari beberapa bagian, antara lain hidrolika, hidrologi, teknik sungai, morfologi dan sedimentasi sungai, sistem drainase kota dan bangunan air, serta erosi DAS. Selain itu, peristiwa banjir juga tidak lepas dari aspek-aspek lain yang menyangkut sosial, ekonomi, lingkungan, institusi pemerintahan, dan hukum.

Antisipasi yang dilakukan ketika banjir semakin sering terjadi adalah dengan cara menganalisisnya. Dampak yang lebih besar tersebut dapat dihindari dengan penelusuran sekaligus pemetaan potensi banjir pada daerah tersebut. Penelusuran banjir adalah suatu metode yang dilakukan untuk menentukan waktu dan debit aliran (hidrograf) di suatu titik aliran berdasarkan hidrograf di suatu titik aliran berdasarkan hidrograf sebelah hulu (Bambang Triatmodjo, 2009).

Pemetaan daerah-daerah yang memiliki tingkat kerentanan banjir dapat dilakukan menggunakan perangkat GIS secara cepat mudah dan akurat terhadap parameter-parameter penyebab banjir, serta digunakan dalam pengolahan dan pembuatan peta curah hujan, peta penggunaan lahan, peta ketinggian (kontur), peta kelerengan, dan peta satuan lahan (Nurdin, 2015). Dalam pemetaan potensi banjir, terdapat cara untuk melakukan analisis banjir, salah satunya adalah ArcGIS dengan basis Sistem Informasi Geografis (SIG).

Pengisian Data Hujan yang Hilang

Pengisian data hujan yang hilang dilakukan dengan menggunakan metode Reciprocal dengan batasan stasiun-stasiun hujan yang berlokasi dalam jarak kurang dari 30 kilometer. Data hujan yang hilang dapat dihitung dengan menggunakan **Persamaan 1**.

$$Px = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{L_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i^2}} \quad (1)$$

dengan:

- Px = data curah hujan pada stasiun X,
- P_i = data hujan di sekitarnya pada periode yang sama, dan
- L_i = jarak antar stasiun.

Kepanggahan Data

Data hujan yang dipakai dalam analisis dilakukan uji konsistensi dengan menggunakan metode kurva massa ganda (*double mass curve*). Kurva massa ganda digunakan sebagai pembandingan suatu kumpulan data dengan kumpulan data lainnya yang secara garis besar memiliki kecenderungan yang sama atau memiliki nilai deterministik (R^2) yang mendekati 1. Jika ditemukan nilai R tidak mendekati 1, maka harus diperbaiki sehingga data dapat dikatakan konsisten. Adapun koefisien deterministik antara variabel x dan y dapat dicari dengan **Persamaan 2**.

$$r^2 = \frac{\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i / n}{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 / n - (\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2 / n)} \quad (2)$$

dengan:

- i = data ke, dan
- n = jumlah data.

Hujan Wilayah

Metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rata-rata wilayah daerah aliran sungai (DAS) ada tiga metode, yaitu metode rata-rata aritmatik (aljabar), metode *poligon Thiessen* dan metode *Isohyet*. Penelitian ini menggunakan metode *poligon Thiessen*, karena memperhitungkan bobot masing-masing stasiun yang mewakili kawasan di sekitarnya. Perhitungan hujan wilayah dengan metode *Poligon Thiessen* dapat menggunakan **Persamaan 3** berikut.

$$\bar{p} = \frac{A_1 p_1 + A_2 p_2 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (3)$$

dengan:

- p = hujan rerata kawasan,
- p_1, p_2, \dots, p_n = hujan di stasiun 1, 2, 3, ..., n, dan
- A_1, A_2, \dots, A_n = luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, ... n.

Distribusi Sebaran

Setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistik masing-masing sebaran. Pemilihan sebaran yang tidak benar dapat menciptakan kesalahan perkiraan yang cukup besar. Persamaan garis lurus bentuk kumulatif distribusi *Log Pearson* tipe III adalah (Soewarno, 1995) dapat dilihat pada **Persamaan 4**.

$$Y = \bar{Y} - k \cdot S \quad (4)$$

dengan:

- Y = nilai logaritmik dari X ,
- \bar{Y} = nilai rata-rata dari Y ,
- S = deviasi standar dari Y , dan
- K = karakteristik dari distribusi *Log Pearson* Tipe III.

Kecocokan Sebaran

Analisis pada penelitian ini menggunakan uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan probabilitas pada tiap-tiap variabel dari suatu distribusi yang hasilnya akan didapat perbedaan (Δ). Perbedaan maksimum (Δ_{maks}) yang dihitung dibandingkan dengan perbedaan kritis (Δ_{cr}) untuk banyaknya varian tertentu. Sebaran dikatakan sesuai jika $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$ (Soewarno, 1995)

Hujan Efektif

Hujan efektif adalah bagian dari hujan total yang menghasilkan limpasan langsung. Hujan efektif merupakan hasil perkalian dari koefisien limpasan dengan hujan total, terdapat dalam **Persamaan 5** berikut ini.

$$P_e = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} \quad (5)$$

dengan:

- P_e = kedalaman hujan efektif (mm),
- P = kedalaman hujan (mm), dan
- S = retensi potensial maksimum air oleh tanah, yang sebagian besar karena infiltrasi (mm).

Retensi potensial maksimum dapat dihitung dengan **Persamaan 6** berikut ini (SCS, 1972).

$$S = \frac{25400 - 254CN}{CN} \quad (6)$$

dengan:

- S = retensi potensial maksimum air oleh tanah, yang sebagian besar karena infiltrasi (mm), dan
- CN = *Curve Number*.

Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk Bergeraknya air dari titik aliran terjauh dari suatu DAS sampai dengan titik pelepasan. Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan beberapa rumus seperti rumus Kirpich yang ditampilkan pada **Persamaan 7** (*Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*, SNI 2415:2016).

$$t_c = f \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385} \quad (7)$$

dengan:

- t_c = waktu konsentrasi (jam),
- L = panjang saluran utama lintasan air (km),
- S = kemiringan rata-rata saluran ($\Delta H/L$), dan

f = konstanta konversi satuan, diisi 0,01947.

Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu di mana air tersebut berkonsentrasi. Analisis intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau. Metode perhitungan intensitas hujan antara lain adalah *Mononobe*, *Sberman*, *Talbot* dan *Ishigoro*. Penelitian ini menggunakan metode *Mononobe* yang disajikan pada **Persamaan 8** (Rosadana Nurir, 2015).

$$I_t = \frac{R_{24}}{t_c} \left[\frac{t_c}{t} \right]^{2/3} \quad (8)$$

dengan:

- I_t = Intensitas curah hujan pada jam ke- t (mm/jam),
- R_{24} = tinggi hujan rancangan dalam 24 jam (mm),
- t_c = waktu konsentrasi (jam), dan
- t = jam ke-1 s.d. jam ke- t_c .

Hidrograf Satuan Sintetis *Soil Conservation Service* (HSS SCS)

HSS SCS (*Soil Conservation Service*) adalah hidrograf satuan sintetis yang dikembangkan oleh Victor Mockus pada tahun 1950 dengan lokasi penelitian di Amerika Serikat. Hidrograf ini menggunakan fungsi hidrograf tanpa dimensi untuk menyediakan bentuk standar hidrograf satuan. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan HSS SCS mengikuti **Persamaan 9** sampai dengan **Persamaan 17** (BSNI, 2016).

$$Q_p = q_p \cdot P_e \cdot 0,028 \quad (9)$$

$$q_p = \frac{A}{T_0 \text{ terkoreksi}} \cdot 484 \quad (10)$$

$$T_0 \text{ terk} = \frac{1,5}{\text{Time ratio} \cdot T_c} \quad (11)$$

$$\frac{T_0}{T_p} = \frac{T_r \cdot T_c}{T_p} \quad (12)$$

$$T_c = 0,01947 \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385} \quad (13)$$

$$T_p = \frac{0,24 \cdot t_c}{2} + t_p \quad (14)$$

$$t_p = 0,51 \cdot L^{0,8} \quad (15)$$

$$P_e = \frac{(P - 0,2 S)^2}{P + 0,8 S} \quad (16)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (17)$$

dengan:

- Q_p = debit puncak limpasan (m^3/s),
- q_p = debit puncak (in),
- T_c = waktu konsentrasi (jam),
- T_p = waktu puncak (m^3/s),
- t_p = waktu antara titik berat curah hujan hingga puncak hidrograf (jam),
- t_r = *time ratio*,
- A = luas DAS (in),
- L = panjang sungai utama (km),
- S = kemiringan sungai,
- P_e = kedalaman hujan efektif (in),
- P = kedalaman hujan maksimum (in), dan
- S = infiltrasi maksimum yang terjadi (in),
- CN = *curve number*.

Penelusuran Banjir

Cunge, 1969, mengembangkan Metode Muskingum untuk penggal sungai tanpa aliran lateral, tetapi mendapatkan nilai parameter penelusuran (C_i) secara langsung. Metode ini membutuhkan data hidrograf inflow dan data fisik penggal sungai yang ditinjau. Pada dasarnya metode Muskingum menggunakan parameter K , X , dan C_i dalam penelusuran banjir suatu penggal sungai (Sobriyah dan Sudjarwadi, 2000), yang ditunjukkan pada **Persamaan 18** sampai **24** berikut.

$$O_{j+1} = C_1 I_j + C_2 I_{j+1} + C_3 O_j \quad (18)$$

$$Q = A \left(\frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \right) \quad (19)$$

$$D = \frac{\left(\frac{Q}{La} \right)}{(S \times v \times \Delta x)} \quad (20)$$

$$Cr = v \times \frac{\Delta t}{\Delta x} \quad (21)$$

$$C_1 = \frac{-1+Cr+D}{1+Cr+D} \quad (22)$$

$$C_2 = \frac{1+Cr-D}{1+Cr+D} \quad (23)$$

$$C_3 = \frac{1-Cr+D}{1+Cr+D} \quad (24)$$

dengan:

O_n = *outflow* (m³/detik),

I_n = *inflow* (m³/detik),

C_n = nilai koefisien

Q = debit aliran (m³/detik),

A = luas penampang melintang (m²),

n = koefisien *Manning*,

R = panjang jari-jari hidrolik, dan

S = kemiringan dasar saluran.

La = lebar atas (m)

v = kecepatan (m²)

Δt = interval waktu (detik),

Δx = interval jarak (meter),

Cr = nilai *courant*

Pemodelan Aliran Tidak Tetap dengan HEC-RAS

Penelusuran banjir adalah salah satu contoh pemodelan hidrolik dengan prinsip *unsteady flow*. Untuk aliran tak permanen, HEC-RAS memakai persamaan kekekalan massa (*continuity, conservation of mass*) dan persamaan momentum. Kedua persamaan dituliskan dalam bentuk persamaan diferensial parsial, yang kemudian diselesaikan dengan metode *finite difference approximation* berskema implisit (Istianto, 2014). Pemodelan menggunakan HEC-RAS akan menghasilkan tinggi permukaan air yang dihasilkan dengan memperhitungkan geometri sungai dan beberapa batasan bagian sungai.

Pembuatan Peta Potensi Wilayah Tergenang dengan Sistem Informasi Geografis

Sistem informasi geografis adalah teknologi informasi yang dapat menganalisis, menyimpan, dan menampilkan data spasial dan non-spasial. SIG mengkombinasikan perangkat lunak berbasis data relasional dan paket perangkat lunak CAD (Guo Bo et. all 2000 dalam Prahasta, 2009). Pemetaan potensi wilayah tergenang dengan memanfaatkan program *ArcMap* dan pemodelan dengan menggunakan HEC-RAS.

Pada tahapan pertama, dengan data masukan berupa DEM dan garis sungai yang diteliti, akan dihasilkan property fisik sungai seperti garis tengah aliran sungai (*stream centerlines*), arah aliran sungai (*flow path centerline*), tepian sungai (*banks*), hingga potongan melintang (*cross-section*). Kedua, setelah proses selesai, kemudian pemodelan menggunakan HEC-RAS. Pada bagian *river geometry*, dimasukkan data berupa olahan dari proses sebelumnya. Kemudian, aliran dimodelkan *unsteady flow*. Seluruh data yang dihasilkan dari analisis ini kemudian diekspor ke dalam format GIS. Proses terakhir input hasil ke HEC-GeoRAS, hasil pengolahan pada program HEC-RAS. Dipilih menu *Inundation Mapping* untuk memetakan genangan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif. Analisis penelusuran banjir menggunakan metode Muskingum Cunge dengan bantuan hidrograf satuan sintetik *Soil Conservation Service* (HSS SCS) di Kali Pepe Hulu.

Penelitian dilakukan di Kelurahan Banyuanyar, Kecamatan Banjarsari, Kota Surakarta, dengan memanfaatkan beberapa data sekunder yang meliputi:

1. Peta digital dengan skala 1:25 000 Kota Surakarta produksi Badan Informasi Geospasial (dahulu Bakosurtanal), termasuk di dalamnya peta administrasi, peta sungai, dan peta kontur.
2. Peta *Digital Elevation Method* (DEM) produksi *United States Geological Survey* (USGS)
3. Data curah hujan dari 3 (tiga) stasiun terdekat dari wilayah tinjauan; yakni Stasiun Pabelan, Stasiun Ngemplak, dan Stasiun Nepen di bawah Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo serta Balai Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penataan Ruang (BPUSDATARU) Bengawan Solo dari tahun 1998 sampai 2017.
4. Data potongan melintang sungai (*cross section*) yang didapatkan dari BBWS Bengawan Solo.

Data di atas kemudian diolah dengan menggunakan beberapa perangkat digital yang terdiri dari:

1. *Microsoft Excel* untuk perhitungan analisis data hujan dan debit banjir.
2. *ArcMap* versi 10.3.1 untuk mengolah peta digital serta properti terkait pemetaan banjir di Kelurahan Banyuanyar, Kecamatan Banjarsari, Surakarta.
3. *HEC-RAS* versi 5.0.1 untuk pemodelan hidrolika sungai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelusuran Banjir dengan Metode Muskingum Cunge

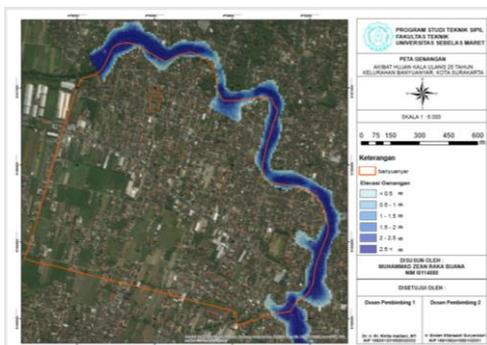
Tabel 1 menampilkan rekapitulasi hasil penelusuran banjir untuk masing-masing debit maksimum dan luas wilayah akibat hujan kala ulang dan akibat hujan 2-harian.

Tabel 1 Rekapitulasi Penelusuran Banjir pada Keadaan Debit Maksimum dan Luas Wilayah Tergenang

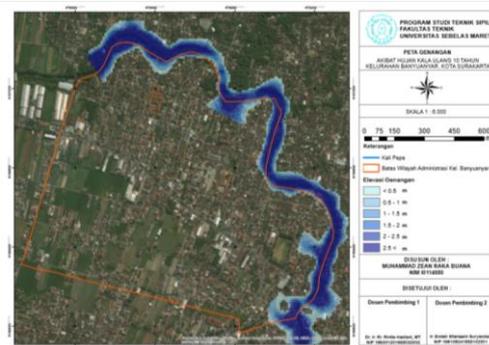
	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₅	Q ₅₀	Q ₂ - Harian
Debit Maksimum (m³/s)	143,748	196,693	309,434	483,759	281,846
Luas Wilayah (m²)	122.568,098	148.995,304	206.264,739	255.356,377	188.141,935

Pemetaan Wilayah Potensi Tergenang

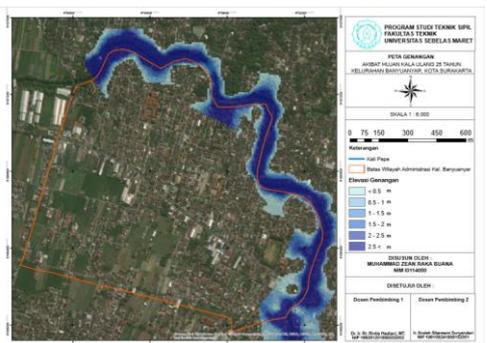
Pemetaan wilayah yang berpotensi tergenang dilakukan dengan menggunakan program *ArcMap* 10.3.1, yang hasilnya dapat dilihat pada **Gambar 1** hingga **Gambar 5**.



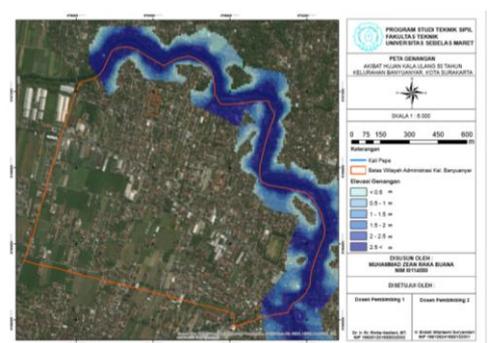
Gambar 1 Peta Potensi Genangan akibat Hujan Kala Ulang 5 Tahun



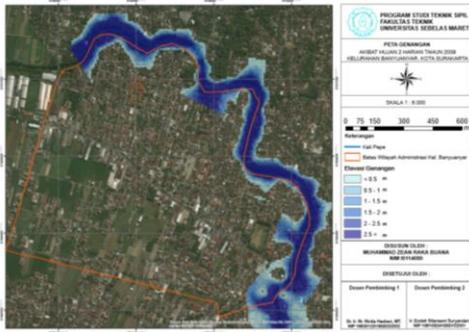
Gambar 2 Peta Potensi Genangan akibat Hujan Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 3 Peta Potensi Genangan akibat Hujan



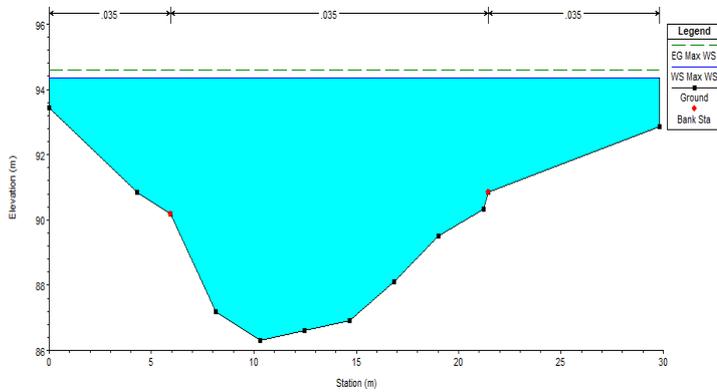
Gambar 4 Peta Potensi Genangan akibat Hujan



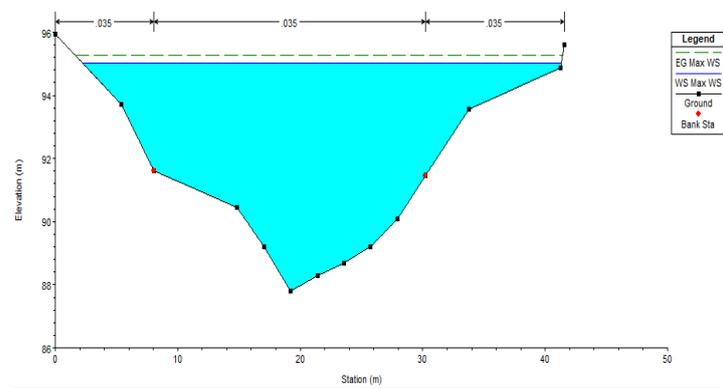
Gambar 5 Peta Potensi Genangan akibat Hujan 2-Harian Maksimum Tahunan (2009)

Potongan Melintang Potensi Genangan

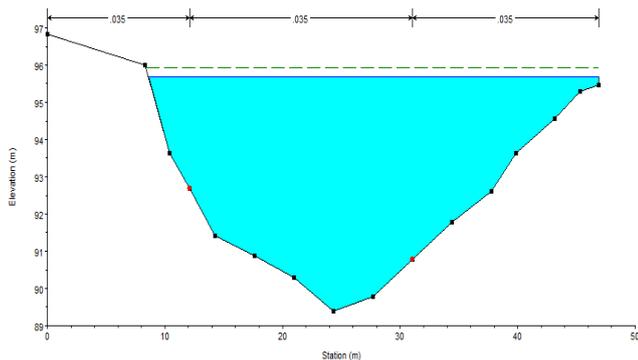
Potongan melintang di beberapa titik akibat hujan 2-harian maksimum tahunan yang terjadi pada tahun 2009 didapatkan dengan menggunakan program HEC-RAS 5.0.1, yang hasilnya dapat dilihat pada **Gambar 6** hingga **Gambar 10**.



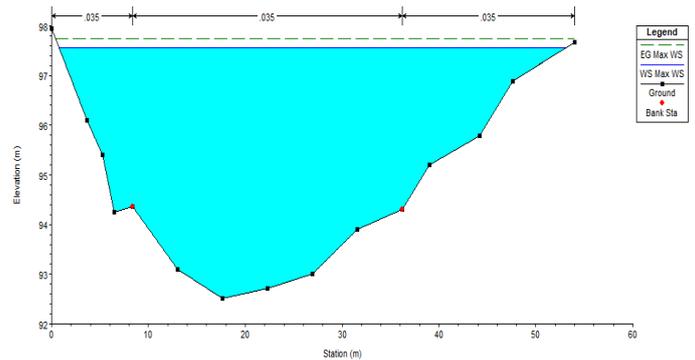
Gambar 6 Potongan Melintang pada Titik 12



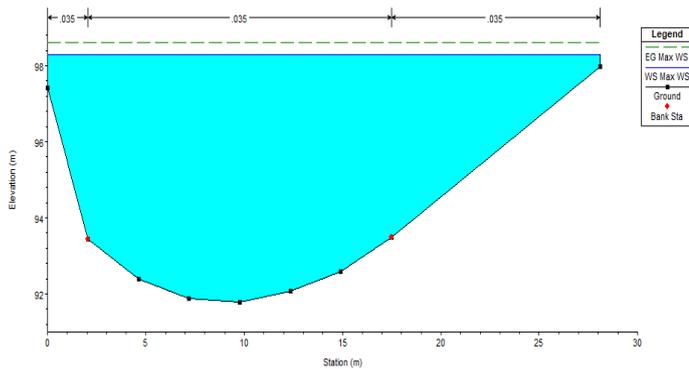
Gambar 7 Potongan Melintang pada Titik 19



Gambar 8 Potongan Melintang pada Titik 26



Gambar 9 Potongan Melintang pada Titik 33



Gambar 10 Potongan Melintang pada Titik 39

SIMPULAN

Debit banjir rencana periode ulang 5 Tahun (Q_5) adalah 144,748 m³/detik, periode ulang 10 Tahun (Q_{10}) adalah 196,693 m³/detik, periode ulang 25 Tahun (Q_{25}) adalah 309,434 m³/detik, dan periode ulang 50 Tahun (Q_{50}) adalah, 483,749 m³/detik. 2. Debit banjir rencana maksimum akibat hujan 2-harian maksimum tahunan terjadi pada tahun 2009 yakni sebesar 218,846 m³/detik.

REKOMENDASI

1. Kelengkapan data yang diperlukan dalam penelitian sehingga data mudah diakses maupun didapatkan.
2. Perlu adanya kajian terhadap pengaruh drainase kota sehingga dapat memaksimalkan hasil dalam mendapatkan daerah mana saja yang tergenang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih pertama ditujukan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan nikmatnya. Selanjutnya kepada Dr. Ir. Rr. Rintis Hadiani, M.T. dan Ir. Endah Sitaresmi Suryandari selaku dosen pembimbing yang telah memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Andromeda, Virnya Nurlaily. 2013. Penelusuran Banjir di Sungai Temon Sub DAS Bengawan Solo Hulu III dengan Metode Muskingum-Cunge. Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Chow, V.T., Maidment, D.R., and Mays, L.W. 1988. Applied Hydrology. McGraw-Hill. Singapore.
- Dewandaru, Gemma Galgani Tunjung dan Umboro Lasmito. 2014. Studi Penanggulangan Banjir Kali Lamong Terhadap Genangan di Kabupaten Gresik. Jurnal Teknik POMITS. Volume 3, No. 2, (2014) ISSN:2337-3539
- Flood Hydrology Manual. United States Bureau of Reclamation. 1989.
- Florince, dkk. 2015. Studi Kolam Retensi sebagai Upaya Pengendalian Banjir Sungai Way Simpung Kelurahan Palapa Kecamatan Tanjung Karang Pusat
- Montarchih, Lily. 2010. Penelusuran Banjir lewat Sungai : Studi kasus Sungai Dodokan. CV Citra Malang. Malang.
- Naulita, Maria Anisa. dkk. 2015. Metode Penelusuran Banjir pada Sungai Dengkeng dengan Metode Gabungan O'Donnel dan Muskingum-Cunge dan Metode Muskingum Extended. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Ponce, Victor Miguel. 1989. Engineering Hydrology : Principles and Practices. Prentice Hall Inc. New Jersey, United States of America.
- Sobriyah. 2012. Model Hidrologi. Sebelas Maret University Press. Surakarta.
- Sobriyah dan Sudjarwadi. 2000. Penggabungan Metode O'Donnel dan Muskingum – Cunge Untuk Penelusuran Banjir Pada Jaringan Sungai. Media Teknik no. 4 Tahun XXII edisi November.
- Soemarto, C. D., 1986. Hidrologi Teknik. Erlangga. Jakarta.
- Soewarno. 1995. Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 1. Penerbit Nova. Bandung.
- Sosrodarsono, S., Takeda, K, 1993. Hidrologi Untuk Pengairan. PT Pradnya Paramita. Jakarta
- Standar Nasional Indonesia. 2016. Tata Cara Perhitungan Debit Rencana. 2415:2016.
- Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Andi Offset. Yogyakarta.
- Triatmojo, Bambang. Hidrologi Terapan. 2008. Beta Offset. Yogyakarta