

ANALISIS HIDROLOGI DAN HIDROLIKA PADA SALURAN DRAINASE AMBARUKMO PLAZA MENGGUNAKAN PROGRAM HEC-RAS

Novita Somi¹, Sujendro², Andrea Sumarah Asih³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, FTSP, ITNY, Yogyakarta

Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281

[1novitasomii@gmail.com](mailto:novitasomii@gmail.com), [2sujendro87@gmail.com](mailto:sujendro87@gmail.com), [3andrea.sa@itny.ac.id](mailto:andrea.sa@itny.ac.id)

Abstrak

Ambarukmo Plaza yang berlokasi di kawasan Jalan Laksda Adisucipto sering terjadi banjir sebelum dibangunnya saluran drainase, bahkan setelah dibangun saluran drainase di lokasi tersebut masih mengalami banjir. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kala ulang berapa tahun debit banjir rencana saluran akan terlampaui dan untuk mengetahui kapasitas saluran drainase.

Analisis hidrologi menggunakan data hujan harian yang diperoleh dari BBWSSO Yogyakarta dengan lama pencatatan 10 tahun yaitu 2007 sampai 2017. Data DED dan master plan drainase diperoleh dari DPU Cipta Karya. Data hujan diolah menggunakan metode analisis frekuensi sehingga diperoleh hujan rencana dengan kala ulang 2, 5 dan 10 tahun. Nilai intensitas hujan dianalisis menggunakan metode Mononobe dengan waktu konsentrasi dihubungkan ke dalam kurva Intensitas Durasi Frekuensi. Kemudian debit banjir rencana dihitung menggunakan rumus rasional. Analisis hidrolika menggunakan program HEC-RAS dengan menginputkan arah aliran, dimensi dan debit. Output model berupa gambar penampang melintang, penampang memanjang dan tinggi muka air. Analisis kapasitas dilakukan dengan membandingkan antara debit kapasitas saluran eksisting dengan debit rencana.

Berdasarkan hasil analisis disimpulkan besarnya debit pada kala ulang 2 tahun $1.152 \text{ m}^3/\text{s}$, 5 tahun $1.479 \text{ m}^3/\text{s}$ dan 10 tahun $2.14 \text{ m}^3/\text{s}$. Kapasitas di saluran terpasang masih dapat menampung debit rencana dengan kala ulang 10 tahun sebesar $2.284 \text{ m}^3/\text{s}$.

Kata kunci: Debit banjir, kapasitas saluran, HEC-RAS, metode Rasional, drainase perkotaan

Abstract

Ambarukmo Plaza, located in the Laksda Adisucipto Road area, often floods before the construction of drainage canals, even after the drainage canals are built in locations that currently still require flooding. This research was conducted to find out when the planned channel discharge anniversary will be exceeded and to determine the drainage channel capacity.

Hydrological analysis using daily rainfall data obtained from BBWSSO Yogyakarta with a recording time of 10 years from 2007 to 2017. DED data and drainage master plan were obtained from Cipta Karya DPU. Rain data uses the frequency analysis method so that rain plans are obtained with a return period of 2, 5 and 10 years. Rain intensity values were analyzed using the Mononobe method with the concentration time into the Intensity Duration Frequency curve. Then the plan flood discharge is calculated using a rational formula. Hydraulics analysis using the HEC-RAS program by inputting flow direction, dimensions and discharge. The model output is in the form of a cross section, longitudinal cross section and water level. Capacity analysis is performed by comparing the existing discharge capacity with the planned discharge.

Based on the results of the analysis issued a discharge at the time of return 2 years $1.152 \text{ m}^3 / \text{s}$, 5 years $1.479 \text{ m}^3 / \text{s}$ and 10 years $2.14 \text{ m}^3 / \text{s}$. The capacity in the installed channel can still be saved with a discharge plan with a 10 year return period of $2,284 \text{ m}^3 / \text{s}$.

Keywords: flood discharge, channel capacity, HEC-RAS, Rational methods, urban drainage

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk menimbulkan perubahan tata guna lahan menjadi kawasan pemukiman maupun pusat kegiatan manusia yang menyebabkan air tidak meresap dengan maksimal, sehingga sebagian besar aliran air akan melimpas di permukaan begitu pula yang terjadi depan daerah kawasan Ambarukmo Plaza sebelum dibangun saluran drainase sering terjadi banjir dan setelah dibangun pada tahun 2011 saluran drainase di lokasi tersebut masih terjadi banjir pada tahun 2017, banjir terjadi apa bila hujan deras dengan durasi yang lama sehingga mengganggu aktifitas lalu lintas daerah tersebut.

Oktamal, 2019 meneliti penyebab genangan air yang sering terjadi di kawasan Jalan Laksda Adisucipto pada musim hujan, sehingga evaluasi kapasitas saluran drainase sangat penting dilakukan agar dapat dilakukan penanganan yang tepat nantinya dalam mengatasi masalah banjir. Mustofa [1] melakukan penelitian hidrologi dan hidrolika dengan program HEC-RAS di daerah Kota Bumi untuk mengetahui hubungan antara debit banjir rencana untuk kala ulang tertentu dengan kemampuan saluran dalam menampung dan mengalirkan air. Selanjutnya Yansyah [2] melakukan penelitian Analisis Hidrologi dan Hidrolika saluran Drainase *Box Culvert* di Jalan Antasari Bandar Lampung menggunakan Program HEC-RAS yang bertujuan untuk mengetahui pada kala ulang berapa tahun debit maksimum saluran akan terlampaui dan mengetahui kapasitas saluran drainase.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Wilayah

Lokasi penelitian ini adalah saluran drainase Jalan Laksda Adisucipto kawasan Ambarukmo Plaza Yogyakarta.

2.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hujan harian pada DAS Gajahwong dari tiga stasiun pencatat hujan yaitu stasiun Gemawang, stasiun Santan dan stasiun Bedugan. Data hujan harian ini diperoleh dari BBWSSO Yogyakarta dengan lama pencatatan 10 tahun yaitu 2007 sampai 2017. Data DED dan master plan drainase diperoleh dari DPU Cipta Karya

2.3 Metode Pengolahan Data

Data hujan diolah menggunakan metode analisis frekuensi sehingga diperoleh hujan rencana dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun. Nilai intensitas hujan dicari menggunakan metode Mononobe dengan waktu konsentrasi dihubungkan ke dalam kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF). Kemudian debit banjir rencana dihitung menggunakan rumus rasional. Analisis hidrolika menggunakan program HEC-RAS dengan menginputkan arah aliran, dimensi dan debit. Analisis kapasitas dilakukan dengan membandingkan kapasitas saluran eksisting dengan debit rencana pada kala ulang 10 tahun.

2.3.1 Analisis Frekuensi

Dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi rata-rata (\bar{X}), simpangan baku (s), koefisien *skewness* (Cs), koefisien kurtosis (Ck) dan koefisien variasi (Cv).

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum X_i \quad (1)$$

$$s = \sqrt{\left[\frac{1}{n-1} \sum (X_i - \bar{X})^2 \right]} \quad (2)$$

$$Cs = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (3)$$

$$Ck = \frac{n^2 \sum (Xi - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \tag{4}$$

$$Cv = \frac{s}{\bar{x}} \tag{5}$$

2.3.1.1 *Distribusi Normal*

Distribusi Normal adalah distribusi yang simetris terhadap sumbu vertikal dan berbentuk genta yang disebut juga distribusi Gauss. Sri Harto [3] sifat-sifat distribusi normal yaitu nilai koefisien kemencengan (*skewness*) $Cs \approx 0$ dan nilai koefisien kurtosis $Ck \approx 3$.

$$Xm = \bar{X} + K_T \cdot s \tag{6}$$

Dengan Xm adalah perkiraan nilai yang diharapkan periode T-tahun, \bar{X} adalah nilai rata-rata sampel, K_T adalah factor frekuensi, s adalah standar deviasi.

2.3.1.2 *Distribusi Log Normal*

Menurut Suripin [4], jika variabel acak $y = \log x$ terdistribusi secara normal, maka x dikatakan mengikuti distribusi Log Normal. dinyatakan dengan persamaan:

$$Ym = \bar{Y} + K_T \cdot s \tag{7}$$

Dengan Ym adalah perkiraan nilai yang terjadi pada T-tahunan, \bar{Y} adalah nilai rata-rata sampel, K_T adalah faktor frekuensi dan s adalah standar deviasi. Ciri khas statistik distribusi Log Normal adalah nilai koefisien *skewness* sama dengan tiga kali nilai koefisien variasi (Cv) atau bertanda positif.

2.3.1.3 *Distribusi Gumbel*

Rumus umum yang digunakan dalam metode Gumbel adalah sebagai berikut:

$$X = \bar{X} + s K \tag{8}$$

Dengan nilai \bar{X} adalah nilai rata-rata, s adalah standar deviasi dan K adalah faktor frekuensi. Ciri khas distribusi Gumbel adalah nilai *skewness* sama dengan 1,396 dan kurtosis (Ck) = 5,4002.

2.3.1.4 *Distribusi Log Pearson III*

Apabila tidak memenuhi ketiga distribusi di atas maka data tersebut dapat dihitung menggunakan distribusi Log Pearson III.

$$\text{Log } Xm = \log \bar{X} + K_T s \tag{9}$$

2.3.2 *Intensitas Durasi Frekuensi (IDF)*

Analisis IDF dilakukan untuk memperkirakan debit puncak di daerah tangkapan yang kecil, hujan deras dengan durasi singkat yang jatuh di berbagai titik pada seluruh daerah tangkapan hujan dapat terkonsentrasi di titik kontrol yang ditinjau dalam waktu yang bersamaan dapat menghasilkan debit puncak [5]. Menghitung intensitas hujan menggunakan metode Mononbe dengan rumus sebagai berikut :

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \tag{10}$$

Dengan I_t adalah intensitas curah hujan, t adalah lamanya curah hujan R_{24} adalah curah hujan maksimum 24 jam.

2.3.3 Metode Rasional

Beberapa parameter hidrologi yang diperhitungkan adalah intensitas hujan, durasi hujan, frekuensi hujan, luas DAS, abstraksi (kehilangan air akibat evaporasi, intersepsi, infiltrasi dan tampungan permukaan) dan konsentrasi aliran [5].

$$Q = 0,278 CIA \quad (11)$$

Dengan Q adalah debit, C adalah koefisien limpasan, I adalah intensitas hujan dan A adalah luas

2.3.4 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh ke titik luaran [4]. Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan persamaan yang terdapat pada buku pedoman Perencanaan Drainase Jalan pd.T-02-2006-B, sebagai berikut :

$$t_c = t_o + t_d \quad (12)$$

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \cdot 3,28 \cdot l \frac{nd}{\sqrt{s}} \right)^{0,167} \quad (13)$$

$$t_d = \left(\frac{l_s}{60 \cdot V} \right) \quad (14)$$

Dengan t_o waktu yang di perlukan air untuk mengalir dari permukaan lahan sampai ke saluran terdekat, t_d adalah waktu perjalanan air dari awal masuk saluran drainase sampai titik keluaran, l_s adalah panjang lintang aliran didalam drainase, V adalah kecepatan aliran dalam saluran.

2.3.5 Debit Aliran

Debit aliran adalah volume air yang mengalir melalui suatu penampang tiap satuan waktu dan simbol/notasi yang digunakan adalah Q.

$$Q = A \times V \quad (15)$$

2.3.6 Kecepatan

Kecepatan aliran (v) dari suatu penampang aliran tidak sama di seluruh penampang aliran, tetapi bervariasi menurut tempatnya.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (16)$$

2.3.7 Program HEC-RAS

HEC-RAS adalah suatu sistem software gabungan yang dirancang untuk penggunaan yang interaktif di lingkungan pemakainya. Sistem ini terdiri atas *Grafikal User Interface* (GUI), komponen-komponen analisis hidrolik, kemampuan penyimpanan data, manajemen dan grafik. Bentuk grafik dipakai menampilkan tampang lintang dari *river reach*. Dalam bentuk tabel digunakan untuk menampilkan hasil rincian berupa angka variabel dilokasi atau titik tertentu [6].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Hidrologi

3.1.1 Analisis Parameter Statistik

Setelah dihitung parameter statistiknya menggunakan persamaan (1), persamaan (2), persamaan (3), persamaan (4) dan persamaan (5) didapatkan nilai parameter statistik curah hujan rencana.

Tabel 1. Hitungan parameter ststistik curah hujan renana

No	Tahun						
1	2017	310.42	12.00	227.255	51644.63	11736476.56	2667167645.65
2	2013	109.09	6.00	25.925	672.08	17423.42	451694.29
3	2016	73.32	4.00	-9.845	96.93	-954.35	9396.00
4	2014	68.69	3.00	-14.475	209.54	-3033.17	43906.50
5	2006	63.42	2.40	-19.745	389.88	-7698.42	152008.73
6	2007	61.54	2.00	-21.625	467.66	-10113.37	218706.14
7	2012	61.33	1.71	-21.835	476.79	-10410.86	227325.92
8	2015	60.06	1.50	-23.105	533.86	-12335.12	285008.67
9	2009	45.23	1.33	-37.935	1439.10	-54592.86	2071005.10
10	2008	35.53	1.20	-47.635	2269.14	-108091.35	5148980.59
11	2011	26.19	1.09	-56.975	3246.20	-184953.86	10537830.16
Jumlah		914.82			61445.81	11361716.62	2686313507.75

3.1.2 Curah Hujan Rencana

Data hujan yang diperoleh dan diuji parameter statistiknya dengan cara analisis frekuensi, hasilnya data hujan mengikuti sebaran Log Pearson III. Berdasarkan perhitungan dengan persamaan (9) diperoleh hujan rancangan yang tersaji pada Tabel 2 dan selanjutnya dihitung intensitas hujan dengan kala ulang 2, 5 dan 10 tahun seperti Tabel 3.

Tabel 2. Hasil perhitungan curah hujan rencana

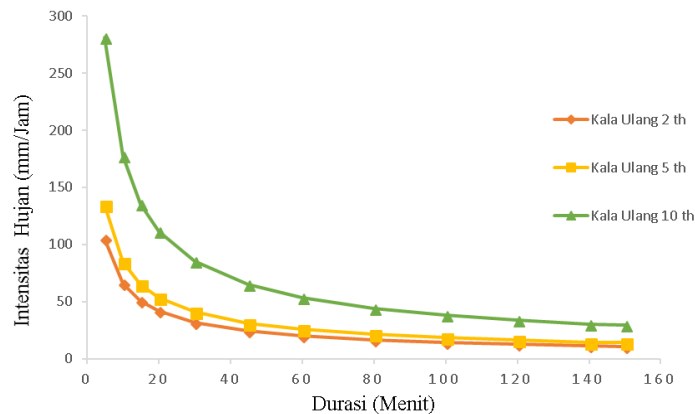
Kala Ulang		
2	-0.21	57.676
5	0.719	74.131
10	1.339	154.882

3.1.3 Kurva Intensitas Durasi Frekuensi

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Hubungan antara intensitas, lama hujan, dan frekuensi biasanya dinyatakan dalam kurva Intensitas Durasi Frekuensi. Diperlukan data hujan dengan jangka pendek, misalnya 5 menit, 10 menit, 30 menit, 60 menit, dan jam-jaman untuk membuat kurva IDF [4]. Dari data hujan rancangan dibuat kurva intensitas durasi frekuensi sebagai berikut :

Tabel 3. Intensitas hujan dengan kala ulang 2, 5 dan 10 tahun

Durasi	Kala Ulang 2 th	Kala Ulang 5 th	Kala Ulang 10 th
5	104.804	134.705	281.439
10	66.023	84.859	177.296
15	50.385	64.759	135.302
20	41.592	53.458	111.689
30	31.740	40.796	85.235
45	24.222	31.133	65.046
60	19.995	25.700	53.695
80	16.506	21.215	44.324
100	14.224	18.282	38.197
120	12.596	16.190	33.825
140	11.366	14.609	30.522
150	10.855	13.952	29.150



Gambar 1. Kurva intensitas durasi frekuensi

3.1.4 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi digunakan untuk menentukan lamanya air hujan mengalir dari hulu hingga ke tempat keluaran saluran. Dalam penelitian ini nilai t_0 diabaikan sehingga berdasarkan persamaan (14) diperoleh waktu konsentrasi pada saluran Jalan Laksda Adisucipto sebesar 12,63 menit.

3.1.5 Intensitas Hujan Terhitung

Waktu konsentrasi dihubungkan pada kurva IDF diperoleh intensitas hujan sebesar 57,828 mm/jam pada kala ulang 2 tahun, 74,326 mm/jam pada kala ulang 5 tahun, dan 155,290 mm/jam pada kala ulang 10 tahun.

3.1.6 koefisien Limpasan

Koefisien limpasan adalah persentase jumlah air yang bisa melimpas pada permukaan tanah dari keseluruhan air hujan yang jatuh pada suatu daerah [4]. Diperoleh koefisien limpasan berdasarkan tata guna lahan di Jalan Laksda Adisucipto sebesar 0,745.

Tabel 4. Koefisien limpasan jalan Laksda Adisucipto

Lokasi	Ruas	Luas (A) (ha)	C	A X C	C gabungan
Adi sucipto	Pemukiman	4.743	0.80	3794.4	0.745
	Atap	3.152	0.75	2364	
	Jalan Aspal	1.882	0.60	1129.2	
	Total :	9.777		7287.6	

3.1.7 Debit Puncak

Metode rasional digunakan untuk mencari debit puncak pada suatu daerah aliran. Berdasarkan berbagai data yang diperoleh diatas yaitu intensitas , koefisien limpasan sebesar 0,745 dan luas daerah tangkapan sebesar 0,010 km². Diperoleh nilai sebesar 0.129 m³/dt pada kala ulang 2 tahun, 0,154 m³/dt pada kala ulang 5 tahun, 0,332 m³/dt pada kala ulang 10 tahun.

Tabel 5. Debit puncak jalan Laksda Adisucipto setiap kala ulang tertentu

Lokasi	A (km ²)	C	Kala Ulang 2 Tahun		Kala Ulang 5 Tahun		Kala Ulang 10 Tahun	
			I(mm/jam)	Q (m ³ /dt)	I(mm/jam)	Q (m ³ /dt)	I(mm/jam)	Q (m ³ /dt)
Adi Sucipto	0.010	0.745	57.820	0.120	74.320	0.154	155.290	0.322

3.2 Analisis Hidrolika

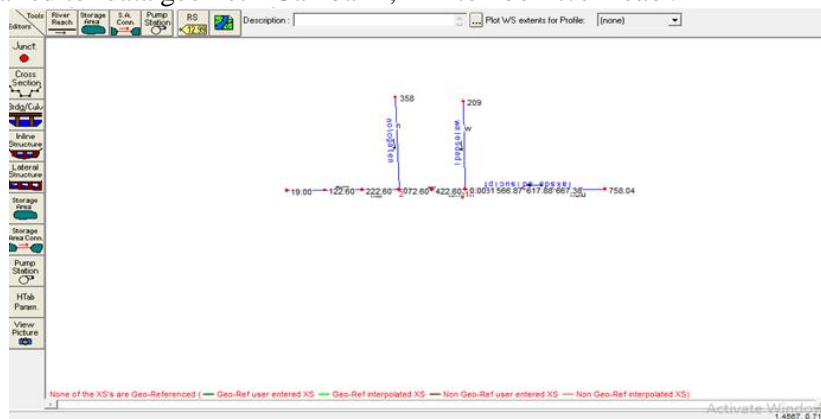
3.2.1 Pemodelan Saluran pada Program HEC-RAS

Dalam proses pemodelan ini dibuat tiga model saluran yaitu model kala ulang 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun. Dari hasil pemodelan diketahui bahwa pada kala ulang 2 tahun debit sebesar 1.152 m³/s, kala ulang 5 tahun debit sebesar 1.479 m³/s, dan kala ulang 10 tahun debit sebesar 2.14 m³/s masih dapat ditampung karena tinggi air maksimum pada saluran berturut-turut hanya mencapai 0.81 m, 0.92 m, 1.91 m. sementara tinggi salurannya sendiri mencapai 2.39 m.

3.2.1.1 Input data HEC-RAS

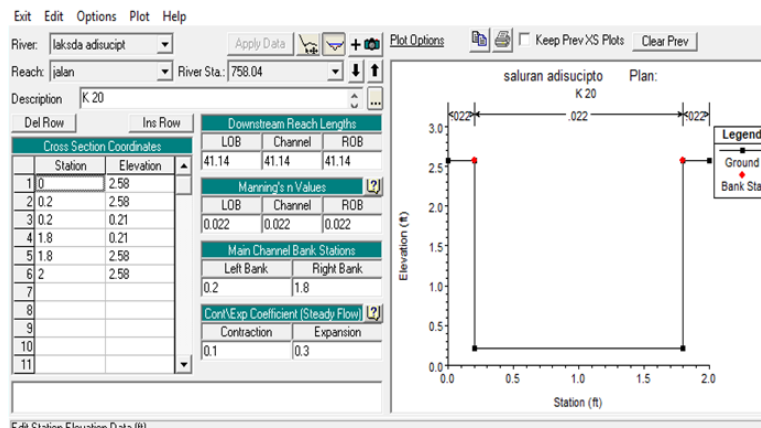
1. Skema alur saluran drainase dimulai dari hulu ke hilir Gambar 2.
2. Data penampang memanjang dan melintang (*cross section*) saluran drainase Gambar 3.
3. *Input* data debit Gambar 4.
4. Proses eksekusi data Gambar 5.

Aktifkan layar editor data geometri Gambar 2, klik tombol *river reach*

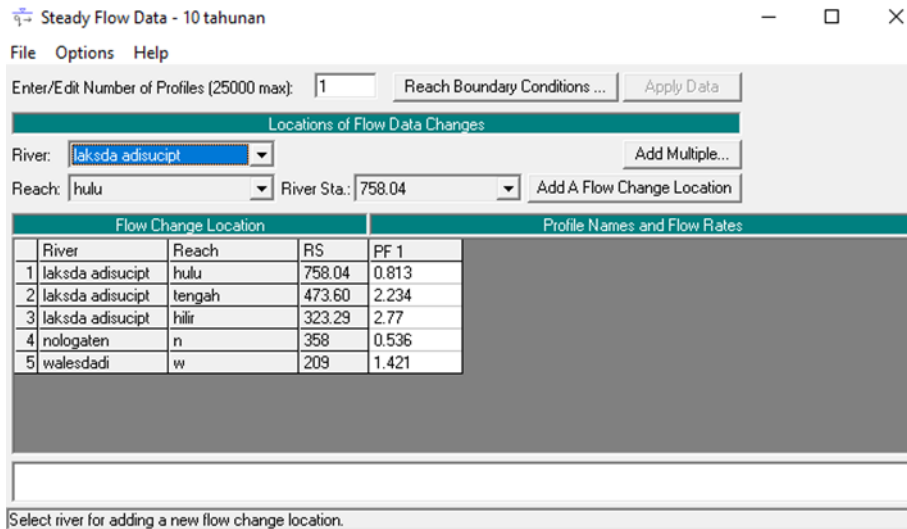


Gambar 2. Alur saluran drainase

Tuliskan data tampang lintang (*cross section*) urut dari tampang ujung hilir sampai ke ujung hulu

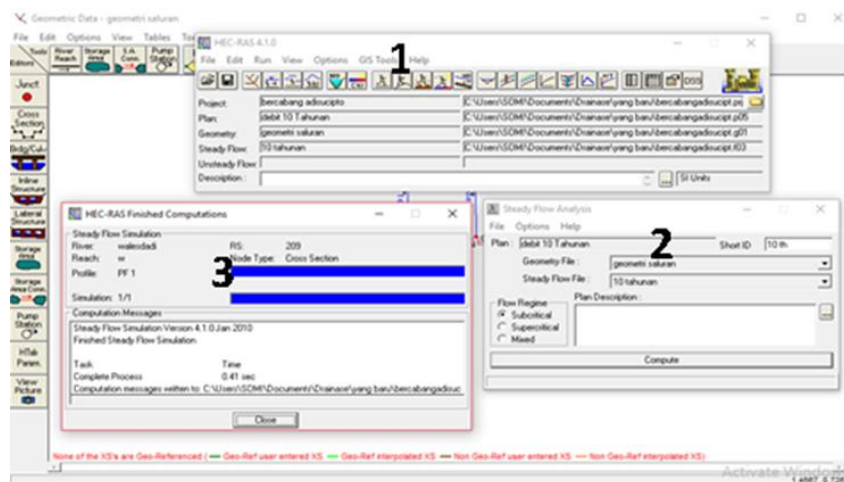


Gambar 3. Tampilan *input* data potongan melintang saluran drainase

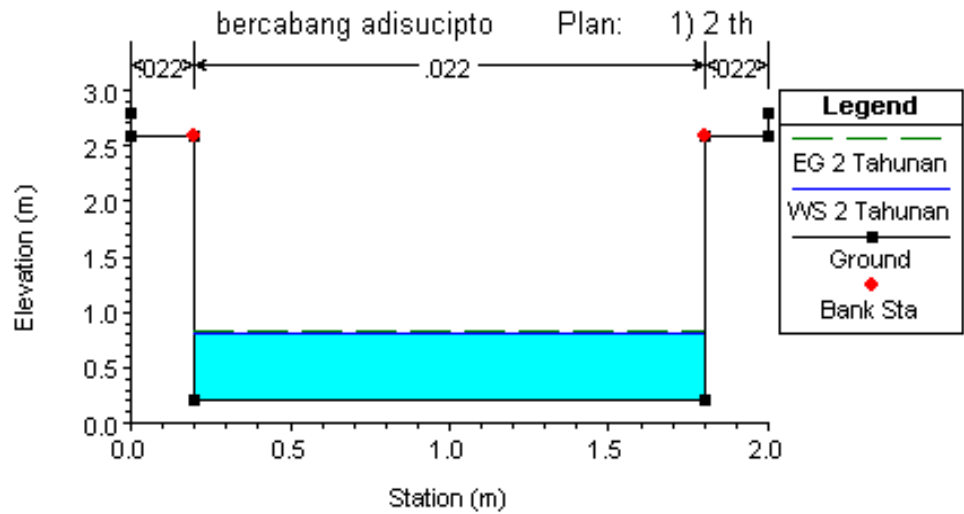


Gambar 4. Tampilan *input* data debit

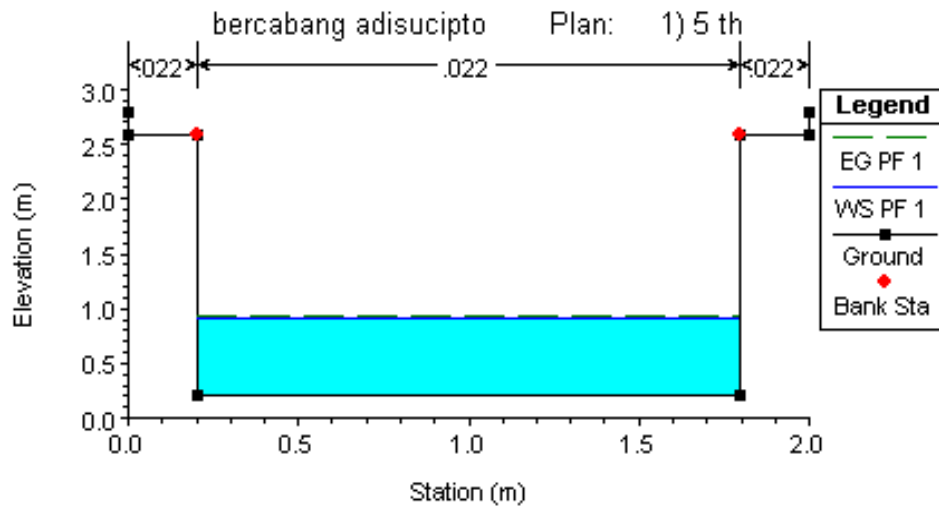
Data yang telah diinput dilakukan *Running* (eksekusi data) dengan cara memilih menu *Run* atau mengklik tombol *Perform a steady flow analysis* atau klik ikon ke-9 dari kiri pada papan tombol, tampilan nomer 1. Pada layar akan muncul seperti gambar nomer 2, kemudian aktifkan modul hitungan dengan hidolika dengan mengklik tombol *compute* dalam beberapa saat hitungan selesai seperti ditunjukkan pada tampilan nomer 3. Hasil *running* tersaji pada Gambar.6 dan seterusnya.



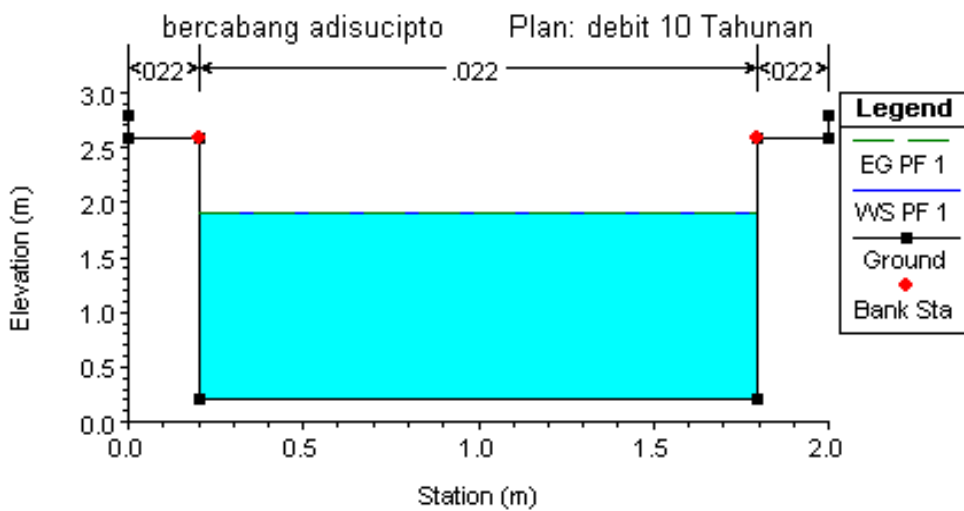
Gambar 5. *Running* program



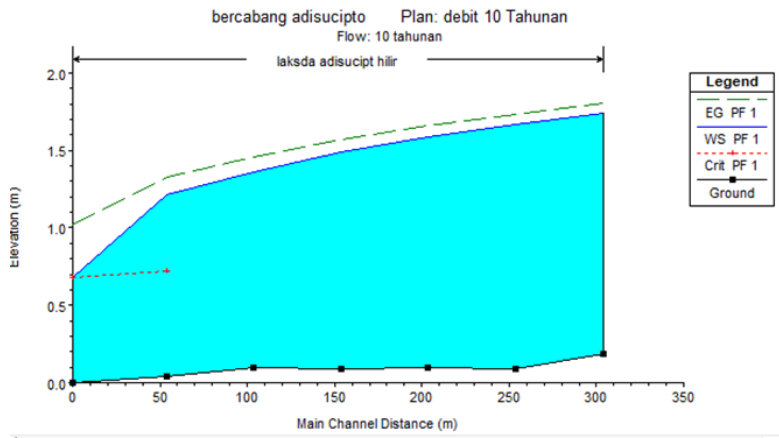
Gambar 6. Muka air tertinggi kala ulang 2 tahun



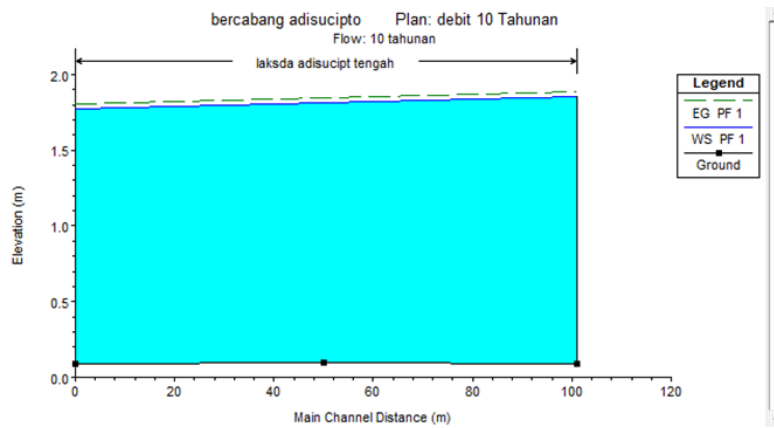
Gambar 5. Muka air tertinggi kala ulang 5 tahun



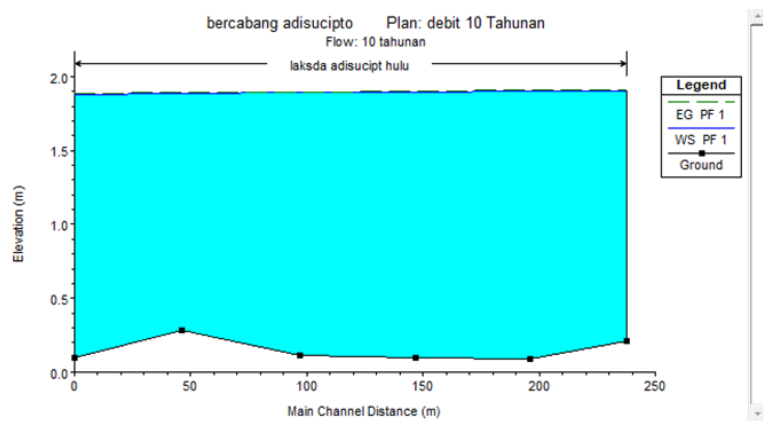
Gambar 7. Muka air tertinggi kala ulang 10 tahun



Gambar 8. Penampang memanjang muka air di hilir saluran dengan kala ulang 10 tahun



Gambar 9. Penampang memanjang muka air di tengah saluran dengan kala ulang 10 tahun



Gambar 10. Penampang memanjang muka air di hulu saluran dengan kala ulang 10 tahun

Dari pemodelan belum diketahui kapasitas saluran tersebut, untuk mengetahui kapasitas saluran drainase dilakukan analisis dengan menggunakan persamaan (15) dan persamaan (16) dengan dibandingkan antara debit kapasitas saluran drainase eksisting dan debit puncak. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan (15) dan persamaan (16)

diperoleh debit maksimum pada kala 10 tahun Jalan Laksda Adisucipto sebesar 2,284 m³/s. Nilai ini dianggap sebagai kapasitas saluran drainase Jalan Laksda Adisucipto.

4. KESIMPULAN

1. Intensitas hujan untuk kala ulang 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun pada DAS Gajahwong kawasan Ambarukmo Plaza berdasarkan kurva IDF adalah 57,828 mm/jam, 74,326 mm/jam, 155,290 mm/jam.
2. Kapasitas saluran drainase eksisting pada Jalan Laksda Adisucipto yang terletak pada kawasan Ambarukmo Plaza adalah 2,284 m³/s.
3. Berdasarkan analisis hidrologi dan hidrolika yang dilakukan menggunakan metode Rasional diketahui bahwa kapasitas saluran dapat menampung debit kala ulang 2, 5 dan 10 tahun.
4. Jika intensitas hujan tinggi dan berlangsung lama maka akan mengakibatkan limpasan permukaan pada jalan.

5. SARAN

1. Untuk *Stake Holder* (Ketua RT dan RW, Kepala Desa, Kepala Dukuh, dll) membuat biopori di daerah tertentu pada tanah agar dapat meningkatkan daya resap air pada tanah dan meninggikan muka air tanah.
2. Jika akan direncanakan pembangunan rumah atau bangunan baru, izin pembangunan akan dikeluarkan jika pada pembangunan tersebut juga disertai sumur resapan.
3. Apabila akan dilakukan penelitian lebih lanjut pada saluran drainase Jalan Laksda Adisucipto yang terletak di kawasan Ambarukmo Plaza dengan maksud untuk memperoleh data yang lebih baik, sebaiknya dipertimbangkan pula pengaruh sedimentasi pada saluran.
4. Apabila saat melakukan analisis memakai beberapa program bersamaan seperti HEC-RAS dan *Microsoft Excel* hendaknya diperhatikan seperti number format untuk simbol desimal karena akan fatal apabila formatnya berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak Ir. Sujendro, M.T dan Ibu Andrea Sumarah Asih, ST, M.Eng yang telah membimbing dan memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mustofa, M.J., 2015, Analisis Hidrologi dan Hidrolika pada Saluran Drainase Ramanju Hilir Kota Bumi menggunakan Program HEC-RAS, *Skripsi*, Universitas Lampung, Lampung
- [2] Yansyah, R.A., 2016, Analisa Hidrologi dan Hidrolika saluran drainase *box culvert* di Jalan Antasari Bandar Lampung menggunakan Program HEC-RAS. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*. Universitas Lampung
- [3] Harto, Sri., 1993, Analisa Hidrologi. Gramedia Pustaka, Jakarta
- [4] Suripin., 2004, Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, Andi Offset, Yogyakarta
- [5] Triatmodjo, Bambang., 2008, Hidrolika Terapan, Beta Offset, Yogyakarta
- [6] Sitepu., 2010, Simulasi Morfologi Dasar Sungai Way Sekampung Menggunakan Software HEC-RAS, *Skripsi*, Universitas Lampung, Lampung