

EVALUASI SISTEM DRAINASE DI WILAYAH KECAMATAN WARU, KABUPATEN SIDOARJO DENGAN SOFTWARE HEC-RAS

Maeza Nurrisma Astika dan Okik Hendrianto Cahyonugroho

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
Email: okikhc@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Penerapan sistem drainase konvensional yang memiliki prinsip mengalirkan air secepat-cepatnya ke badan air tidak efektif dikarenakan mengurangi kesempatan meresapnya air ke dalam tanah. Oleh karena itu diperlukan melakukan evaluasi terhadap dimensi saluran drainase eksisting di beberapa wilayah Kecamatan Waru untuk mengetahui debit air hujan yang dapat ditampung. Dalam penelitian ini dilakukan analisis secara teknis dan program. Analisis secara program menggunakan *software* HEC-RAS 5.0.7 yang dapat mensimulasi tinggi genangan di atas saluran drainase. Hasil dari analisis dan evaluasi, terdapat 23 saluran yang tergenang dari 52 saluran yang dianalisis. Saluran yang tergenang pada bagian hulu dan hilir sebanyak 7 saluran dan saluran yang tergenang hanya pada bagian hilir sebanyak 16 saluran. Penanggulangan banjir di Kecamatan Waru dapat dilakukan dengan normalisasi saluran terhadap genangan air yang besar dan tinggi dengan cara memperbaiki penampang saluran yang tidak dapat menampung debit limpasan.

Kata kunci: Drainase, Curah Hujan, Debit, Kecamatan Waru, HEC-RAS 5.0.7

ABSTRACT

The application of conventional drainage system that have the principle of draining water as quickly as possible to water bodies is not effective because it can be reduces the chance of water absorbing into the ground. Therefore it is necessary to evaluate the dimensions of the existing drainage channels in several areas of Waru District to determine the rainwater debit that can be accommodated. Technical and program analysis was carried out in this research. The programmatic analysis uses the HEC-RAS 5.0.7 software which can be simulate high above the water line. Result of the analysis and evaluation, There are 23 channels flooded from 52 channels analyzed. There are 7 channels that flooded in the upstream and downstream and there are 16 channels that only flooded in the downstream. Countermeasures of flooding in Waru District can be done by normalizing the channel to puddle of large and high water by improving the cross section of channel that cannot accommodate less run off water.

Keywords: Drainage, Rainfall, Debit, Waru District, HEC-RAS 5.0.7

PENDAHULUAN

Banjir masih menjadi persoalan setiap tahun di Kabupaten Sidoarjo. Sejak tahun 1993, Kabupaten Sidoarjo sudah sering dilanda banjir bahkan hingga saat ini. Banjir terparah yang pernah melanda Kabupaten Sidoarjo terjadi pada awal tahun 2019. Beberapa wilayah yang tergenang banjir adalah Kecamatan Jabon, Porong, Gedangan, Sedati, Waru, dan Taman.

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2014) dalam Rahmawati, dkk (2015), sebab utama terjadinya banjir di wilayah Kabupaten Sidoarjo adalah masih mempertahankan sistem drainase dengan konsep drainase konvensional dimana konsep tersebut memiliki prinsip bahwa air hujan yang jatuh pada suatu wilayah harus segera dibuang ke sungai dan selanjutnya dialirkan ke laut. Namun, apabila air hujan dialirkan segera ke sungai tanpa sebelumnya diresapkan ke dalam tanah, secara terus-menerus akan berakibat pada sungai dimana sungai akan menerima beban melampaui kapasitasnya sehingga menyebabkan sungai meluap dan mengakibatkan terjadinya banjir.

Permasalahan yang terjadi di wilayah Kabupaten Sidoarjo adalah sistem drainase yang diterapkan masih mempertahankan konsep drainase konvensional. Sehingga, perlu dilakukannya evaluasi terhadap sistem drainase di wilayah Kabupaten Sidoarjo. Evaluasi sistem drainase di wilayah Kabupaten Sidoarjo sangat diperlukan guna meminimalisir terjadinya banjir di wilayah tersebut.

Evaluasi sistem drainase merupakan suatu usaha untuk mengukur capaian hasil perencanaan sistem drainase dalam mengalirkan air hujan atau air buangan dari hulu menuju hilir. Faktor pendukung evaluasi sistem drainase meliputi tata guna lahan, topografi jalan, dimensi saluran, kontur wilayah, kemiringan saluran, arah aliran, dan bangunan badan air lainnya dimana evaluasi tersebut nantinya akan digunakan sebagai umpan balik untuk perencanaan sistem drainase yang akan datang.

Pada penelitian ini, evaluasi sistem drainase dilakukan dengan mengkombinasikan program HEC-RAS 5.0.7 dimana HEC-RAS merupakan pemodelan untuk menganalisis profil muka air saluran. HEC-RAS merupakan satuan kerja di bawah *US Army Corps of Engineers* (USACE) (Istianto, 2011). Menurut Istianto (2014), HEC-RAS adalah program aplikasi untuk memodelkan aliran pada sungai dimana HEC-RAS merupakan suatu model satu dimensi aliran permanen maupun tidak permanen (*steady and unsteady one-dimensional flow model*).

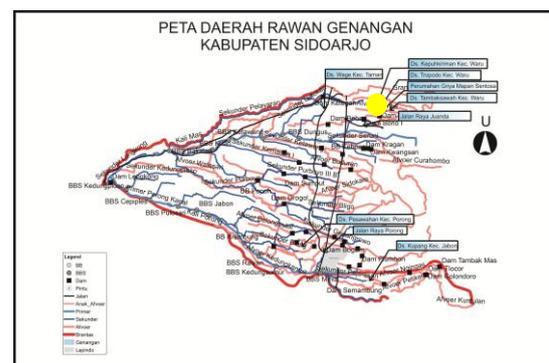
Program HEC-RAS menitik beratkan pada analisis hidrolika pada sebuah sungai. Perhitungan hidrolika aliran digunakan untuk mencari kecepatan serta kedalaman aliran di sepanjang alur yang ditimbulkan oleh debit yang masuk dan kedalaman aliran di hilir. Program HEC-RAS memiliki 4 komponen analisa hidrolika, yaitu:

1. Perhitungan profil muka air aliran permanen
2. Simulasi aliran tidak permanen
3. Perhitungan transport sedimen
4. Perhitungan kualitas air

METODE PENELITIAN

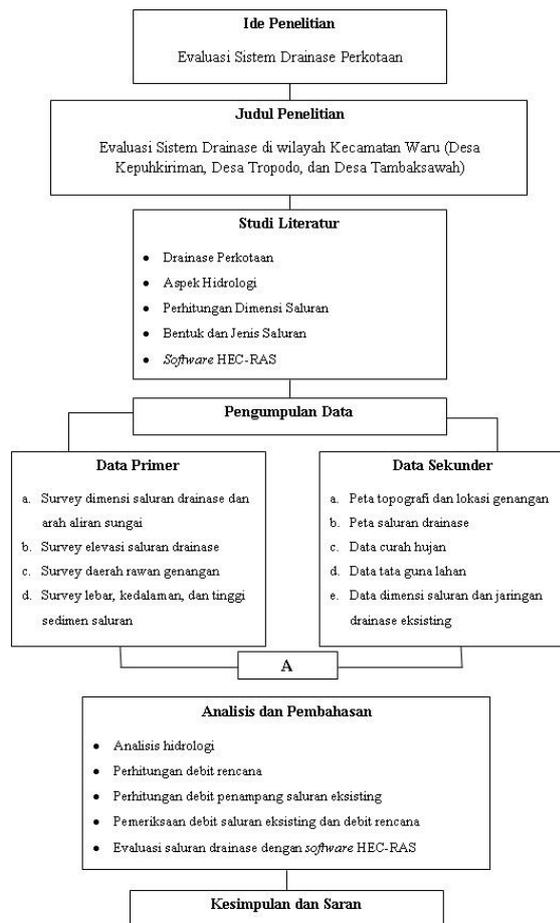
1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada sistem drainase di beberapa wilayah di Kecamatan Waru, Kabupaten Sidoarjo, yaitu Desa Kepuhkiriman, Desa Tropodo, dan Desa Tambaksawah.



Gambar-1: Wilayah Studi Penelitian Kecamatan Waru, Kabupaten Sidoarjo (Sumber: Dinas PU Bina Marga dan Sumber Daya Air Kabupaten Sidoarjo)

2. Kerangka Penelitian



Gambar-2: Kerangka Penelitian

3. Prosedur Kerja Studi Literatur

Studi literatur diperlukan sebagai acuan dalam mengevaluasi sistem drainase di wilayah Kecamatan Waru. Pada studi literature ini mengacu pada buku-buku pustaka, jurnal-jurnal penelitian, dan pustaka lainnya yang berhubungan dengan perencanaan sistem drainase.

Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, dibutuhkan dua data antara lain:

1) Data Primer

Data yang diperoleh dengan cara meninjau ataupun survey secara langsung di lapangan.

- Survey dimensi saluran drainase
- Survey arah aliran
- Survey ke daerah rawan genangan
- Survey dimensi sedimen saluran drainase

2) Data Sekunder

Data yang diperlukan dari kajian pustaka dan dari informasi pada instansi maupun lembaga yang terkait dengan penelitian.

- Data curah hujan
- Peta topografi dan lokasi genangan
- Peta tata guna lahan
- Peta saluran drainase
- Data dimensi saluran drainase

Analisis dan Pembahasan

Analisis dalam penelitian ini dilakukan melalui tiga tahap, yaitu:

- Analisis hidrologi untuk mengetahui debit saluran drainase
- Analisis hidrolika untuk menghitung dimensi saluran drainase
- Evaluasi saluran drainase eksisting

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Saluran Drainase Eksisting

Kondisi beberapa saluran drainase eksisting di wilayah Kecamatan Waru kurang baik, Hal tersebut diakibatkan oleh beberapa penyebab, yaitu tumbuhnya rumput disekitar saluran, banyaknya sampah yang dibuang ke dalam saluran sehingga menyebabkan adanya endapan sedimen yang mengakibatkan pendangkalan, tertutup oleh bangunan, salah satu sisi saluran digunakan sebagai pondasi bangunan, dan lain sebagainya.

Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dilakukan untuk mengetahui debit akibat terjadinya hujan dan diperlukan untuk mengevaluasi penyebab genangan di beberapa wilayah pelayanan drainase Kecamatan Waru. Tahap-tahap untuk menentukan debit hujan adalah sebagai berikut.

1. Curah Hujan Maksimum

Dalam menganalisis curah hujan, diperlukan data curah hujan dalam jangka waktu tertentu dan apabila semakin banyak data yang digunakan, maka semakin kecil kesalahan dalam menganalisis (Haryoko, 2013).

Data curah hujan maksimum stasiun hujan Ketegan dengan periode 10 tahun dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel-1: Data Curah Hujan Maksimum Stasiun Hujan Ketegan

No.	Tahun	Curah Hujan (mm/hari)
1.	2008	70
2.	2009	80
3.	2010	141
4.	2011	125
5.	2012	121
6.	2013	70
7.	2014	125
8.	2015	99
9.	2016	165
10.	2018	100
Total		1096

2. Penentuan Curah Hujan Harian Maksimum

Dalam menentukan curah hujan harian maksimum, penelitian ini menggunakan dua metode analisis, yaitu metode *Gumbel* dan metode *Log Pearson III* dan dilakukan pada periode ulang hujan (PUH) 2, 5, 10, dan 25 tahun.

Metode Gumbel

Tabel-2: Curah Hujan Harian Maksimum dengan Metode Gumbel

Periode Ulang Hujan (Tahun)	Curah Hujan (mm)
2	105,21
5	142,70
10	167,52
25	198,88

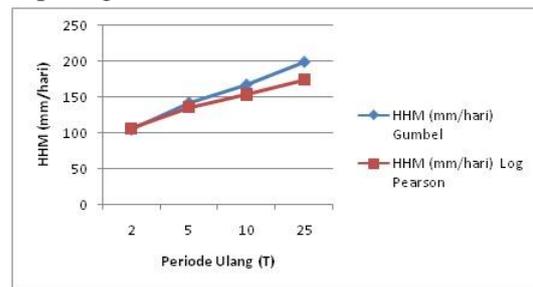
Metode Log Pearson III

Tabel-3: Curah Hujan Harian Maksimum dengan Metode Log Pearson III

Periode Ulang Hujan (Tahun)	Curah Hujan (mm)
2	105,21
5	142,70
10	167,52
25	198,88

Hasil perhitungan curah hujan dengan metode Gumbel lebih besar dibandingkan dengan metode Log Pearson III. Perbandingan nilai hasil perhitungan tersebut semakin besar ke arah periode ulang yang lebih besar. Grafik perbandingan nilai curah hujan maksimum

dengan kedua metode tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar-3: Grafik Perbandingan Nilai Curah Hujan Harian Maksimum Metode Gumbel dan Log Pearson III

Untuk perhitungan selanjutnya digunakan hasil perhitungan curah hujan maksimum metode *Gumbel* dikarenakan hasil perhitungan metode *Gumbel* lebih besar dibandingkan dengan metode *Log Pearson III*.

3. Analisis Intensitas Hujan

Dalam perhitungan besaran intensitas hujan, digunakan metode Hasper Weduwen. Contoh untuk perhitungan intensitas curah hujan dengan PUH 2 tahun dalam durasi 5 menit dengan curah hujan sebesar 105,21 mm, yaitu

$$R = \left(\sqrt{\frac{11.300 \times t}{t+3,12}} \right) \times \left(\frac{R_i}{100} \right)$$

$$R = \left(\sqrt{\frac{11.300 \times 0,0833}{(0,0833+3,12)}} \right) \times \left(\frac{80,81}{100} \right) = 13,86$$

$$I = \frac{R}{t} = \frac{13,86}{0,0833} = 166,27 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan intensitas hujan untuk durasi dan kedalaman hujan yang lainnya menggunakan perhitungan yang sama. Hasil hitungan dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel-4: Intensitas Curah Hujan Metode Hasper Weduwen

Durasi	Intensitas Hujan (mm/jam) untuk PUH (tahun)			
	2	5	10	25
5	166.27	225.52	264.74	314.30
10	129.59	175.77	206.34	244.97
20	97.04	131.62	154.51	183.43
40	69.03	93.63	109.91	130.39
60	27.15	36.82	43.22	51.31
120	15.45	20.95	24.59	29.20

Tabel-4: Intensitas Hujan Metode Hasper Weduwen

Durasi	Intensitas Hujan (mm/jam) untuk PUH (tahun)			
	2	5	10	25
240	7.85	10.65	12.51	14.85

4. Pemilihan Rumus Lengkung Intensitas

Dalam perhitungan untuk memilih rumus lengkung intensitas curah hujan menggunakan tiga metode, yaitu metode *Talbot*, metode *Sherman*, dan metode *Ishiguro*. Perhitungan lengkung intensitas hujan digunakan PUH selama 5 tahun. Hasil perhitungan lengkung intensitas ketiga metode dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel-5: Intensitas Curah Hujan PUH 5

t menit	I mm/jam	I _{Talbot}	I _{Sherman}	I _{Ishiguro}
5	225.52	278.53	314.16	503.50
10	175.77	188.18	177.83	172.57
20	131.62	114.14	100.67	89.44
40	93.63	63.87	56.98	53.20
60	36.82	44.34	40.85	40.58
120	20.95	23.13	23.12	26.43
240	10.65	11.82	13.09	17.70

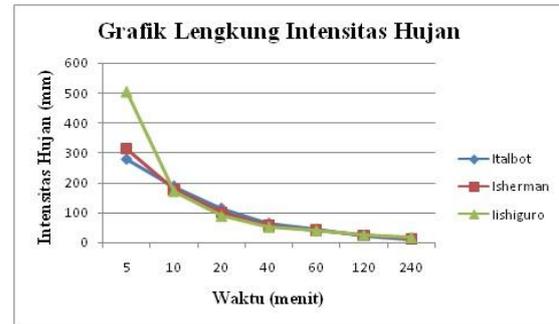
Tabel-6: Perbandingan Kesesuaian Rumus Intensitas Curah Hujan PUH 5

t menit	I mm/jam	I - I _{Talbot}	I - I _{Sherman}	I - I _{Ishiguro}
5	225.52	-53.01	-88.64	-277.98
10	175.77	-12.41	-2.06	3.20
20	131.62	17.48	30.95	42.18
40	93.63	29.76	36.65	40.43
60	36.82	-7.52	-4.03	-3.76
120	20.95	-2.18	-2.17	-5.48
240	10.65	-1.17	-2.44	-7.05
Total		-29.05	-31.74	-208.45

Metode dengan nilai lengkung intensitas paling besar digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Selisih intensitas hujan (ΔI) terkecil dari ketiga metode adalah ΔI *Talbot* sebesar -29,05 mm/jam.

Intensitas hujan dengan metode *Talbot* memiliki lengkung intensitas paling kecil. Sehingga hasil perhitungan dari metode *Talbot* digunakan untuk perhitungan selanjutnya dengan rumus sebagai berikut.

$$I = \frac{48,43}{t+0,09}$$



Gambar-4: Lengkung Intensitas Hujan PUH 5 Tahun

Analisis Hidrolika

1. Penentuan Debit Limpasan Saluran

Contoh perhitungan untuk debit limpasan pada saluran Kepuhkiriman 1 adalah sebagai berikut.

1) Perhitungan penampang saluran

- Lebar dasar saluran (b) = 0,60 m
- Panjang saluran eksisting (Ld) = 352,26 m
- Tinggi saluran (y) = 0,50 m
- n *Manning* = 0,025
- Beda tinggi dasar saluran (ΔH) = 1,069 m
- Slope saluran (Sd) = 0,00303

Perhitungan :

$$A = b \times y = 0,60 \times 0,50 = 0,3 \text{ m}^2$$

$$P = (b + 2y) = (0,60 + 2 \times 0,50) = 1,6 \text{ m}$$

$$R = A/P = 0,3/1,6 = 0,188 \text{ m}$$

$$V \text{ sal.} = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$= \frac{1}{0,025} \times 0,188^{\frac{2}{3}} \times 0,00303^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0,72 \text{ m/s}$$

2) Perhitungan debit limpasan

- Panjang limpasan terjauh (Lo) = 189,98 m
- Slope limpasan (So) = $1,07/189,98 \times 100 = 0,563$

- Beda tinggi muka tanah antara limpasan terjauh dengan saluran (Ho) = 1,07 m
- n = 0,025
- Panjang saluran (Ld) = 352,26 m
- Vsaluran = 0,72 m/s
- Luas (A) = 4,52 ha
- Cr = 0,540

Perhitungan :

Waktu pengaliran:

$$t_o = \frac{108.n.Lo^{\frac{1}{3}}}{So^{\frac{1}{3}}} = \frac{108.0,025.(189,98)^{\frac{1}{3}}}{0,563^{\frac{1}{3}}} = 17,41 \text{ menit}$$

$$t_d = \frac{Ld}{V_{saluran}} = \frac{352,26}{0,72 \times 60} = 8,13 \text{ menit}$$

Waktu konsentrasi:

$$t_c = t_o + t_d = 17,41 + 8,13 = 25,55 \text{ menit}$$

Intensitas curah hujan 5 tahun:

$$I = \frac{48,43}{t+0,09} = \frac{48,43}{8,13+0,09} = 5,89 \text{ mm/jam}$$

Debit rencana:

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A$$

$$= 0,00278 \times 0,540 \times 5,89 \times 4,52$$

$$= 0,04 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabel-7: Debit Rencana Tiap Saluran

Saluran	V (m/s)	I (mm/jam)	Q (m ³ / det)
Sal. Kepuhkiriman 1	0.72	5.89	0.04
Sal. Kepuhkiriman 2	1.32	18.18	0.15
Sal. Anak Afvour Buntung 2	0.35	0.48	0.24
Sal. Kepuhkiriman 10	0.15	3.54	0.004
Sal. Kepuhkiriman 11	0.15	2.57	0.03
Sal. Reformasi A (R1)	1.26	8.41	0.08
Sal. Kepuhkiriman 12	0.17	2.93	0.04
Sal. Reformasi A (R2)	0.72	5.73	0.23
Sal. Kepuhkiriman 13	1.49	11.79	0.09
Sal. Reformasi A (R3)	1.41	11.03	1.37
Sal. Tambakrejo 6	0.44	3.59	0.05
Sal. Tambakrejo 7	0.84	16.45	0.08
Sal. Tambakrejo 8	1.20	19.86	0.17
Sal. Ngingas 1	0.69	1.67	0.02
Sal. Ngingas 2	0.68	1.66	0.04
Sal. Ngingas A (R1)	0.85	9.70	0.07
Sal. Ngingas 3	1.10	2.67	0.08
Sal. Ngingas A (R2)	1.09	4.84	0.58
Sal. Tropodo 1	0.25	1.06	0.14
Sal. Tropodo 2	0.26	1.78	0.06
Sal. Ngingas C (R1)	2.42	32.29	0.27
Sal. Ngingas 9	1.09	2.10	0.23

Sal. Ngingas C (R2)	0.42	2.16	0.56
Sal. Tropodo 9	1.36	8.91	0.10

Tabel-7: Debit Rencana Tiap Saluran (lanjutan)

Saluran	V (m/s)	I (mm/jam)	Q (m ³ / det)
Sal. Tropodo 8	1.33	20.27	0.20
Sal. Kepuhkiriman 4	1.28	29.33	0.19
Sal. Kepuhkiriman 5	0.48	11.25	0.09
Sal. Kepuhkiriman 9 (R1)	0.33	32.58	0.32
Sal. Kepuhkiriman 6	1.27	29.22	0.15
Sal. Kepuhkiriman 7	0.49	11.76	0.05
Sal. Kepuhkiriman 9 (R2)	0.28	1.56	0.21
Sal. Kepuhkiriman 8	1.41	36.98	0.26
Sal. Kepuhkiriman 9 (R3)	0.90	5.60	0.49
Sal. Tropodo 3	0.58	2.87	0.12
Sal. Tropodo 4	1.10	14.27	0.33
Sal. Tropodo 7	1.03	44.48	0.47
Sal. Tropodo 5	2.02	57.18	0.38
Sal. Tropodo 6	1.42	24.93	0.10
Sal. Semampir 4	0.86	18.75	0.32
Sal. Semampir 5	0.84	4.67	0.20
Sal. Semampir 6	0.31	1.38	0.60
Sal. Semampir 7	0.35	4.04	0.01
Sal. Semampir 1	0.45	4.90	0.06
Sal. Semampir 2	0.75	2.27	0.13
Sal. Semampir 3	1.54	8.51	0.22
Sal. Semampir 8	0.91	5.03	0.02
Sal. Semampir 9	0.94	4.73	0.02
Sal. Semampir 10	0.82	4.40	0.03
Sal. Semampir 11	0.59	4.28	0.04
Sal. Semampir 12	0.65	3.19	0.01
Sal. Semampir 13	0.73	3.45	0.03
Sal. Semampir 14	0.43	1.96	0.01

Data hasil perhitungan debit tiap saluran kemudian di analisis menggunakan *software* HEC-RAS 5.0.7.

Evaluasi Sistem Drainase dengan *Software* HEC-RAS

Analisis yang dilakukan terhadap saluran pada tiap sistem dengan *software* HEC-RAS dimaksudkan untuk mengetahui debit saluran sesuai dengan dimensi saluran yang ada. Data yang diperlukan untuk analisis menggunakan *software* HEC-RAS adalah data dimensi saluran drainase eksisting tiap sistem dan data elevasi saluran tiap sistem. Hasil analisis saluran eksisting dengan *software* HEC-RAS dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel-8: Hasil Analisis Saluran Eksisting dengan Software HEC-RAS

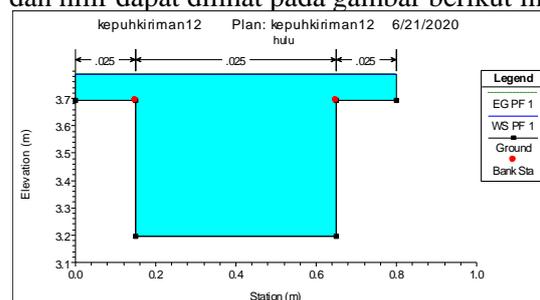
Saluran	Data Analisis HEC-RAS		Tinggi Genangan	
	Elevasi Muka Air		Hulu	Hilir
	Hulu	Hilir		
Kepuhkiriman 1	5.23	4.32	0.139	0.298
Kepuhkiriman 2	5.90	4.32	0.244	0.298
Anak Afvour Buntung 2	4.60	4.20	0.578	0.601
Kepuhkiriman 10	5.69	5.69	0.481	0.499
Kepuhkiriman 11	5.72	5.69	0.503	0.499
Reformasi A (R1)	5.35	3.86	0.159	0.700
Kepuhkiriman 12	3.79	3.76	0.596	0.600
Reformasi A (R2)	3.67	3.20	0.510	0.603
Kepuhkiriman 13	5.13	3.10	0.156	0.503
Reformasi A (R3)	3.17	1.99	0.573	0.278
Tambakrejo 6	3.03	2.58	0.270	0.303
Tambakrejo 7	2.97	2.58	0.223	0.303
Tambakrejo 8	2.55	2.32	0.273	0.607
Ngingas 1	4.51	3.45	0.097	0.297
Ngingas 2	4.36	3.37	0.108	0.300
Ngingas A (R1)	3.30	3.01	0.147	0.071
Ngingas 3	4.82	3.02	0.164	0.081
Ngingas A (R2)	3.09	1.78	0.151	0.083
Tropodo 1	3.61	3.48	0.519	0.500
Tropodo 2	3.51	3.48	0.434	0.500
Ngingas C (R1)	3.11	2.29	0.130	0.504
Ngingas 9	4.83	2.29	0.241	0.504
Ngingas C (R2)	2.24	2.20	0.454	0.503
Tropodo 9	5.24	3.18	0.150	0.496
Tropodo 8	4.61	2.64	0.283	0.222
Kepuhkiriman 4	4.21	3.08	0.286	0.299
Kepuhkiriman 5	3.28	3.08	0.337	0.299
Kepuhkiriman 9 (R1)	3.32	3.27	0.539	0.498
Kepuhkiriman 6	4.15	3.27	0.245	0.498
Kepuhkiriman 7	3.30	3.27	0.364	0.498
Kepuhkiriman 9 (R2)	3.38	3.04	0.608	0.395
Kepuhkiriman 8	4.22	3.18	0.345	0.496
Kepuhkiriman 9 (R3)	3.17	2.17	0.525	0.498
Tropodo 3	2.37	2.28	0.258	0.698
Tropodo 4	3.52	2.28	0.520	0.698
Tropodo 7	2.00	1.90	0.418	0.496
Tropodo 5	4.94	4.08	0.294	0.999
Tropodo 6	2.98	2.73	0.120	1.201
Semampir 4	0.63	-0.37	0.610	0.605

Tabel-8: Hasil Analisis Saluran Eksisting dengan Software HEC-RAS (lanjutan)

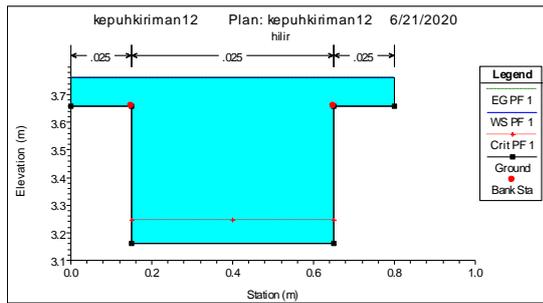
Saluran	Data Analisis HEC-RAS		Tinggi Genangan	
	Elevasi Muka Air		Hulu	Hilir
	Hulu	Hilir		
Semampir 5	0.45	-0.38	0.428	0.599
Semampir 6	0.07	-0.52	1.049	0.698
Semampir 7	1.02	1.01	0.621	0.877
Semampir 1	2.94	2.93	0.788	0.916
Semampir 2	3.01	2.71	0.194	0.696
Semampir 3	2.15	1.86	0.136	0.696
Semampir 8	2.72	0.48	0.065	0.597
Semampir 9	1.92	-0.55	0.089	0.403
Semampir 10	1.73	0.77	0.103	0.703
Semampir 11	1.93	1.56	0.164	1.004
Semampir 12	2.07	1.10	0.055	0.599
Semampir 13	2.23	0.94	0.111	0.698
Semampir 14	1.92	1.73	0.081	0.598

Saluran yang dianalisis dalam penelitian ini sebanyak 52 saluran, dimana terdapat 23 saluran yang meluap. Saluran yang tergenang pada bagian hulu dan hilir sebanyak 7 saluran dan saluran yang tergenang hanya pada bagian hilir sebanyak 16 saluran. Dari hasil analisis, rata-rata saluran yang tergenang adalah saluran tersier.

Contoh dimensi saluran drainase eksisting yang tergenang pada bagian hulu dan hilir dapat dilihat pada gambar berikut ini.

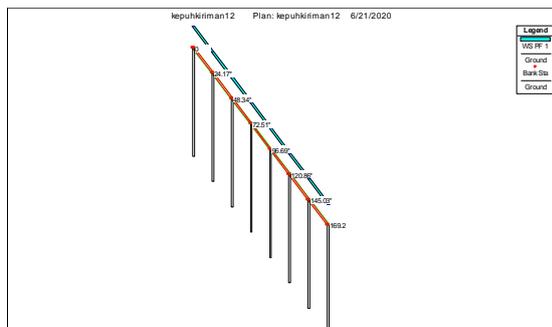


Gambar-5: Profil Penampang Saluran Kepuhkiriman 12 bagian Hulu



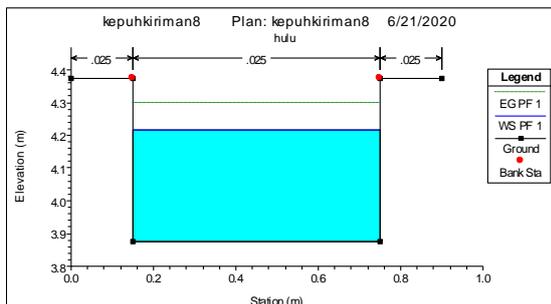
Gambar-6: Profil Penampang Saluran Kepuhkiriman 12 bagian Hilir

Dari gambar di atas, dapat diketahui bahwa saluran Kepuhkiriman 12 dengan debit sebesar $0,04 \text{ m}^3/\text{detik}$ tergenang pada bagian hulu dengan tinggi genangan $0,596 \text{ m}$ di atas permukaan saluran dan bagian hilir dengan tinggi genangan $0,600 \text{ m}$ di atas permukaan saluran.

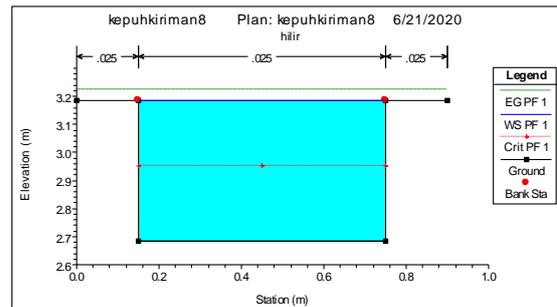


Gambar-7: Profil Penampang Hidrolis Saluran Kepuhkiriman 12

Contoh dimensi saluran drainase eksisting yang tergenang hanya pada bagian hilir dapat dilihat pada gambar berikut ini.

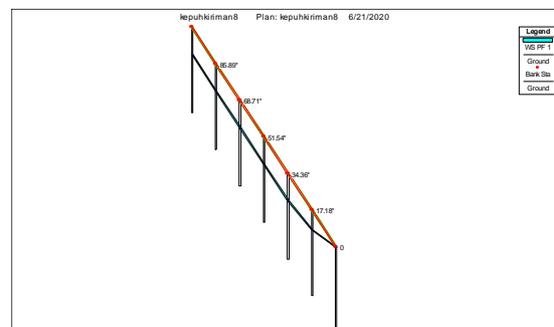


Gambar-8: Profil Penampang Saluran Kepuhkiriman 8 bagian Hulu



Gambar-9: Profil Penampang Saluran Kepuhkiriman 8 bagian Hilir

Dari gambar di atas, dapat diketahui bahwa saluran Kepuhkiriman 8 dengan debit sebesar $0,26 \text{ m}^3/\text{detik}$ tergenang hanya pada bagian hilir dengan tinggi genangan $0,496 \text{ m}$ di atas permukaan saluran.



Gambar-10: Profil Penampang Hidrolis Saluran Kepuhkiriman 12

Analisis Sistem dan Identifikasi Masalah

Permasalahan banjir yang terjadi pada sistem drainase Anak Afvour Buntung 2 seluas $15,58 \text{ Ha}$, dimana banjir yang terjadi di Desa Kepuhkiriman seluas $14,26 \text{ Ha}$ dan di Desa Tambakrejo seluas $1,32 \text{ Ha}$ dengan rata-rata genangan lebih dari 8 jam dan dengan tinggi genangan $0,20 \text{ meter}$ sampai lebih dari $0,30 \text{ meter}$ (BAPPEDA, 2019).

Untuk wilayah pada sistem 2, hanya beberapa wilayah yang terjadi banjir. Wilayah tersebut berada di Jl. Anjasmoro, Jl. Bromo, dan Jl. Melati, Desa Tropodo. Di Jl. Anjasmoro dan Jl. Bromo terjadi banjir dikarenakan wilayah tersebut berada di sekitar titik bertemunya dua saluran, yaitu saluran Kepuhkiriman 10 dan saluran Kepuhkiriman 11. Selain itu, saluran di wilayah tersebut rata-rata tertutup oleh bangunan yang ada di atasnya sehingga menghambat pengaliran air hujan ke saluran. Sedangkan, saluran Kepuhkiriman 12 yang berada di Jl. Melati,

Desa Tropodo terjadi banjir dikarenakan dimensi saluran yang kurang memadai sehingga tidak dapat menampung air yang berlebih ketika curah hujan tinggi.

Wilayah sistem 3 akan cenderung selalu tergenang atau terjadi banjir jika curah hujan tinggi dan debit sungai meningkat dikarenakan wilayah tersebut memiliki ketinggian relatif rendah dibandingkan dengan wilayah yang lainnya. Sistem berada di wilayah Desa Tropodo dan Desa Semampir. Wilayah tersebut cenderung menjadi wilayah yang pertama kali banjir setelah itu baru wilayah sistem 1 dan sistem 2 secara berurutan.

Perubahan tata guna lahan Kecamatan Waru sangat mempengaruhi terjadinya banjir. Lahan eksisting di wilayah sistem 3 saat ini sudah banyak dibangun untuk pemukiman, kawasan perdagangan, dan zona industri. Wilayah-wilayah pada sistem 1 dan 2 juga memiliki kepadatan yang tinggi berupa pemukiman, fasilitas umum, dan pusat perdagangan.

Secara umum, penyebab terjadinya banjir di Kecamatan Waru adalah:

- Perubahan tata guna lahan pada daerah tangkapan yang mengakibatkan koefisien limpasan semakin besar
- Sedikitnya ruang terbuka hijau yang mengakibatkan tidak adanya daerah resapan air
- Kapasitas saluran berkurang akibat sampah dibuang ke saluran menyebabkan adanya endapan sedimen yang mengakibatkan pendangkalan
- Masih terdapat saluran yang belum di plengseng sehingga banyak ditumbuhi rumput dan tanaman liar.

Alternatif Penanggulangan Banjir

Banjir atau genangan di Kecamatan Waru disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu:

- Berkurangnya ruang terbuka hijau akibat perubahan tata guna lahan sehingga air limpasan yang mengalir ke dalam saluran lebih besar.
- Pemeliharaan saluran yang kurang memadai sehingga masih banyak saluran yang tersumbat oleh sampah yang menimbulkan adanya endapan sedimen yang menghambat laju aliran

- Dari hasil analisis dengan *software* HEC-RAS, dapat diketahui bahwa ukuran beberapa kapasitas saluran eksisting kurang bahkan tidak memadai untuk menerima dan mengalirkan debit limpasan dengan PUH 5 tahun.

Banjir atau genangan di Kecamatan Waru dapat diatasi dengan beberapa cara penanggulangan banjir sebagai berikut.

- Pemeliharaan dan operasi dilakukan secara rutin setidaknya 6 bulan sekali untuk menjaga agar kapasitas saluran tetap maksimal dan genangan yang terjadi dapat ditekan.
- Normalisasi dan pelebaran dimensi saluran agar kapasitas saluran lebih memadai.
- Memperbanyak ruang terbuka hijau.
- Memperbanyak kolam-kolam penampungan di sekitar Kecamatan Waru.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan serta analisis hitungan secara teknis dan program dengan data yang ada, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Normalisasi saluran drainase terhadap genangan yang tinggi merupakan salah satu upaya untuk menaggulangi banjir dengan memperbaiki beberapa penampang saluran yang meluap sehingga nantinya tidak lagi terjadi banjir.
2. Curah hujan yang tinggi dengan intensitas hujan sebesar 142,70 mm/hari merupakan penyebab meluapnya air hujan di beberapa wilayah di Kecamatan Waru.
3. Kapasitas beberapa saluran drainase yang ada tidak dapat menampung debit banjir dengan periode ulang selama 5 tahun. Hal ini dapat dilihat dari genangan yang terjadi ketika banjir setinggi lebih dari 50 cm.
4. Didapatkan 23 saluran yang meluap dari 52 saluran yang dianalisis.
5. Saluran yang tergenang pada bagian hulu dan hilir sebanyak 7 saluran dan saluran yang tergenang hanya pada bagian hilir sebanyak 16 saluran.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, & Cepi. (2008). *Evaluasi Program Pendidikan*. Jakarta: PT Bumi Askara.
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Sidoarjo (2019). *Penyusunan Master Plan Pengendalian Banjir Wilayah Utara Kabupaten Sidoarjo*. BAPPEDA, Sidoarjo.
- Brunner, G. W. (2010). *HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual*. Davis, California: US Army Corps of Engineers.
- Chow, V. T. (1992). *Hidrolika Saluran Terbuka*. Jakarta: Erlangga.
- Chow, V. T. (1997). *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*. Bandung: Erlangga.
- Dierktorat Jenderal Cipta Karya. (2012). *Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan*. Jakarta: Penerbit Cipta Karya.
- Haryoko, L. O. (2013). *Evaluasi dan Rencana Pengembangan Sistem Drainase di Kecamatan Tanjung Karang Pusat, Bandar Lampung*.
- Hasmar, H. (2011). *Drainase Terapan*. Yogyakarta: UII Press.
- Indarto. (2010). *Hidrologi*. Jember: Bumi Askara.
- Istiarito. (2014). *Modul Pelatihan Pemakaian HEC-RAS, Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan Bantuan Model Hidrodinamika HEC-RAS*. Yogyakarta: MTPBA FT UGM.
- Karmilawati, I. Y. (2009). *Evaluasi Sistem Drainase Kota Sampang dengan Software HEC-RAS*.
- Langbein, W. B., Hains, C. H., & Culler, R. C. (1951). *Hydrology of Stock-Water Reservoirs in Arizona*. U.S. Geological Survey Circular, 110, 18 p.
- Mardiansyah, Y., & A. P. Mulia Tarigan (2012). *Evaluasi Sistem Drainase Kampus Universitas Sumatera Utara*.
- Maryono, A. (2005). *Menangani Banjir, Kekeringan, dan Lingkungan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Masduki, H. S. (1990). *Drainase Permukiman*. Bandung: Institut Teknologi Bandung Press.
- Masduki, H. S., & Moduto, M. (1997). *Drainase Permukiman*. Bandung: Institut Teknologi Bandung Press.
- Muliawati, D. N., & Mardiyanto, A. (2015). *Perencanaan Perenapan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan (Eko-drainase) Menggunakan Sumur Resapan di Kawasan Rungkut*. Jurnal Teknik ITS, Vol. 4.
- Pandebesie, E. S. (2002). *Pengelolaan Sistem Drainase dan Penyaluran Air Limbah*. Bandung: Pusat Pendidikan Keahlian Teknik Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- Rahmawati, A., Damayanti, A., & Soedjono, E. S. (2015). *Evaluasi Sistem Drainase Terhadap Penanggulangan Genangan di Kota Sidoarjo*. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasaran Wilayah (ATPW). Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Publishing.
- Suroso. (2006). *Analisis Curah Hujan untuk Membuat Kurva Intensity Duration Frequency (IDF) di Kawasan Rawan Banjir Kabupaten Banyumas*. Jurnal Teknik Sipil.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.