

## STUDI EVALUASI DIMENSI SALURAN DRAINASE TERHADAP PERMASALAHAN GENANGAN DI KECAMATAN PONOROGO KABUPATEN PONOROGO JAWA TIMUR

**M. Faizal Rizki Romadhon**

Program Studi S1-Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

faizalriizkii@gmail.com

**Danayanti Azmi Dewi Nusantara, S.T., M.T.**

Dosen S1-Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

danayantinusantara@unesa.ac.id

### Abstrak

Wilayah Kecamatan Ponorogo adalah salah satu daerah yang memiliki genangan tinggi setiap tahun di Kota Ponorogo. Daerah tersebut memiliki genangan sementara seluas 402.43 ha dengan kedalaman mulai dari 0.30-0.50 m dengan durasi sepanjang 4-8 jam. Permasalahannya adalah bahwa saluran drainase sekunder dan tersier tidak dapat mengakomodasi debit rencana, yang terletak di daerah aliran sungai Sekayu. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah genangan dengan menghitung dimensi saluran drainase yang ada. Saluran yang akan diselidiki adalah saluran di sepanjang jalan Letjen Suprpto, Raden Saleh, Bhayangkara, dan Billiton. Debit rencana dihitung dengan analisis curah hujan rencana menggunakan metode distribusi frekuensi *Pearson Type III* dengan periode ulang 2 tahun untuk saluran drainase tersier dan periode ulang 5 tahun untuk saluran drainase sekunder. Hasilnya diperoleh nilai curah hujan rata-rata selama 20 tahun dari tiga stasiun hujan Sumoroto, Bangunsari dan Babadan yang terjadi di DAS Sekayu sebesar 95.43 mm. Sedangkan nilai debit rencana untuk periode ulang 2 tahun adalah 85.573 mm dan periode ulang 5 tahun adalah 110.323 mm. Dari hasil perhitungan, disimpulkan semua saluran eksisting kecuali saluran biliton meluap ketika debit rencana periode ulang 2 tahun dan 5 tahun. Solusi untuk mengatasi genangan tersebut dilakukan perencanaan ulang terhadap dimensi saluran sehingga kapasitas saluran baru dapat mengakomodasi debit rencana.

**Kata Kunci:** genangan, drainase, saluran.

### Abstract

*The Ponorogo Subdistrict area is one of the areas that have a high inundation every year in Ponorogo City. The area has a temporary inundation area of 402.43 ha with the depth ranging from 0.30-0.50 m with duration along 4-8 hours. The problem is that the secondary and tertiary drainage channels cannot accommodate the design discharge, located in the Sekayu watershed area. This study aims to overcome the problem of inundation by calculating the dimensions of the existing drainage channels. The channels to be investigated are channels on along the way of Letjen Suprpto, Raden Saleh, Bhayangkara, and Billiton. The design discharge is calculating by a design rainfall analysis using the Pearson Type III frequency distribution method with a return period of 2 years for tertiary drainage channels and a return period of 5 years for secondary drainage channels. The results obtained an average rainfall value for 20 years from the three Sumoroto, Bangunsari, and Babadan rain stations that occurred in the Sekayu watershed amounted to 95.43 mm. Whereas the design discharge value for the 2-year return period was 85,573 mm, and the 5-year return period was 110,323 mm. The solution to overcome the inundation is a re-planning of the channel dimensions so that the new channel's capacity can accommodate the design discharge.*

**Keywords:** inundation, drainage, channels.

### PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang begitu pesat merupakan sebuah masalah utama yang selalu dihadapi oleh negara berkembang, khususnya Indonesia. Dengan penambahan penduduk maka kebutuhan lahan untuk permukiman akan meningkat yang menyebabkan perubahan fungsi lahan yang

semula sebagai daerah resapan berubah menjadi kawasan yang tertutup perkerasan dan kedap air yang dapat meningkatkan limpasan air permukaan dan menyebabkan genangan saat musim penghujan tiba (Maknun dkk, 2016). Peningkatan penduduk yang tidak diimbangi dengan adanya penyediaan prasarana perkotaan yang baik akan mengakibatkan penggunaan lahan yang tidak tertib, sehingga akan

menyebabkan permasalahan drainase menjadi sangat kompleks (Haryoko, 2013).

Drainase merupakan sebuah sistem saluran pembuangan yang memiliki fungsi untuk mengalirkan limpasan air hujan, buangan air kotor dari permukiman, pabrik, limbah cair industri, mencegah genangan air, dll. Jika terjadi genangan di suatu daerah ataupun ruas jalan maka kondisi dari saluran drainase setempat perlu dievaluasi (Santi dkk, 2019). Saluran drainase yang berfungsi dengan baik adalah saluran yang dapat mengalirkan dan menampung air kotor maupun bersih yang asalnya dari industri, rumah tangga, bahkan air hujan. Apabila saluran tersebut dapat mengalirkan air hujan dengan baik maka air hujan tersebut dapat segera dialirkan dan tidak akan menggenang (Maknun dkk, 2016). Peningkatan debit air hujan pada saat cuaca ekstrim menyebabkan air yang jatuh ke permukaan melebihi dari kapasitas saluran yang ada dan menyebabkan saluran tersebut meluap sehingga tidak dapat menampung debit hujan yang datang (Setiawan A., 2018).

Kondisi topografi di wilayah Kecamatan Ponorogo memiliki tinggi permukaan tanah dari permukaan laut (DPL) relatif lebih rendah dibandingkan dengan daerah disekitarnya yaitu kurang dari 100 m, sehingga akan dilewati aliran air dari daerah yang lebih tinggi elevasinya seperti saluran sungai Keyang dari arah timur dan selatan, saluran sungai Slahung dari arah selatan dan saluran sungai Sungkur dari arah barat, akhirnya akan bermuara dari ketiga saluran tersebut bertemu di saluran sungai Sekayu yang berada pada Kecamatan Ponorogo. Maka apabila hujan turun di daerah hulu dengan intensitas cukup besar bisa dipastikan aliran hujan dengan segera akan terkonsentrasi di pertemuan ketiga sungai tersebut. Akibatnya akan terjadi akumulasi debit yang sangat besar dan apabila saluran sungai Sekayu tidak mampu mengalirkan dengan segera dipastikan aliran akan meluap dari tebing saluran dan menggenangi daerah sekitarnya (Suryaman H., 2013).

Wilayah Kecamatan Ponorogo adalah salah satu daerah yang memiliki genangan tinggi setiap tahun di Kota Ponorogo. Daerah tersebut memiliki genangan sementara seluas 402.43 ha dengan kedalaman mulai dari 0.30-0.50 m dengan durasi sepanjang 4-8 jam. Seperti pada tanggal 6 Maret 2019 telah terjadi hujan dengan intensitas tinggi yang menyebabkan meluapnya sungai Sekayu dan

terjadi genangan air. Permasalahannya adalah bahwa saluran drainase sekunder dan tersier tidak dapat mengakomodasi debit air hujan yang terjadi di daerah aliran sungai Sekayu dari 18 desa 10 kecamatan yang terdampak banjir korban yang terkena dampak mencapai lebih dari 100 kepala keluarga di Kabupaten Ponorogo (CNN, 2019).

Dari permasalahan diatas maka dibuatlah penelitian ini dengan tujuan untuk mengatasi masalah genangan dengan menghitung dimensi saluran drainase yang ada sehingga bisa memberikan solusi penanggulangan dari permasalahan genangan di kawasan Kecamatan Ponorogo.

## METODE

Lokasi dari penelitian ini berada pada wilayah Kecamatan Ponorogo dan penelitian ini meninjau dari sub DAS Sekayu dari sistem aliran drainase Kecamatan Ponorogo. Dalam penelitian ini analisa dititik beratkan pada kapasitas saluran tersier dan sekunder yang terdapat genangan pada Kecamatan Ponorogo sub DAS Sekayu. Daerah genangan yang akan dikaji lebih jelasnya bisa dilihat pada **Gambar 1** peta genangan sub DAS Sekayu.



**Gambar 1.** Peta Genangan Sub DAS Sekayu

Sumber: Dinas PU Ponorogo

Dari data peta genangan untuk saluran di Kecamatan Ponorogo yang akan diteliti adalah pada saluran Jalan Bhayangkara, saluran jalan Raden Saleh, saluran jalan Biliton dan saluran jalan Jaksa Agung Suprpto. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada peta sketsa layout pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Sketsa Layout Saluran Drainase Daerah Penelitian

Sumber: google earth

Data primer didapatkan dengan melakukan survei berupa pengamatan dan pengambilan foto secara langsung pada beberapa saluran drainase Kecamatan Ponorogo sebagai objek penelitian. Survei yang dilakukan antara lain untuk mengetahui arah aliran, genangan, bangunan pendukung dan kondisi eksisting pada drainase wilayah Kecamatan Ponorogo. Sedangkan untuk data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data curah hujan selama 20 tahun, data topografi dan data geometri didapatkan dari konsultan perencana PT. Candi Kencana Sabdawisesa. Selain itu, data sekunder lain berupa peta lokasi penelitian, peta genangan, peta tata guna lahan dan data jumlah penduduk didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Ponorogo.

Data primer dan sekunder yang telah dikumpulkan diolah dan dilakukan analisis data agar didapatkan data yang akurat. Analisis data yang dilakukan berupa analisa hidrologi dan analisa hidrolika.

#### Poligon Thiessen

Metode ini didasarkan pada cara rata-rata timbang (*weighted average*). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar. Rumus perhitungan curah hujan dengan metode *Thiessen* adalah (Triatmodjo, 2008):

$$\bar{X} = \frac{A_1X_1 + A_2X_2 + \dots + A_nX_n}{n} \quad (1)$$

dimana:

$\bar{X}$  : hujan rerata kawasan

$A_1, \dots, A_n$  : daerah yang mewakili stasiun 1, ..., n

$X_1, \dots, X_n$  : curah hujan pada stasiun 1, ..., n

Data curah hujan yang sudah didapatkan dianalisis frekuensinya agar didapatkan metode distribusi frekuensi debit curah hujan rencana yang sesuai dengan melihat tiga hasil parameter statistiknya yaitu faktor koefisien *variasi*, koefisien *skewness* dan koefisien *kurtosis* (Nusantara, 2020).

#### Distribusi Probabilitas Normal

Distribusi probabilitas normal merupakan simetris terhadap sumbu vertikal dan memiliki bentuk lonceng biasanya juga disebut distribusi *Gauss*. Sifat-sifat dari distribusi normal, yaitu nilai koefisien *skewness* memiliki nilai sama dengan nol ( $C_s = 0$ )

dan nilai koefisien *kurtosis* memiliki nilai sama dengan 3 ( $C_k = 3$ ).

Perhitungan hujan rencana berdasarkan distribusi probabilitas normal, jika data yang dipergunakan adalah berupa sampel, dilakukan dengan rumus-rumus berikut (Suripin, 2004):

$$X_T = \bar{X} + K_T \times S \quad (2)$$

dimana:

$X_T$  : hujan rencana dengan periode ulang T tahun

$\bar{X}$  : nilai rata-rata dari data hujan

S : standart deviasi dari data hujan

$K_T$  : faktor frekuensi, nilainya bergantung dari T (lihat tabel nilai variabel reduksi *Gauss*).

#### Distribusi Probabilitas Gumbel

Distribusi probabilitas gumbel sering digunakan untuk menganalisa data maksimum, seperti untuk analisis distribusi frekuensi banjir. Distribusi probabilitas gumbel memiliki sifat yaitu bahwa koefisien *skewness* memiliki nilai 1.1396 ( $C_s = 1.1396$ ) dan koefisien *kurtosis* memiliki nilai 5.4002 ( $C_k = 5.4002$ ).

Jika data hujan yang dipergunakan dalam perhitungan adalah berupa sampel, maka perhitungan hujan rencana menggunakan metode distribusi probabilitas gumbel dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut (Soemarto, 1987):

$$K = \frac{Y_t Y_n}{S_n} \quad (3)$$

$$X_T = \bar{X} + S \times K \quad (4)$$

dimana:

$\bar{X}$  : nilai rata-rata dari data hujan

$X_T$  : hujan rencana atau debit dengan periode ulang T tahun

K : faktor frekuensi gumbel

S : standart deviasi dari data hujan

$S_n$  : *reduced standart deviasi* (lihat tabel nilai *reduced standart deviation*).

$Y_t$  : *reduced variate* (lihat tabel nilai *reduced variate*).

$Y_n$  : *reduced mean* (lihat tabel *reduced mean*).

#### Distribusi Probabilitas Pearson Type III

Perhitungan debit rencana berdasarkan distribusi probabilitas *pearson type III* bisa dilakukan kalau data yang dimiliki merupakan data sampel.



Perhitungan ini dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Soemarto, 1987):

$$X_T = \bar{X} + K_T \times S \quad (5)$$

dimana:

- $X_T$  : debit rencana dengan periode ulang T tahun
- $K_T$  : variabel standart, besar nilai bergantung pada koefisien kepengcangan ( $C_s$  atau  $G$ ) lihat pada tabel faktor frekuensi  $K_T$  *Pearson Type III* dan *Log Pearson Type III*.
- $S$  : deviasi standart dari data hujan
- $\bar{X}$  : rata-rata nilai dari data hujan

**Periode Ulang**

Periode ulang yang dapat dipakai berdasarkan luas daerah pengaliran saluran dan jenis kota yang akan direncanakan sistem drainasenya, seperti terlihat pada tabel berikut:

**Tabel 1.** Periode Ulang Berdasarkan Tipologi Kota

TIPOLOGI KOTA	DAERAH TANGKAPAN AIR (Ha)			
	<10	10 - 100	101-500	>500
Kota Metropolitan	2 Th	2-5 Th	5-10 Th	10-25 Th
Kota Besar	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5-20 Th
Kota Sedang	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5-10 Th
Kota Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2-5 Th

Sumber: PERMEN PU No. 12/PRT/M/2014

Pada penelitian ini daerah yang akan diteliti termasuk dalam tipologi kota sedang dengan daerah tangkapan air sebesar 402.43 ha. Maka periode ulang yang akan digunakan adalah 2 tahun untuk saluran tersier dan 5 tahun untuk saluran sekunder.

Setelah itu dapat dilakukan pengujian probabilitas menggunakan metode *smirnov-kolmogorov* dan *chi-kuadrat*. Hasil dari pengujian tersebut akan didapatkan data hujan rencana yang akan digunakan untuk analisis selanjutnya.

**Analisis Debit Rencana**

Debit rencana yang berasal dari curah hujan dapat dicari dengan menggunakan metode rasional, karena metode tersebut digunakan untuk menghitung kondisi daerah pengaliran yang tidak terlalu luas dan untuk curah hujan yang dianggap seragam (Suripin, 2004). Berikut ini adalah rumus dari metode rasional:

**Tabel 2.** Nilai Koefisien Pengaliran (C)

Deskripsi Lahan	Nilai Koefisien Pengaliran (C)
Daerah Perkotaan	0.70 - 0.95
Daerah Pinggiran	0.50 - 0.70
Rumah tinggal	0.30 - 0.50
Perumahan Multiunit terpisah	0.40 - 0.60
Perumahan Multiunit tergabung	0.60 - 0.75
Daerah Perkampungan	0.25 - 0.40
Daerah Apartemen	0.50 - 0.70
Perkerasan Aspal dan Beton	0.70 - 0.95
Perkerasan Batu bata, paving	0.50 - 0.70
Halaman Berpasir Datar (2%)	0.05 - 0.10
Halaman Berpasir Curam (7%)	0.15 - 0.20
Halaman Tanah Datar (2%)	0.13 - 0.17
Halaman Tanah Curam (7%)	0.18 - 0.22
Hutan Datar 0-5%	0.10 - 0.40
Hutan Bergelombang 5-10%	0.25 - 0.50
Hutan Berbukit 10-30%	0.30 - 0.60

Sumber: Suripin (2004)

$$t_0 = 1.44 \left( \frac{n_d \times L_0}{\sqrt{S_0}} \right)^{0.476} \quad (6)$$

$$t_f = \frac{L_s}{60 \times v} \quad (7)$$

$$t_c = t_0 + t_f \quad (8)$$

$$I_T = \frac{R_{24}}{24} \times \left( \frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \quad (9)$$

$$Q = 0.278 \times C \times I_T \times A \quad (10)$$

dimana:

- $n_d$  : nilai dari angka kekasaran (tabel angka kekasaran permukaan lahan)
- $S_0$  : nilai kemiringan lahan daerah penelitian
- $v$  : nilai dari kecepatan aliran (m/dtk)
- $L_0$  : panjang dari lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)
- $L_s$  : panjang dari saluran ditinjau (m)
- $t_c$  : nilai waktu konsentrasi (jam)
- $t_0$  : waktu air yang berasal dari daratan menuju ke saluran (menit)
- $C$  : nilai angka pengaliran (lihat **Tabel 2**)
- $t_f$  : waktu diperlukan air dari hulu ke hilir saluran yang ditinjau (menit)
- $R_{24}$  : nilai hujan rencana (mm)
- $Q$  : debit maksimum limpasan permukaan ( $m^3/det$ )
- $A$  : luas area pengaliran ( $km^2$ )
- $I_T$  : intensitas dari debit hujan periode ulang T tahun ( $mm/jam$ )

**Kapasitas Saluran Drainase**

Debit saluran drainase (Qs) merupakan debit yang berada di saluran drainase yang didapatkan dari hasil kali antara luas penampang saluran drainase (A) dengan kecepatan aliran rata-rata (v). Untuk rumus kecepatan rata-rata pada perhitungan dimensi penampang saluran menggunakan rumus *Manning*, karena rumus tersebut memiliki bentuk yang sederhana tetapi memberikan hasil yang memuaskan (Suripin, 2004). Berikut adalah rumus untuk mencari debit saluran drainase:

$$v = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \tag{11}$$

$$Q_s = A \times v \tag{12}$$

dimana:

- v : kecepatan aliran air (m/det)
- Qs : debit dari saluran drainase (m<sup>3</sup>/det)
- n : koefisien dari kekasaran *manning*
- A : luas dari penampang saluran (m<sup>2</sup>)
- S : kemiringan memanjang dari saluran
- R : jari-jari hidrolis saluran

Dari analisa hidrologi nantinya akan didapatkan debit rencana hujan dan dari analisa hidrolika akan mendapatkan data kapasitas saluran eksisting. Setelah kedua data didapatkan dilakukan perbandingan apakah besarnya debit rencana dapat ditampung oleh kapasitas saluran eksisting. Hasil dari penelitian nantinya dapat ditarik kesimpulan apakah perlu adanya perencanaan ulang terhadap saluran eksisting.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Analisa hujan kawasan menggunakan data pengamatan terhadap tiga stasiun hujan yaitu stasiun hujan Sumoroto, Bangunsari dan Babadan. Sehingga perhitungan dengan menggunakan metode *Poligon Thiessen* didapatkan data *cathment area* stasiun Sumoroto 8.54 km<sup>2</sup>, stasiun Bangunsari 7.74 km<sup>2</sup> dan stasiun Babadan 8.91 km<sup>2</sup>. Untuk data hujan harian maksimum selama 20 tahun lebih detailnya bisa dicek pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Data Hujan Harian Maksimum Selama 20 Tahun

No	Tahun	Curah Hujan		
		Sta. Sumoroto (mm)	Sta. Bangunsari (mm)	Sta. Babadan (mm)
1	1998	86	127	74
2	1999	36	105	90
3	2000	60	130	139
4	2001	37	85	79
5	2002	110	96	108
6	2003	109	96	119
7	2004	80	80	72
8	2005	57	80	112
9	2006	56	78	83
10	2007	158	263	168
11	2008	88	122	144
12	2009	88	145	127
13	2010	124	90	75
14	2011	76	112	50
15	2012	61	83	98
16	2013	71	112	68
17	2014	67	99	90
18	2015	77	89	50
19	2016	86	124	92
20	2017	81	98	93

Sumber: PT. Candi Kencana Sabdawisesa

Berdasarkan data hujan harian maksimum diatas dilakukan perhitungan tinggi hujan kawasan menggunakan metode *Poligon Thiessen*, berikut ini contoh perhitungan untuk tahun 2007.

Sta. Sumoroto:  $R = \frac{8.54}{25.19} \times 158 = 53.56 \text{ mm}$

Sta. Bangunsari:  $R = \frac{7.74}{25.19} \times 263 = 80.84 \text{ mm}$

Sta. Babadan:  $R = \frac{8.91}{25.19} \times 168 = 59.41 \text{ mm}$

Maka tinggi hujan rata-rata (Xi) = R. Sumoroto + R. Bangunsari + R. Babadan = 53.56 + 80.84 + 59.41 = 193.81 mm. Detail dari tinggi hujan bisa dilihat lebih lengkapnya pada **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Tinggi Hujan Kawasan Selama 20 Tahun

No	Tahun	Tinggi Hujan		No	Tahun	Tinggi Hujan	
		Rata-Rata (Xi) (mm)				Rata-Rata (Xi) (mm)	
1	1998	94.36	11	2008	118.25		
2	1999	76.31	12	2009	119.31		
3	2000	109.45	13	2010	96.22		
4	2001	66.61	14	2011	77.87		
5	2002	104.99	15	2012	80.85		
6	2003	108.54	16	2013	82.54		
7	2004	77.17	17	2014	84.97		
8	2005	83.52	18	2015	71.14		
9	2006	72.31	19	2016	99.80		
10	2007	193.81	20	2017	90.47		
		<b>Jumlah</b>			<b>1908.50</b>		

Sumber: hasil perhitungan

Maka dari hasil **Tabel 4** diatas dapat dihitung curah hujan rata-rata selama 20 tahun seperti berikut ini:

$$X_r = \frac{1908.50}{20} = 95.425$$

Jadi nilai  $X_r$  untuk curah hujan rata-rata selama 20 tahun adalah 95.43 mm. Selanjutnya dilakukan analisis frekuensi dan probabilitas, berikut ini adalah contoh perhitungannya untuk tahun 2007:

$$X_i = 193.81 \text{ mm (tinggi hujan kawasan)}$$

$$X_r = 95.43 \text{ mm (curah hujan rata-rata)}$$

$$X_i - X_r = 193.81 - 95.43 = 98.39$$

$$(X_i - X_r)^2 = 98.39^2 = 9680.08$$

$$(X_i - X_r)^3 = 98.39^3 = 952397.558$$

$$(X_i - X_r)^4 = 98.39^4 = 93703906.646$$

Selbihnya untuk analisis distribusi curah hujan lebih detailnya bisa dicek pada **Tabel 5**.

**Tabel 5.** Analisis Distribusi Curah Hujan

No Tahun	$X_i$	$X_i - X_r$	$(X_i - X_r)^2$	$(X_i - X_r)^3$	$(X_i - X_r)^4$
1 2007	193.81	98.39	9680.08	952397.558	93703906.646
2 2009	119.31	23.89	570.62	13630.936	325612.387
3 2008	118.25	22.83	521.18	11898.246	271629.700
4 2000	109.45	14.03	196.81	2761.046	38734.526
5 2003	108.54	13.12	172.01	2255.881	29586.135
6 2002	104.99	9.56	91.47	874.874	8367.466
7 2016	99.80	4.38	19.16	83.890	367.237
8 2010	96.22	0.80	0.63	0.504	0.401
9 1998	94.36	-1.07	1.14	-1.210	1.289
10 2017	90.47	-4.96	24.56	-121.719	603.224
11 2014	84.97	-10.46	109.31	-1142.834	11948.427
12 2005	83.52	-11.91	141.74	-1687.518	20090.831
13 2013	82.54	-12.88	165.97	-2138.145	27545.428
14 2012	80.85	-14.58	212.52	-3098.235	45166.787
15 2011	77.87	-17.55	308.12	-5408.444	94935.754
16 2004	77.17	-18.25	333.21	-6082.464	111029.766
17 1999	76.31	-19.12	365.54	-6988.838	133620.567
18 2006	72.31	-23.11	534.28	-12349.619	285455.281
19 2015	71.14	-24.28	589.73	-14321.086	347777.342
20 2001	66.61	-28.82	830.47	-23932.438	689682.574
$\Sigma$	1908.501		14868.558	906630.385	96146061.767

Sumber: hasil perhitungan

Setelah itu dapat dihitung nilai koefisien kepercengan ( $C_s$ ), deviasi standart ( $S_x$ ), koefisien variasi ( $C_v$ ) dan koefisien kurtosis ( $C_k$ ). Berikut ini adalah contoh perhitungannya:

$$S_x = \sqrt{\frac{14868.558}{19}} = 27.974$$

$$C_s = \frac{20 \times 906630.385}{19 \times 18 \times 27.974^3} = 2.422$$

$$C_k = \frac{20^2 \times 96146061.767}{19 \times 18 \times 17 \times 27.974^4} = 10.802$$

$$C_v = \frac{27.974}{95.43} = 0.293$$

Selanjutnya dilakukan perbandingan antara distribusi frekuensi normal, *pearson type III* dan gumbel bisa dicek pada **Tabel 6**.

**Tabel 6.** Perbandingan Nilai Parameter Statistik

No	Distribusi	Persyaratan Parameter Statistik Distribusi	$C_s$	$C_k$
1	Normal	$C_s = 0$ ; $C_k = 3$	2.422	10.802
2	Gumbel	$C_s = 1.139$ ; $C_k = 5.402$	2.422	10.802
3	Pearson Type III	$C_s = \text{Fleksibel}$ ; $C_k = \text{Fleksibel}$	2.422	10.802

Sumber: hasil perhitungan

Dari hasil nilai analisis distribusi curah hujan diatas maka dipilih perhitungan metode *Pearson Type III* karena telah memenuhi syarat  $C_s = \text{Fleksibel}$ ;  $C_k = \text{Fleksibel}$ .

Berikut ini merupakan contoh dari hasil perhitungan nilai debit curah hujan rencana menggunakan metode *Pearson Type III*. Dimana didapatkan nilai  $C_s = 2.422$  (koefisien kepercengan), maka dapat ditentukan nilai G untuk periode ulang 2 tahun dan 5 tahun dari tabel faktor frekuensi  $K_T$  *Pearson Type III*. Berikut ini adalah nilai G untuk nilai periode ulang 2 tahun dan 5 tahun dari hasil interpolasi nilai  $C_s = 2.422$ , bisa dicek pada **Tabel 7**.

**Tabel 7.** Nilai G Menggunakan Interpolasi

$C_s$	$T_r$	
	2	5
2.2	-0.330	0.574
2.5	-0.360	0.518
2.422	-0.352	0.533

Sumber: hasil perhitungan

Dari hasil interpolasi nilai G diatas maka dapat dihitung nilai curah hujan rencana menggunakan metode *Pearson Type III*, untuk lebih detailnya bisa dicek pada **Tabel 8**.

**Tabel 8.** Hasil Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana

$T_r$ (Tahun)	G	Standart Deviasi ( $S_x$ )	$X_r$	$R = X_r + G \cdot S_x$
2	-0.352	27.974	95.425	85.573
5	0.533	27.974	95.425	110.323

Sumber: hasil perhitungan

Berdasarkan perhitungan diatas periode ulang yang digunakan adalah  $R(2) = 85.573$  mm untuk saluran tersier dan  $R(5) = 110.323$  mm untuk saluran sekunder, karena Kabupaten Ponorogo termasuk kedalam kota sedang sehingga berdasarkan

PERMEN PU No. 12/PRT/M/2014 tentang penyelenggaraan sistem drainase perkotaan untuk kala ulang berdasarkan tipologi kota dan untuk kota sedang dengan daerah tangkapan air 101-500 Ha dapat **diterima** karena daerah penelitian memiliki luas area genangan 402.43 Ha.

Selanjutnya dilakukan pengujian data menggunakan metode *Smirnov Kolmogorov dan Chi-Kuadrat*. Berikut adalah hasil dari pengujian bisa dicek pada **Tabel 9**.

**Tabel 9.** Tabel Interval Sub Kelompok  $X^2$

No	Interval	$E_F$	$O_F$	$(E_F - O_F)^2$	$X^2_{hit}$
1	< 79.39	4	6	4	1.00
2	79.39 - 82.82	4	2	4	1.00
3	82.82 - 89.70	4	2	4	1.00
4	89.70 - 110.32	4	7	9	2.25
5	> 110.32	4	3	1	0.25
<b>Jumlah</b>		20	20	22	5.50

Sumber: hasil perhitungan

Dari perhitungan pada **Tabel 9** didapatkan nilai  $X^2 = 5.50$  sedangkan untuk  $X^2_{cr}$  yang didapatkan dari tabel nilai parameter *chi-kuadrat* kritis dengan derajat kepercayaan ( $\alpha$ ) = 0.05, didapatkan nilai  $X^2_{cr} = 5.991$ . Sehingga hasil uji *chi-kuadrat* dapat **diterima** karena  $X^2 < X^2_{cr}$ .

Sedangkan hasil uji *Smirnov-Kolmogorov* nilai (D) maksimum yang didapatkan untuk tahun 1998-2017 adalah 0.102 dimana nilai tersebut ada pada data hujan tahun 2001. Untuk nilai  $D_0$  yang didapatkan dari tabel nilai  $\Delta P$  kritis *smirnov-kolmogorof* dengan derajat kepercayaan ( $\alpha$ ) 5% dan jumlah data (n) 20 sehingga  $D_0 = 0.29$ . Maka dengan begitu metode *Pearson Type III* dapat **diterima**.

Berikut ini merupakan data saluran eksisting yang akan diteliti, bisa dicek pada **Tabel 10** dan **Tabel 11**.

**Tabel 10.** Data Saluran Tersier Eksisting

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	$L_s$ (m)	H (m)	b (m)	B (m)
1	Bh. Timur 1	Tersier	211	0.40	0.60	0.60
2	Bh. Timur 2	Tersier	481.43	0.40	0.60	0.60
3	Bh. Barat 1	Tersier	173	0.40	0.60	0.60
4	Bh. Barat 2	Tersier	453.71	0.40	0.60	0.60
5	R. S. Timur 1	Tersier	189	0.40	0.60	0.60
6	R. S. Timur 2	Tersier	432.67	0.40	0.60	0.60
7	R. S. Barat 1	Tersier	233	0.30	0.50	0.50
8	R. S. Barat 2	Tersier	470.36	0.40	0.60	0.60
9	J. A. Utara 1	Tersier	270.17	0.40	0.60	0.60
10	J. A. Selatan	Tersier	716.91	0.40	0.60	0.60

Sumber: PT. Candi Kencana Sabdawisesa

**Tabel 11.** Data Saluran Sekunder Eksisting

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	$L_s$ (m)	H (m)	b (m)	B (m)
1	J. A. U. 2 R1	Sekunder	528.23	0.40	0.60	0.60
2	J. A. U. 2 R2	Sekunder	809.76	0.40	0.60	0.60
3	J. A. U. 2 R3	Sekunder	842.84	0.40	0.60	0.60
4	J. A. U. 2 R4	Sekunder	926.58	0.40	0.60	0.60
5	Biliton R1	Sekunder	487	0.80	1.20	1.20
6	Biliton R2	Sekunder	562	0.80	1.80	1.80

Sumber: PT. Candi Kencana Sabdawisesa

Dari data saluran eksisting dapat dihitung kapasitas dari saluran eksisting, berikut ini contoh perhitungan pada saluran Bhayangkara Timur 1.

Penampang basah saluran (A):

$$A = 0.60 \times 0.40 = 0.24 \text{ m}^2$$

Keliling basah saluran (P):

$$P = 0.60 + 2 \times 0.40 = 1.40 \text{ m}$$

Jari-jari hidrolis (R):

$$R = \frac{0.24}{1.40} = 0.17 \text{ m}$$

Saluran yang digunakan untuk saluran eksisting adalah pasangan batu kali maka harga (n) yang dipilih dari tabel koefisien kekasaran manning untuk maksimumnya adalah 0.025. Selanjutnya dapat dihitung kecepatan aliran (v) dan kapasitas saluran ( $Q_s$ ).

$$v = \frac{1}{0.025} \times 0.17^{\frac{2}{3}} \times 0.001^{\frac{1}{2}} = 0.39 \text{ m/s}$$

$$Q_s = 0.24 \times 0.39 = 0.09 \text{ m}^3/\text{s}$$

Untuk selengkapnya dapat dilihat pada perhitungan data saluran eksisting **Tabel 12** dan **Tabel 13**.

**Tabel 12.** Perhitungan Data Saluran Tersier Eksisting

No	Nama Saluran	A ( $\text{m}^2$ )	P (m)	n	R (m)	S	v (m/s)	$Q_s$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
1	Bh. Timur 1	0.24	1.40	0.025	0.17	0.001	0.39	0.09
2	Bh. Timur 2	0.24	1.40	0.025	0.17	0.001	0.39	0.09
3	Bh. Barat 1	0.24	1.40	0.025	0.17	0.001	0.39	0.09
4	Bh. Barat 2	0.24	1.40	0.025	0.17	0.001	0.39	0.09
5	R. S. Timur 1	0.24	1.40	0.025	0.17	0.001	0.21	0.05
6	R. S. Timur 2	0.24	1.40	0.025	0.17	0.001	0.25	0.06
7	R. S. Barat 1	0.15	1.10	0.025	0.14	0.001	0.11	0.02
8	R. S. Barat 2	0.24	1.40	0.025	0.17	0.001	0.28	0.07
9	J. A. Utara 1	0.24	1.40	0.025	0.17	0.001	0.39	0.09
10	J. A. Selatan	0.24	1.40	0.025	0.17	0.001	0.39	0.09

Sumber: hasil perhitungan



**Tabel 13.** Perhitungan Data Saluran Sekunder Eksisting

No	Nama Saluran	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	n	R (m)	S	v (m/s)	Qs (m <sup>3</sup> /s)
1	J. A. U. 2 R1	0.24	1.40	0.025	0.17	0.001	0.39	0.09
2	J. A. U. 2 R2	0.24	1.40	0.025	0.17	0.001	0.39	0.09
3	J. A. U. 2 R3	0.24	1.40	0.025	0.17	0.001	0.39	0.09
4	J. A. U. 2 R4	0.24	1.40	0.025	0.17	0.001	0.39	0.09
5	Biliton R1	0.96	2.80	0.025	0.34	0.001	0.62	0.59
6	Biliton R2	1.44	3.40	0.025	0.42	0.001	0.71	1.03

Sumber: hasil perhitungan

Selanjutnya bisa dilakukan perhitungan dari debit rencana berdasarkan curah hujan disetiap saluran, terlebih dahulu dilakukan perhitungan waktu konsentrasi. Berikut ini contoh perhitungan pada saluran Bhayangkara Timur 1.

$$n_d = 0.20 \text{ (tegalan)}$$

$$L_0 = 139.83 \text{ m (panjang aliran diatas permukaan lahan)}$$

$$L_s = 211 \text{ m (panjang saluran)}$$

$$S_0 = 0.001 \text{ (kemiringan lahan)}$$

$$t_0 = 1.44 \times \left( \frac{0.20 \times 139.83}{\sqrt{0.001}} \right)^{0.467} = 34.23 \text{ menit}$$

$$t_f = \frac{211}{60 \times 0.39} = 9.01 \text{ menit}$$

$$t_c = 34.23 + 9.01 = 0.72 \text{ jam}$$

Untuk lebih detailnya dari perhitungan  $t_c$  (waktu konsentrasi) bisa dicek pada **Tabel 14**.

**Tabel 14.** Perhitungan Nilai  $t_c$  (Waktu Konsentrasi)

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	L <sub>s</sub> (m)	n <sub>d</sub>	S <sub>0</sub>	t <sub>0</sub> (menit)	t <sub>f</sub> (menit)	t <sub>c</sub> (jam)
1	Bh. Timur 1	Tersier	211	0.20	0.001	34.23	9.01	0.72
2	Bh. Timur 2	Tersier	481.43	0.20	0.001	34.06	20.56	0.91
3	Bh. Barat 1	Tersier	173	0.20	0.001	33.54	7.39	0.68
4	Bh. Barat 2	Tersier	453.71	0.20	0.001	32.75	19.37	0.87
5	R. S. Timur 1	Tersier	189	0.20	0.0003	45.70	14.73	1.01
6	R. S. Timur 2	Tersier	432.67	0.20	0.0004	44.08	29.21	1.22
7	R. S. Barat 1	Tersier	233	0.20	0.0001	30.99	36.64	1.13
8	R. S. Barat 2	Tersier	470.36	0.20	0.0005	67.63	28.40	1.60
9	J. A. Utara 1	Tersier	270.17	0.20	0.001	17.33	11.54	0.48
10	J. A. U. 2 R1	Sekunder	528.23	0.20	0.001	28.87	22.55	0.86
11	J. A. U. 2 R2	Sekunder	809.76	0.20	0.001	51.42	34.57	1.43
12	J. A. U. 2 R3	Sekunder	842.84	0.20	0.001	86.00	35.99	2.03
13	J. A. U. 2 R4	Sekunder	926.58	0.20	0.001	121.98	39.56	2.69
14	J. A. Selatan	Tersier	716.91	0.20	0.001	28.28	30.61	0.98
15	Biliton R1	Sekunder	487	0.20	0.001	40.92	13.10	0.90
16	Biliton R2	Sekunder	562	0.20	0.001	52.13	13.13	1.09

Sumber: hasil perhitungan

Setelah itu dilakukan perhitungan nilai debit rencana. Berikut ini contoh perhitungan pada saluran Bhayangkara Timur 1.

$$A = 0.03 \text{ km}^2 \text{ (data topografi)}$$

$$I_2 = \frac{85.573}{24} \times \left( \frac{24}{0.72} \right)^{2/3} = 36.91 \text{ mm/jam}$$

Daerah penelitian berada di daerah perkotaan maka dari tabel koefisien pengaliran ditentukan nilai C = 0.70. Selanjutnya dapat dihitung nilai debit rencana.

$$Q_r = 0.278 \times 0.70 \times 36.91 \times 0.03 = 0.22 \text{ m}^3/\text{s}$$

Selengkapnya dapat dilihat pada perhitungan untuk saluran dengan periode ulang pada **Tabel 15** dan **Tabel 16**.

**Tabel 15.** Perhitungan Debit Rencana Selama 2 Tahun

No	Nama Saluran	Luas Cathment (A) (km <sup>2</sup> )	C	I (mm/jam)	Q <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> /s)
1	Bh. Timur 1	0.03	0.70	36.91	0.22
2	Bh. Timur 2	0.07	0.70	31.59	0.43
3	Bh. Barat 1	0.02	0.70	38.29	0.18
4	Bh. Barat 2	0.06	0.70	32.58	0.37
5	R. S. Timur 1	0.03	0.70	29.52	0.16
6	R. S. Timur 2	0.08	0.70	25.96	0.41
7	R. S. Barat 1	0.01	0.70	27.39	0.06
8	R. S. Barat 2	0.02	0.70	21.68	0.09
9	J. A. Utara 1	0.01	0.70	48.32	0.10
10	J. A. Selatan	0.08	0.70	30.04	0.45

Sumber: hasil perhitungan

**Tabel 16.** Perhitungan Debit Rencana Selama 5 Tahun

No	Nama Saluran	Luas Cathment (A) (km <sup>2</sup> )	C	I (mm/jam)	Q <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> /s)
1	J. A. U. 2 R1	0.08	0.70	42.39	0.67
2	J. A. U. 2 R2	0.15	0.70	30.09	0.89
3	J. A. U. 2 R3	0.24	0.70	23.83	1.09
4	J. A. U. 2 R4	0.26	0.70	19.76	1.00
5	Biliton R1	0.07	0.70	41.02	0.55
6	Biliton R2	0.10	0.70	36.16	0.69

Sumber: hasil perhitungan

Dari hasil perhitungan debit rencana dan perhitungan kapasitas saluran eksisting diatas dilakukan perbandingan dan didapatkan hasil bahwa saluran eksisting yang ada tidak mampu menampung debit air rencana. Berikut adalah rekapitulasi dari perbandingan debit rencana (Q<sub>r</sub>) dengan kapasitas saluran eksisting (Q<sub>s</sub>), dapat dilihat pada **Tabel 17**.



**Tabel 17.** Rekapitulasi Analisis Cek Debit Kapasitas Saluran Eksisting

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	Qs (m <sup>3</sup> /s)	Nilai	Qr (m <sup>3</sup> /s)	Cek
1	Bh. Timur 1	Tersier	0.09	<	0.22	Meluap
2	Bh. Timur 2	Tersier	0.09	<	0.43	Meluap
3	Bh. Barat 1	Tersier	0.09	<	0.18	Meluap
4	Bh. Barat 2	Tersier	0.09	<	0.37	Meluap
5	R. S. Timur 1	Tersier	0.05	<	0.16	Meluap
6	R. S. Timur 2	Tersier	0.06	<	0.41	Meluap
7	R. S. Barat 1	Tersier	0.02	<	0.06	Meluap
8	R. S. Barat 2	Tersier	0.07	<	0.09	Meluap
9	J. A. Utara 1	Tersier	0.09	<	0.10	Meluap
10	J. A. U. 2 R1	Sekunder	0.09	<	0.67	Meluap
11	J. A. U. 2 R2	Sekunder	0.09	<	0.89	Meluap
12	J. A. U. 2 R3	Sekunder	0.09	<	1.09	Meluap
13	J. A. U. 2 R4	Sekunder	0.09	<	1.00	Meluap
14	J. A. Selatan	Tersier	0.09	<	0.45	Meluap
15	Biliton R1	Sekunder	0.59	>	0.55	Aman
16	Biliton R2	Sekunder	1.03	>	0.69	Aman

Sumber: hasil perhitungan

Dari hasil perhitungan diatas ada beberapa saluran yang tidak mampu menampung debit rencana, untuk mengatasi agar saluran eksisting dapat menampung debit rencana maka dilakukan perencanaan ulang berupa perubahan ukuran dimensi saluran eksisting dengan tetap memperhatikan ketersediaan lahan dan elevasi air dari hulu ke hilir (Syarif, 2019). Berikut ini merupakan hasil perencanaan ulang saluran eksisting bisa dicek pada **Tabel 18** dan **Tabel 19**.

**Tabel 18.** Data Perencanaan Ulang Dengan Dimensi Baru

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	Tinggi Saluran (H) (m)	Lebar Bawah (b) (m)	Lebar Atas (B) (m)	Jagaan (w) (m)
1	Bh. Timur 1	Tersier	1.00	0.80	0.80	0.20
2	Bh. Timur 2	Tersier	1.20	1.00	1.00	0.20
3	Bh. Barat 1	Tersier	1.00	0.80	0.80	0.20
4	Bh. Barat 2	Tersier	1.00	1.00	1.00	0.10
5	R. S. Timur 1	Tersier	1.00	1.00	1.00	0.20
6	R. S. Timur 2	Tersier	1.20	1.20	1.20	0.10
7	R. S. Barat 1	Tersier	0.80	0.80	0.80	0.20
8	R. S. Barat 2	Tersier	0.80	0.80	0.80	0.20
9	J. A. Utara 1	Tersier	0.80	0.60	0.60	0.20
10	J. A. U. 2 R1	Sekunder	1.20	1.40	1.40	0.20
11	J. A. U. 2 R2	Sekunder	1.50	1.50	1.50	0.20
12	J. A. U. 2 R3	Sekunder	1.50	2.00	2.00	0.20
13	J. A. U. 2 R4	Sekunder	1.60	2.00	2.00	0.20
14	J. A. Selatan	Tersier	1.20	1.00	1.00	0.20
15	Biliton R1	Sekunder	0.90	1.20	1.20	0.20
16	Biliton R2	Sekunder	0.80	1.80	1.80	0.20

Sumber: hasil perhitungan

**Tabel 19.** Perbandingan Qr dan Qs Hasil Perencanaan Ulang Dimensi Saluran

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	Q Rencana (Qr) (m <sup>3</sup> /s)	Nilai	Kapasitas Saluran (Qs) (m <sup>3</sup> /s)	Cek
1	Bh. Timur 1	Tersier	0.24	<	0.47	Aman
2	Bh. Timur 2	Tersier	0.50	<	0.84	Aman
3	Bh. Barat 1	Tersier	0.19	<	0.47	Aman
4	Bh. Barat 2	Tersier	0.43	<	0.74	Aman
5	R. S. Timur 1	Tersier	0.17	<	0.35	Aman
6	R. S. Timur 2	Tersier	0.49	<	0.78	Aman
7	R. S. Barat 1	Tersier	0.07	<	0.10	Aman
8	R. S. Barat 2	Tersier	0.12	<	0.23	Aman
9	J. A. Utara 1	Tersier	0.11	<	0.22	Aman
10	J. A. U. 2 R1	Sekunder	0.89	<	1.36	Aman
11	J. A. U. 2 R2	Sekunder	1.34	<	2.09	Aman
12	J. A. U. 2 R3	Sekunder	1.79	<	3.12	Aman
13	J. A. U. 2 R4	Sekunder	1.73	<	3.43	Aman
14	J. A. Selatan	Tersier	0.57	<	0.84	Aman
15	Biliton R1	Sekunder	0.60	<	0.69	Aman
16	Biliton R2	Sekunder	0.80	<	0.96	Aman

Sumber: hasil perhitungan

Dari hasil perencanaan ulang saluran eksisting didapatkan hasil bahwa dengan mengubah dimensi saluran, kapasitas saluran baru yang direncanakan dapat menampung debit yang telah direncanakan sebelumnya (Syarif, 2019).

## PENUTUP

### Simpulan

Nilai debit rencana untuk periode ulang 5 tahun adalah 110.323 mm sedangkan periode ulang 2 tahun adalah 85.573 mm. Dari hasil perhitungan disimpulkan semua saluran eksisting kecuali saluran biliton meluap ketika nilai debit rencana dari periode ulang 5 tahun dan 2 tahun. Solusi agar dapat mengatasi genangan tersebut dilakukan perencanaan ulang terhadap dimensi saluran sehingga debit banjir rencana yang terjadi mampu ditampung oleh kapasitas saluran baru.

### Saran

Untuk mengurangi terjadinya genangan banjir yang terjadi pada wilayah sub DAS Sekayu khususnya Kecamatan Ponorogo salah satunya selain evaluasi perencanaan ulang dimensi saluran juga dapat ditambahkannya bangunan pompa air jika memang dimensi saluran yang ada sudah cukup dirubah dan direncanakan ulang kembali secara maksimal akan tetapi masih terjadi genangan, dengan adanya rumah pompa nantinya dapat mengurangi beban debit air yang berada pada saluran yang kritis, sehingga tidak sampai terjadi sebuah luapan air. Selain itu perlu

adanya peran dari masyarakat untuk berpartisipasi dalam menjaga kebersihan lingkungan saluran dan sekitarnya agar saluran tidak tersumbat dan dapat mengalir dengan lancar.

#### DAFTAR PUSTAKA

CNN. 2019. Dipetik Oktober 20, 2019, dari m.cnnindonesia.com:  
m.cnnindonesia.com/nasional/20190307184835-20-375362/ratusan-warga-di-ponorogo-masih-terjebak-banjir.

Dinas Pekerjaan Umum. 2014. Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014*.

Haryoko, L. O. 2013. Evaluasi dan Rencana Pengembangan Sistem Drainase di Kecamatan Tanjungkarang Pusat Bandar Lampung. *Skripsi*.

Maknun, dkk. 2016. Studi Evaluasi Dan Perencanaan Sistem Drainase Di Kecamatan Driyorejo Kabupaten Gresik (Studi Kasus Desa Randegansari Kecamatan Driyorejo Kabupaten Gresik).

Masterplan, Team. 2018. *Fasilitas Penyusunan Masterplan dan DED Drainase Kabupaten Ponorogo*. Surabaya: PT.Candi Sabdawisesa.

Nusantara, D. A. D 2020. Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Pada Catchment Area Sub Sistem Bendul Merisi Kota Surabaya. *Ukarst Vol. 4 No. 1*.

Santi, dkk. 2019. Evaluasi Saluran Drainase Terhadap Genangan Air Pada Ruas Jalan Jend. AH. Nasution - Jalan Martandu (Studi Kasus: Bundaran Tank Kota Kendari). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*.

Setiawan, A. 2018. Studi Evaluasi Sistem Jaringan Drainase Terhadap Permasalahan Genangan Di Kecamatan Sampang Madura. *Rekayasa Teknik Sipil Vol 1 Nomor 01/rekat/18*.

Soemarto, C. (1987). *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga.

Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.

Suryaman, H. 2013. Evaluasi Sistem Drainase Kecamatan Ponorogo Kabupaten Ponorogo. *Jurnal Penelitian Volume 02 Nomor 2*.

Syarief, M. 2019. Evaluasi Sistem Jaringan Drainase Mengatasi Permasalahan Banjir Di Sub Sistem DAS Kali Dapur Kabupaten Lamongan. *Rekayasa Teknik Sipil*.

Triatmojo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.

UNESA. 2012. *Pedoman Penulisan Artikel E-Journal UNESA*. Surabaya: Unesa.

UNESA. 2017. *Pedoman Penulisan Skripsi*. Surabaya: Unesa.

