

## ANALISIS DEBIT BANJIR SALURAN DRAINASE DI PERUMAHAN SEMARANG INDAH MENGGUNAKAN SIMULASI EPA SWMM

Taufik Ismail<sup>1</sup>, Muhammad Amin<sup>2</sup>, Arrizka Yanuar Adipradana<sup>3</sup>  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

Email : [taufik1503ismal@gmail.com](mailto:taufik1503ismal@gmail.com)<sup>1</sup>, [muhammadamin@untidar.ac.id](mailto:muhammadamin@untidar.ac.id)<sup>2</sup>,  
[arrizka.yanuar@untidar.ac.id](mailto:arrizka.yanuar@untidar.ac.id)<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Pembangunan perkotaan yang tidak berkelanjutan menyebabkan bencana banjir. Perubahan iklim yang semakin nyata akan memicu terjadinya bencana alam yang lebih besar. Oleh karena itu kemampuan infrastruktur drainase harus senantiasa di kaji secara berkala. Tujuan dari penelitian ini untuk mengkaji saluran drainase dengan kala ulang tertentu serta melakukan perbandingan pengukuran numerik dengan pengukuran di lapangan. Perhitungan analisis hidrologi menggunakan hujan kala ulang 2, 5, dan 10 tahun. Adapun langkah yang dilakukan adalah perhitungan data curah hujan hilang dengan Metode Perbandingan Normal, analisis konsistensi data hujan dengan Metode Kurva Massa Ganda, perhitungan curah hujan rerata dengan Metode Poligon Thiessen, analisis frekuensi dengan Metode Log Pearson III, uji konsistensi data dengan Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorof, dan intensitas hujan dengan Metode Mononobe. Berdasarkan hasil kajian saluran drainase didapatkan debit hujan dengan kala ulang 2 tahun sebesar 12,223 m<sup>3</sup>/detik, kala ulang 5 tahun sebesar 15,996 m<sup>3</sup>/detik dan untuk kala ulang 10 tahun sebesar 18,721 m<sup>3</sup>/detik. Hasil evaluasi saluran eksisting pengukuran di lapangan adalah tinggi 0,6 m dan lebar 0,5 m. Hasil pengukuran simulasi, debit yang di hasilkan pada saluran sebesar 1,6404 m<sup>3</sup>/detik. Hasil sinkronisasi evaluasi simulasi numerik yang digunakan dalam penelitian ini dengan pengukuran lapangan adalah sama, maka simulasi numerik pada penelitian ini relevan digunakan untuk simulasi saluran drainase. Sedangkan perhitungan debit pada simulasi numerik dan pengukuran di lapangan relevan sama. Untuk *presentase error* didapatkan dengan hasil rata rata 10.8223 %.

**Kata kunci** : Drainase, SWMM, Debit.

### ABSTRACT

*Unsustainable urban development led to catastrophic flooding. Increasingly apparent climate change will trigger greater natural disasters. Therefore, the capability of drainage infrastructure must always be reviewed periodically. The purpose of this study is to examine drainage channels with a certain repeat time and to compare numerical measurements with measurements in the field. Calculation of hydrological analysis using return periods of 2, 5, and 10 years. The steps taken are the calculation of the lost rainfall data using the Normal Comparison Method, the analysis of the consistency of the rain data using the Multiple Mass Curve Method, the calculation of the average rainfall using the Thiessen Polygon Method, the frequency analysis using the Log Pearson III method, and the data consistency test using the Chi-Square Test. and Smirnov-Kolmogorof test, and rainfall intensity using the Mononobe method. Based on the results of the drainage channel evaluation study, rain discharge with a 2-year repeat period of 12.223 m<sup>3</sup> / second ,5-year repeat period of 15,996 m<sup>3</sup>/ second and 10-year repeat period of 18,721 m<sup>3</sup>/ second was obtained. The results of the evaluation of the existing channel measurements in the field are 0.6 m high and 0.5 m wide, because the drainage channel in the area is most likely the same average channel. From the results of simulation measurements, the discharge produced on the channel is 1.6404 m<sup>3</sup> / second.*

*The results of the synchronization of the evaluation of numerical simulations used in this study with field measurements are the same, so the numerical simulations in this study are relevant to be used for drainage channel simulations. The margin of error is obtained with an average of 10.8223 %.*

**Keywords:** Drainage, SWMM, Discharge.

## PENDAHULUAN

Sekitar tahun 2017 di Perumahan Semarang Indah Kecamatan Semarang Barat Kota Semarang terjadi luapan pada saluran drainase yang diakibatkan oleh rendahnya permukaan jalan serta sempitnya saluran drainase di Perumahan Semarang Indah tersebut. Sistem drainase merupakan salah satu bagian yang penting dalam perencanaan pembangunan suatu kawasan pemukiman. Kerangka rembesan adalah salah satu bagian penting dalam perbaikan penataan lokasi lokal. Kerangka kerja rembesan yang bagus harus memiliki opsi untuk mewajibkan pelepasan air sebanyak yang bisa diharapkan, sehingga jika pelepasan air di luar apa yang diharapkan, kerangka kerja rembesan seperti itu dalam hal apa pun dapat mengumpulkan dan menyalurkannya sehingga tidak ada genangan air saat hujan dan banjir. Solusi untuk mengatasi genangan di daerah perumahan yakni dengan sebuah pemodelan. Pemodelan ini berupa *software* EPA SWMM (*Environment Protection Agency Storm Water Management Model*). SWMM mampu memodelkan permasalahan kuantitas limpasan daerah perkotaan dan kondisi yang terjadi dilapangan dengan memasukan parameter yang tercatat dalam kondisi sesungguhnya.

Untuk di Kota Semarang khususnya Kecamatan Semarang Barat, banjir sudah menjadi langganan untuk setiap tahunnya. Salah satu daerah yang mengalami banjir adalah Perumahan Semarang Indah. Akibat terjadi nya banjir didaerah tersebut adalah karena tinggi nya intensitas curah hujan serta kapasitas saluran drainase tidak mampu menampung debit dalam curah hujan tertentu.

## TINJAUAN PUSTAKA

Ketidakpastian banjir adalah suatu kondisi yang menggambarkan apakah suatu wilayah tidak sulit terkena dampak banjir mengingat faktor-faktor reguler yang mempengaruhi banjir, termasuk variabel meteorologi (gaya curah hujan, pengangkutan curah hujan, kekambuhan dan jangka waktu curah hujan) dan kualitas DAS (kemiringan lahan/kelereng, tingkat tanah testur tanah dan penggunaan lahan) (suherlan, 2001). Istilah banjir sekarang dan lagi dibandingkan dengan pencelupan, sehingga penyampaian data bencana banjir di suatu ruang ternyata kurang tepat.

Perendaman adalah banjir air yang baru saja terjadi di dalam hanya beberapa jam setelah hujan mulai turun. Perendaman terjadi karena banjir air di selokan, membuat air berkumpul dan diadakan di ruang dengan ketinggian air 5 hingga >20 cm. Sementara itu, banjir adalah banjir air dengan pelepasan besar yang ditahan di wilayah rendah dengan ketinggian air 30 hingga > 200 cm. Menurut M. Syahril (2009), Kelas atau semacam banjir dipartisi mengingat luas mata air aliran permukaan dan mengingat komponen peristiwa banjir.

1. Berdasarkan luas sumber aliran permukaan:
  - a. Banjir Transfer (banjir beruntun): Banjir yang disebabkan oleh curah hujan tinggi di lingkup atas sungai.
  - b. Banjir lokal: banjir yang terjadi karena volume hujan di dekatnya yang melampaui batas pemindahan di suatu ruang.

2. Berdasarkan mekanisme banjir yang terdiri dari 2 jenis, yaitu:
  - a. Banjir Biasa: Banjir yang disebabkan oleh Hujan
  - b. Banjir Tidak Teratur: Banjir yang disebabkan oleh selain hujan, seperti tsunami, gelombang pasang, dan penghancuran bendungan.

Hipotesis pemeriksaan hidrologi adalah salah satu bagian investigasi yang mendasari dalam rencana struktur bertenaga air di mana data dan ukuran yang didapat dalam pemeriksaan hidrologi merupakan kontribusi yang signifikan terhadap pemeriksaan berikutnya. Curah hujan di suatu ruang adalah salah satu elemen yang menentukan berapa banyak pelepasan banjir yang terjadi di ruang yang mendapatkannya.

### 1. Data hujan hilang

Kekurangan data pada stasiun dapat dilengkapi dengan perkiraan jumlah berdasarkan data dari tiga atau lebih stasiun terdekat. Terdapat 2 cara untuk mengoreksi data seperti berikut :

- a. Metode Perbandingan Normal

Data yang hilang dapat diperkirakan menggunakan rumus diantara lain:

$$\frac{P_x}{N_x} = \left(\frac{P_1}{N_1}\right) + \left(\frac{P_2}{N_2}\right) + \dots + \left(\frac{P_n}{N_n}\right)$$

Keterangan :

- $P_x$  = Hujan yang hilang di stasiun x  
 $P_1, P_2, P_n$  = Data hujan di stasiun sekitarnya pada periode yang sama  
 $N_x$  = Hujan tahunan di stasiun x  
 $N_1, N_2, N_n$  = Hujan tahunan di stasiun sekitar  
 $N$  = Jumlah stasiun hujan di sekitar x

- b. *Reciprocal Method*

Cara ini lebih baik karena memperhitungkan jarak antar stasiun ( $L_i$ )

Sebagai berikut.

$$P_x = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{L_{i2}}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{L_{i2}}}$$

### 2. Uji konsistensi data

Informasi yang diperoleh dari alat pencatat, dapat salah karena alat telah rusak, alat berpindah tempat, area alat rusak atau ada informasi yang tidak disetujui. Jika ini semua terjadi, itu akan sangat merugikan. Dengan cara ini, pengujian sifat data hujan sangat penting.

### 3. Perhitungan kurva massa ganda

Menguji homogenitas data dengan cara membandingkan nilai kumulatif tahunan unsur iklim di satu stasiun yang diuji dengan nilai kumulatif unsur iklim yang sama dari rata-rata beberapa stasiun pembanding dalam periode waktu tertentu. Data dikatakan homogen saat garis yang dihasilkan konsisten, apabila ditemui pembelokan kurva pada tahun tertentu (*break event point*) yang berarti ketidakhomogenan data mulai terjadi pada tahun tersebut.

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n}$$

- $P$  = Hujan rerata kawasan  
 $P_{1, \dots, n}$  = Hujan di stasiun 1, 2, 3, ..., n  
 $n$  = Jumlah stasiun.

### 4. Penentuan hujan kawasan

Stasiun pemeriksaan hujan hanya memberikan kedalaman hujan di tempat stasiun hujan ditemukan, sehingga curah hujan di suatu ruang harus dinilai dari titik perkiraan. Dalam pemeriksaan hidrologi, seringkali penting untuk menentukan tipikal curah hujan dalam ruang yang mungkin terjadi dengan tiga strategi, khususnya teknik juggling mean, strategi Thiessen, strategi isohiet, dan teknik objektif.

### 5. Debit Puncak

$$Q = 0,278 CIA$$

Keterangan :

- $Q$  = Debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan dengan intensitas, durasi, dan frekuensi tertentu ( $m^3/detik$ )  
 $I$  = Intensitas hujan (mm/jam)  
 $A$  = Luas daerah tangkapan ( $km^2$ )

$C$  = Koefisien aliran yang tergantung pada jenis permukaan lahan

### 6. Debit aliran air (Q)

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

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24^2}{T_c} \right)$$

Keterangan :

$Q$  = debit aliran air (m<sup>3</sup>/detik)

$C$  = koefisien pengaliran rata-rata dari  $C_1, C_2, C_3$

$I$  = intensitas curah hujan (mm/jam)

$A$  = Luasan daerah layanan (km<sup>2</sup>) terdiri atas  $A_1, A_2, A_3$

$R_{24}$  = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)

$T_c$  = waktu konsentrasi (menit)

### 7. Analisis Distribusi Frekuensi

Metode yang digunakan dalam menganalisa distribusi frekuensi yaitu, metode Distribusi *Gumbel*, metode Distribusi *Log Pearson III*, Distribusi Normal, Distribusi Log Normal.

#### A. Metode *Gumbel*

$$S_d = R + \frac{\tau_R}{\tau_n} (Y_t - Y_n)$$

Keterangan :

$R$  = Tinggi hujan rata-rata (cm)

$S_d$  = Standar deviasi

$n$  &  $Y_n$  = Didapat dari tabel *reduced mean and standar deviation*

$Y_t$  = Didapat dari tabel *reduced variate* pada PUHt tahun

Rentang keyakinan (*Convidence Interval*) untuk harga-harga RT.

Rumus :

$$Rk = \pm \cdot t(a) \cdot Se$$

Dimana :

$Rk$  = Rentang keyakinan (*Convidence Interval*, mm/jam)

$t(\alpha)$  = Fungsi  $\alpha$

$Se$  = *Probability Error* (deviasi)

#### B. Metode Log Pearson III

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut (Soemarto C.D.,1995) :

a. Mengubah data curah hujan sebanyak  $n$  buah  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  menjadi  $\log(X_1), \log(X_2), \log(X_3), \dots, \log(X_n)$ .

b. Menghitung harga rata-ratanya dengan rumus :

$$\text{Log } X = \frac{\sum_{i=1}^n \log(X_i)}{n}$$

Keterangan :

$\log X$  = Harga rata-rata logaritmik

$X_i$  = Nilai curah hujan tiap-tiap

$n$  = Jumlah data

c. Menghitung logaritma hujan rencana dengan periode ulang  $T$  tahun dengan rumus :

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n \{\log(X_i) - \log(X)\}^2}{n}$$

Keterangan :

$S$  = Standar deviasi

d. Menghitung koefisien *skewness* (CS) dengan rumus :

$$CS = \frac{\sum_{i=1}^n \{\log(X_i) - \log(X)\}^3}{(n-1) - (n-2)S^3}$$

Keterangan :

$CS$  = koefisien *skewness*

e. Menghitung Logaritma hujan rencana dengan periode ulang  $T$  tahun dengan rumus :

$$\text{Log } Y = \text{Log } X + k \cdot S$$

$$X_t = 10^{\log Y}$$

Keterangan :

$X_t$  = Curah hujan rencana periode ulang  $T$  tahun

$K$  = Harga yang diperoleh berdasarkan nilai  $CS$

$S$  = Standar deviasi

#### C. Metode Distribusi Normal

$$X_r = X + K_T S$$

$$K_T = \frac{X_T - X}{S}$$

Keterangan :

$X_r$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang  $T$  tahun

$X$  = nilai rata-rata hitung varian

$S$  = deviasi standar nilai varian  
 $K_T$  = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang

D. Metode Distribusi Log Normal

$$Y_T = Y + K_T S$$

Keterangan :

$Y_T$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T tahun

$X$  = nilai rata-rata hitung varian

$S$  = deviasi standar nilai varian

$K_T$  = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang

**METODE**

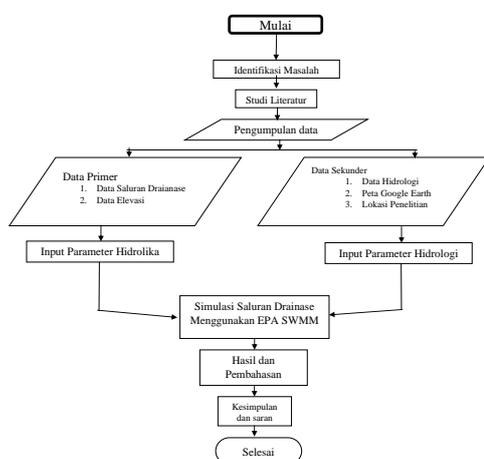
**3. Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian di Perumahan Semarang Indah TawangMas Madukoro.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

**4. Diagram Alir Penelitian**



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

**5. Langkah Penelitian**

Data-data yang diperlukan untuk penyusunan kajian penanganan banjir atau rob dengan sistem polder di kawasan Tawangmas Madukoro Kota Semarang diperoleh dengan langkah sebagai berikut:

a. Studi Pustaka

Mencari tulisan yang menjunjung tinggi eksplorasi ini dan mengumpulkan informasi yang relevan to the point dengan berkonsentrasi pada buku-buku, komposisi logis, data di bidang penelitian dan peraturan dan pedoman yang tepat dan terkait dengan penelitian ini.

b. Observasi Langsung

Proses pengamatan dilakukan dengan melakukan pengambilan dokumen visual melalui foto dan video. Dalam pelaksanaan observasi langsung ini data yang diperoleh lebih fokus pada permasalahan dan potensi lokasi yang lebih detail, mendalam, dan menyeluruh. Data hasil observasi langsung ini akan disilangkan dengan data yang dihasilkan dari studi pustaka, dengan demikian data yang terkumpul cukup valid.

c. Modelling banjir menggunakan EPA SWMM

SWMM adalah program simulasi unuk melakukan hitungan hidrologi dan hidarulika. Evaluasi system drainase juga dilakukan simulasi dengan program EPA SWMM. Ada beberapa data yg di perlukan dalam simulasi pemodelan dengan EPA SWMM yaitu data subcatchment, junction, conduit, dan data curah hujan interval waktu. SWMM mengubah hujan di subcatchment menjadi luapan langsung di darat. SWMM memajukan luapan langsung ini ke saluran melalui persimpangan dan kemudian memainkan aliran yang digerakkan oleh air di konduktor. Konsekuensi dari perhitungan SWMM adalah pelepasan spillover dari daerah tangkapan hujan, profil muka air di saluran, dan profil kecepatan aliran di saluran

Saluran samping adalah saluran yang dibuat di sebelah kanan dan dilewatkan pada sisi yang mampu menampung dan mengeluarkan air dari permukaan jalan dan

daerah pembuangan di sekitar jalan. Dalam merencanakan sisi saluran jalan, harus dilihat sebagai dampak material untuk saluran dengan kecepatan aliran rencana yang tidak ditentukan oleh sifat-sifat yang digerakkan oleh tekanan dari segmen saluran (kemiringan saluran).

Tabel 1. Koefisien Pengaliran

Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
1. Jalan beton dan jalan aspal	0,70 – 0,95
2. Jalan kerikil & jalan tanah	0,40 – 0,70
3. Bahu jalan:	
- Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65
- Tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20
- Batuan masif keras	0,70 – 0,85
- Batuan masif lunak	0,60 – 0,75
4. Daerah perkotaan	0,70 – 0,95
5. Daerah pinggir kota	0,60 – 0,70
6. Daerah industri	0,60 – 0,90
7. Permukiman padat	0,60 – 0,80
8. Permukiman tidak padat	0,40 – 0,60
9. Taman dan kebun	0,20 – 0,40
10. Persawahan	0,45 – 0,60
11. Perbukitan	0,70 – 0,80
12. Pegunungan	0,75 – 0,90

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data curah hujan didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum Kota Semarang, yaitu data curah hujan 10 tahun mulai dari tahun 2011 sampai 2020 pada 3 stasiun pengamatan hujan yang tersebar di kota maupun Kota Semarang. Data-data curah hujan yang digunakan cukup representatif karena 3 stasiun tersebut berpengaruh pada debit lokasi penelitian, yaitu di Tawangmas Madukoro Kecamatan Semarang Barat, Kota Semarang. Data curah hujan 3 stasiun mulai dari Stasiun Ahmad Yani, Stasiun Tanjung Emas dan Stasiun Klimatologi.

Tabel 2. Data Jumlah Curah Hujan

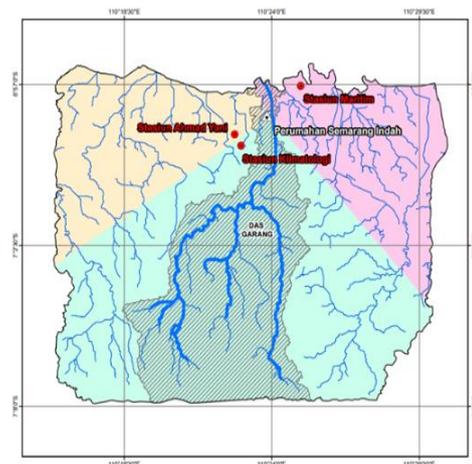
No	Tahun	STA. Ahmad Yani	STA. Maritim	STA. Klimatologi
1	2011	2122	1852	1468
2	2012	2467	2039	1131
3	2013	2875	2456	2200
4	2014	2376	2358	2085
5	2015	1746	1583	1726
6	2016	2723	2207	2382
7	2017	2620	2248	2460
8	2018	2432	1990	1976
9	2019	1454	1741	1249
10	2020	2560	2249	2398

Tabel 3. Data Curah Hujan Rerata

No	Tahun	STA. Ahmad Yani	STA. Maritim	STA. Klimatologi
1	2011	20.718	12.397	15.467
2	2012	16.055	14.356	13.5
3	2013	16.394	15.129	11.929
4	2014	25.865	31.997	20.129
5	2015	9.448	10.333	11.321
6	2016	14.588	11.883	14.608
7	2017	16.04	17.179	15.742
8	2018	23.42	26.506	20.054
9	2019	10.502	12.348	8.06
10	2020	14.701	13.592	13.559

### 1. Perhitungan hujan rerata DAS

Teknik Thiessen digunakan untuk memberikan sebidang area dampak pos penangkap hujan dan menutupi disparitas jarak. Teknik poligon Thiessen harus dimungkinkan dengan membuat garis penghubung antara setiap stasiun dan kemudian menentukan batas yang berlawanan. Keuntungan dari strategi ini adalah cenderung digunakan untuk daerah dengan informasi curah hujan yang dapat diabaikan.



Gambar 3 Peta Polygon Thiessen

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Thiessen*

No	Nama Stasiun	Luas (A) (km <sup>2</sup> )	Koef. Thiessen (C) %
1	Ahmad Yani	100,944	0,200
2	Maritim	93,541	0,614
3	Klimatologi	300,914	0,185
Jumlah		504,399	1

Tabel 5. Rerata Hujan Harian

Perhitungan Rerata Hujan Harian								
No	Tahun	Ahmad Yani		Maritim		Klimatologi		Harian rata-rata (X <sub>i</sub> ) (mm)
		0.20		0.19		0.61		
		RI	CRI	RI	CRI	RI	CRI	
1	2011	20.718	4.14	12.397	2.29	15.467	9.50	15.93
2	2012	16.055	3.21	14.356	2.66	13.5	8.29	14.16
3	2013	16.394	3.28	15.129	2.80	11.929	7.32	13.40
4	2014	25.865	5.17	31.997	5.92	20.129	12.36	23.45
5	2015	9.448	1.89	10.333	1.91	11.321	6.95	10.75
6	2016	14.588	2.92	11.883	2.20	14.608	8.97	14.09
7	2017	16.04	3.21	17.179	3.18	15.742	9.67	16.05
8	2018	23.42	4.68	26.506	4.90	20.054	12.31	21.90
9	2019	10.502	2.10	12.348	2.28	8.06	4.95	9.33
10	2020	14.701	2.94	13.592	2.51	13.599	8.33	13.78
Jumlah								152.85
Rata-rata (X <sub>r</sub> )								15.28

Tabel 6. Perhitungan Curah Hujan Sub-DAS

No.	Tahun	STA. Ahmad Yani	STA. Maritim	STA. Klimatologi	Jumlah
1	2011	5.68	3.40	4.24	13.32
2	2012	4.40	3.94	3.70	12.04
3	2013	4.50	4.15	3.27	11.91
4	2014	7.09	8.77	5.52	21.38
5	2015	2.59	2.83	3.10	8.53
6	2016	4.00	3.26	4.01	11.26
7	2017	4.40	4.71	4.32	13.42
8	2018	6.42	7.27	5.50	19.19
9	2019	2.88	3.39	2.21	8.48
10	2020	4.03	3.73	3.72	11.48
Jumlah					131.01
Rata-Rata					13.10

## 2. Uji Kesesuaian *Smirnov-Kolmogorov*

Metode ini merupakan uji non parametrik karena pengujiannya tidak menggunakan distribusi untuk menentukan data yang berasal dari suatu populasi yang memiliki sebaran data tertentu. Berdasarkan data yang ada, nilai n adalah 15, sehingga didapatkan nilai derajat kepercayaan 0,05 adalah 0,41.

Tabel 7. Uji *Smirnov-Kolmogorov* Tiap Distribusi

Debit (m <sup>3</sup> /dt)	P = m/(N+1)	NORMAL		LOG-NORMAL		GUMBEL		LOG-PEARSON III	
		P(x >= X <sub>m</sub> )	Do						
21.384	0.091	0.024	0.067	0.037	0.054	0.043	0.048	0.050	0.041
19.188	0.182	0.072	0.109	0.078	0.104	0.083	0.099	0.087	0.095
13.424	0.273	0.469	0.196	0.412	0.140	0.399	0.126	0.379	0.106
13.320	0.364	0.479	0.115	0.423	0.059	0.408	0.045	0.389	0.025
12.040	0.455	0.600	0.146	0.557	0.103	0.541	0.086	0.522	0.067
11.914	0.545	0.612	0.067	0.571	0.026	0.555	0.009	0.536	0.009
11.475	0.636	0.652	0.015	0.620	0.017	0.604	0.033	0.588	0.048
11.263	0.727	0.670	0.057	0.643	0.084	0.628	0.100	0.614	0.113
8.528	0.818	0.863	0.045	0.903	0.085	0.899	0.081	0.920	0.102
8.475	0.909	0.866	0.043	0.907	0.002	0.902	0.007	0.924	0.015
DKritik = 0.410		0.196		0.140		0.126		0.113	
		Diterima		Diterima		Diterima		Diterima	

## 3. Uji Kesesuaian *Chi Square Test*

Metode yang digunakan dalam untuk menguji suatu sebaran data curah hujan adalah metode Uji Chi Kuadrat (*Chi Square Test*). Adapun proses perhitungan uji sebaran data curah hujan sebagai berikut.

$$\text{Rata-rata} = 13.101$$

$$\text{Standar Deviasi} = 4,172$$

$$\text{Koefisien Kemencengan} = 1.12$$

$$\text{Koefisien Kurtosis} = 0.699$$

$$\text{Koefisien Variasi} = 0,318$$

Tabel 8. Penentuan Hasil Distribusi

No.	Distribusi	Persyaratan	Hasil Perhitungan			Kesimpulan
			Cv	Cs	Ck	
1	Normal	Cs = 0		1.1200		Tidak Memenuhi
		Ck = 0			0.6992	
2	Log Normal	Cs = 3Cv + Cv <sup>3</sup>	0.3185	1.1200		Tidak Memenuhi
		0.2859	0.3185			
3	Gumbel	Cs ≤ 1,1396		1.1200		Tidak Memenuhi
		Ck ≤ 5,4002			0.6992	
4	Log Pearson III	Cs ≠ 0		1.1200		Memenuhi

Tabel 9. Hasil Rekapitulasi

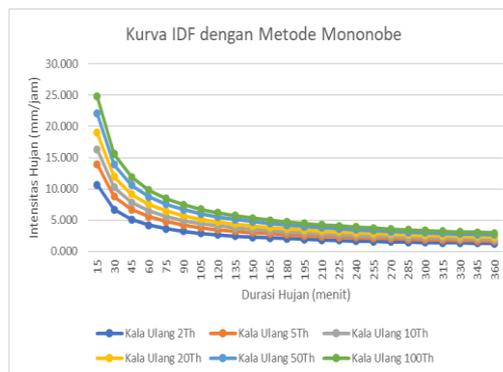
Distribusi Probabilitas	Dmax	Dcr	Keterangan
Normal	0.196	0.41	Diterima
Log Normal	0.140	0.41	Diterima
Gumbel	0.126	0.41	Diterima
Log Person III	0.113	0.41	Diterima

## 4. Perhitungan *Mononobe*

Proses perhitungan berikut adalah menghitung gaya presipitasi menggunakan teknik Mononobe. Strategi Mononobe menyiratkan bahwa curah hujan tipikal dalam satu hari adalah sekitar 6 jam, sedangkan jangka waktu singkat hujan yang digunakan dalam penelitian ini ditentukan selama 60 menit. Untuk mengetahui pengaturan hujan menggunakan resep Mononobe, informasi curah hujan harian dengan waktu kembali 2, 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun harus dapat diakses.

Tabel 10. Hasil Perhitungan *Mononobe*

Dengan Rumus Mononobe			
<b>A. P2 Tahun</b>			
Waktu Konsentrasi	tc	0.187	Jam
Intensitas hujan	It	12.954	mm/ jam
Debit Puncak	Qp	2.699	m3/ s
<b>B. P5 Tahun</b>			
Waktu Konsentrasi	tc	0.187	Jam
Intensitas hujan	It	16.953	mm/jam
Debit Puncak	Qp	3.532	m3/s
<b>C. P10 Tahun</b>			
Waktu Konsentrasi	tc	0.187	Jam
Intensitas hujan	It	19.842	mm/jam
Debit Puncak	Qp	4.134	m3/ s



Gambar 3 Kurva IDF keseluruhan dengan Metode *Mononobe*

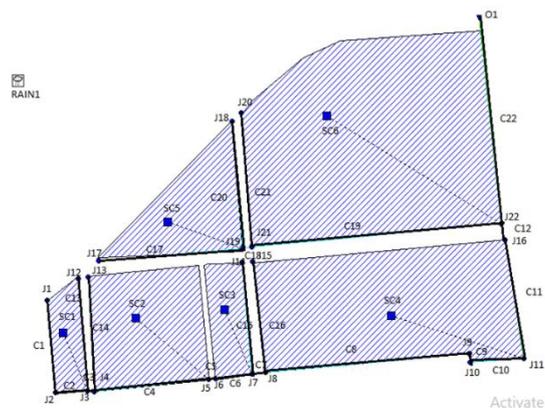
Tabel 11. Hasil Intensitas Hujan

Durasi (Menit)	Intensitas Hujan (mm)					
	2	5	10	20	50	100
15	10.6781	13.9740	16.3548	18.9864	22.0861	24.7880
30	6.7268	8.8030	10.3029	11.9607	13.9134	15.6155
45	5.1335	6.7180	7.8626	9.1277	10.6179	11.9168
60	4.2376	5.5456	6.4904	7.5348	8.7649	9.8371
75	3.6519	4.7790	5.5933	6.4933	7.5533	8.4774
90	3.2339	4.2321	4.9531	5.7501	6.6889	7.5071
105	2.9181	3.8187	4.4694	5.1885	6.0356	6.7740
120	2.6695	3.4935	4.0887	4.7466	5.5215	6.1970
135	2.4679	3.2297	3.7799	4.3881	5.1045	5.7290
150	2.3005	3.0106	3.5235	4.0905	4.7583	5.3404
165	2.1589	2.8253	3.3066	3.8387	4.4654	5.0116
180	2.0372	2.6660	3.1203	3.6223	4.2137	4.7292
195	1.9314	2.5275	2.9581	3.4341	3.9948	4.4835
210	1.8383	2.4057	2.8155	3.2686	3.8022	4.2673
225	1.7556	2.2975	2.6890	3.1216	3.6313	4.0755
240	1.6817	2.2008	2.5757	2.9902	3.4783	3.9039
255	1.6151	2.1136	2.4737	2.8717	3.3406	3.7492
270	1.5547	2.0346	2.3812	2.7644	3.2157	3.6091
285	1.4997	1.9625	2.2969	2.6665	3.1018	3.4813
300	1.4492	1.8966	2.2197	2.5769	2.9975	3.3643
315	1.4029	1.8359	2.1486	2.4944	2.9016	3.2566
330	1.3600	1.7798	2.0830	2.4182	2.8130	3.1571
345	1.3203	1.7278	2.0222	2.3476	2.7309	3.0649
360	1.2834	1.6795	1.9656	2.2819	2.6545	2.9792

Hasil dari perhitungan intensitas hujan dengan Metode *Mononobe* tersebut kemudian dihubungkan dengan durasi dan frekuensi dalam bentuk kurva, kurva yang dimaksud adalah jenis kurva yang biasa disebut dengan kurva IDF. Berikut merupakan kurva IDF dengan Metode *Mononobe* berdasarkan kala ulang 2, 5, 10, 15, 20, 50, dan 100 tahun..

### 5. Simulasi Dengan Program EPA SWMM

Evaluasi system drainase juga dilakukan simulasi dengan program EPA SWMM. Ada beberapa data yg di perlukan dalam simulasi pemodelan dengan EPA SWMM yaitu data subcatchment, junction, conduit, dan data curah hujan interval waktu.

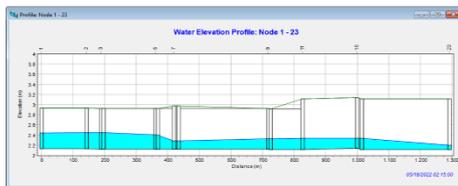


Gambar 5 Pemodelan Sistem Saluran Drainase

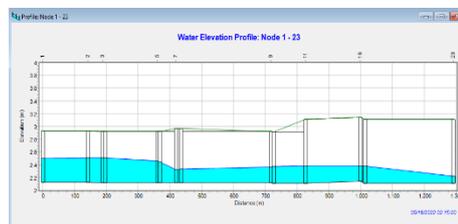
Evaluasi saluran eksisting yaitu sebelum dilakukan perencanaan dilakukan dengan perhitungan manual dengan bantuan excell dan dengan simulasi program bantu EPA SWMM. Debit yang dihasilkan pada setiap saluran /conduit tersebut kemudian dibandingkan.

Tabel 12. Hasil Debit SWMM

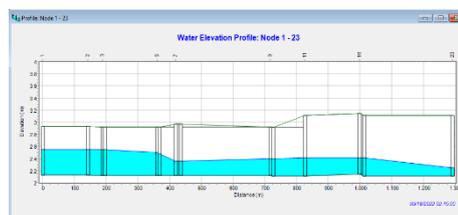
Conduit	Panjang (m)	Q SWMM(m <sup>3</sup> /s)
C1	142.1	1.403
C2	48.6	1.021
C3	7.5	0.721
C4	169.3	0.802
C5	8	1.241
C6	59.21	1.403
C7	10	1.109
C8	281.78	1.203
C9	5	1.098
C10	84.83	1.098
C11	170.53	0.842
C12	15	0.972
C13	289.3	1.521
C14	7.5	1.403
C15	163.93	1.021
C16	8	0.721
C17	54.95	0.802
C18	10	1.241
C19	362.49	1.403
C20	217.96	1.401
C21	10	1.203
C22	363.44	1.098



Gambar 6. Profil Plot Kala Ulang 2 Tahun



Gambar 7. Profil Plot Kala Ulang 5 Tahun



Gambar 8. Profil Plot Kala Ulang 10 Tahun

## 6. Analisa Hidrolika

Besarnya koefisien aliran air (limpasan) yang ditunjukkan oleh nilai C dapat diambil dari pola aliran ke bentuk penggunaan lahan, sedangkan koefisien aliran gabungan (gabungan Cr) dihitung untuk setiap beban yang lebih dari satu saluran. Besarnya debit limpasan hujan ditentukan oleh besarnya intensitas hujan yang terjadi, luas wilayah, dan fungsi penggunaan lahan.

## 7. Perhitungan kapasitas saluran

Kondisi lapangan, khususnya ketika tidak ada sedimen (Qsaluran), digunakan untuk menghitung kapasitas saluran yang ada di wilayah Tawangmas Madukoro.

Berdasarkan hasil pengukuran drainase di lingkungan Tawangmas Madukoro, selanjutnya kapasitas saluran dihitung menggunakan persamaan manning.

Tabel 13. Perhitungan Kapasitas Saluran

Conduit	H (m)	B (m)	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	S	n	V (m/s)	Qkaps (m <sup>3</sup> /s)
C1	0.45	0.6	0.27	1.5	0.180	0.030	0.013	5.5217	1.4909
C2	0.45	0.6	0.27	1.5	0.180	0.030	0.013	4.2475	1.1468
C3	0.45	0.6	0.27	1.5	0.180	0.030	0.013	4.2475	1.1468
C4	0.45	0.6	0.27	1.5	0.180	0.030	0.013	4.2475	1.1468
C5	0.45	0.6	0.27	1.5	0.180	0.030	0.013	4.2475	1.1468
C6	0.45	0.6	0.27	1.5	0.180	0.041	0.013	4.9577	1.3386
C7	0.45	0.6	0.27	1.5	0.180	0.030	0.013	4.2475	1.1468
C8	0.45	0.6	0.27	1.5	0.180	0.007	0.013	2.0726	0.5596
C9	0.45	0.6	0.27	1.5	0.180	0.051	0.013	5.5581	1.5007
C10	0.45	0.6	0.27	1.5	0.180	0.030	0.013	4.2475	1.1468
C11	1.5	2	3	5	0.600	0.0001	0.013	0.5472	1.6416
C12	1.5	2	3	5	0.600	0.0001	0.013	0.5472	1.6416
C13	1.5	2	3	5	0.600	0.0001	0.013	0.5472	1.6416
C14	0.45	0.6	0.27	1.5	0.180	0.030	0.013	4.2475	1.1468
C15	0.45	0.6	0.27	1.5	0.180	0.025	0.013	3.8614	1.0426
C16	0.45	0.6	0.27	1.5	0.180	0.030	0.013	4.2475	1.1468
C17	0.45	0.6	0.27	1.5	0.180	0.030	0.013	4.2475	1.1468
C18	0.45	0.6	0.27	1.5	0.180	0.030	0.013	4.2475	1.1468
C19	0.45	0.6	0.27	1.5	0.180	0.030	0.013	4.2475	1.1468
C20	0.45	0.6	0.27	1.5	0.180	0.041	0.013	4.9713	1.3423
C21	0.45	0.6	0.27	1.5	0.180	0.030	0.013	4.2475	1.1468
C22	0.45	0.6	0.27	1.5	0.180	0.030	0.013	4.2475	1.1468



Gambar 9. Dokumentasi Lapangan

## PEMBAHASAN

Untuk penelitian ini ternyata dapat dinyatakan aman dari banjir yang dilakukan perencanaan dengan simulasi program bantu EPA SWMM dan pengukuran di lapangan. Sehingga tidak diperlukan untuk evaluasi perencanaan yang baru untuk memperbaiki saluran drainase yang terdapat di Perumahan Semarang Indah Tawangmas Madukoro, Kota Semarang.

Perbandingan dilakukan untuk melihat hasil debit yang relatif sama atau berbeda dengan melihat hasil grafik debit pengukuran lapangan dan debit hasil simulasi EPA SWMM.

## PENUTUP

### 1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan evaluasi debit saluran drainase di lingkungan Semarang Indah Madukoro, maka dapat didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil evaluasi saluran drainase menggunakan EPA SWMM yang terletak di Perumahan Semarang Indah Kecamatan Semarang Barat Kota Semarang ada dapat dinyatakan aman dari banjir dengan kala ulang 2, 5, dan 10 tahun yang di dapatkan perhitungan saluran dapat disimpulkan bahwa saluran drainase di lingkungan Semarang Indah Madukoro dapat menampung debit hujan dengan baik.
2. Dari hasil perhitungan didapatkan hujan dengan kala ulang 2 tahun = 12,223 mm, 5 tahun = 15,996 mm dan 10 tahun = 18,721 mm.
3. Berdasarkan hasil perbandingan dan analisis, hasil simulasi numerik EPA SWMM dan perhitungan pengukuran lapangan, menunjukkan bahwa hasil antar keduanya memiliki kesamaan dan perbedaan nilai dapat dibandingkan dengan sejajar. Hasil evaluasi saluran eksisting di peroleh ukuran saluran dengan H 0,45 m dan B 0,6 m. Oleh karena itu, evaluasi sistem drainase dengan menggunakan program bantu EPA SWMM relevan untuk digunakan.

### 2. Saran

Saran yang dapat ditawarkan peneliti didasarkan pada temuan penelitian mereka yang berjudul "Evaluasi Saluran Drainase di Perumahan Semarang Indah, Kota Semarang" karena area penelitian dilindungi

dari banjir yang disebabkan hujan. Jika banyak hujan yang memiliki banyak debit, beberapa daerah perlu memiliki lebih banyak jalan dan saluran drainase agar air hujan tidak meluap terlalu banyak. Pompa air perlu dijinakkan untuk mengeluarkan air yang meluap dari saluran drainase di Perumahan Semarang Indah Kota Semarang.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adib. 2020. *Analisis Banjir Sistem Rob Polder Tawang Kota Lama Semarang Utara*. Jurnal Kajian Teknik Sipil, Vol. 5, No. 01, Tahun 2020, Halaman 14-27. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Rekayasa, Universitas Selamat Sri Jl. Soekarno Hatta KM.03 Kendal Indonesia.
- [2] Andung, dkk. 2020. *Application of Sustainable Road Drainage System: Simulation by Using SWMM Program*. *Civil Engineering and Architecture* 8(2): 55-65, 2020. Department of Civil Engineering, Diponegoro University, Indonesia.
- [3] Damayanti, dkk. 2019. *Perencanaan Sistem Drainase Wilayah Tawang Sari Dan Tawang Mas Semarang Barat*. Jurnal Karya Teknik Sipil, Volume 6, Nomor 2, Tahun 2017, Halaman 194-203 *Online*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- [4] [EPA] *Environmental Protection Agency*. 2015. *Storm Water Management Model (SWMM) Version 5.1. with Low Impact Development (LID)*.
- [5] Ibrahim, dkk. 2018. *Aplikasi Software Swmm Untuk Studi Permasalahan Banjir Pada Kawasan Politeknik Negeri Lhokseumawe*. PORTAL Jurnal Teknik Sipil Vol. 10, No. 1, April 2018. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- [6] Sharad, dkk. 2017. *A Brief Review of Flood Forecasting Techniques and Their Applications*, *International Journal of River Basin Management*.
- [7] Putra, dkk. 2020. *Analisis Banjir Di Kawasan Jondul Rawang Kota Padang*. Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa Volume 15, Nomor 2, April 2020. Jurusan Teknik Sipil

Politeknik Negeri Padang Kampus Limau  
Manis Padang.