

# Perencanaan Ulang Saluran Drainase pada Perumahan Sutorejo, Surabaya Timur

Jagad Dhita Kustyaningrum, Umboro Lasminto, dan Novi Andriany Teguh  
 Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
 email: andrianynovi@gmail.com

**Abstrak**—Pembangunan pemukiman terbilang cukup tinggi pada daerah Surabaya, khususnya Surabaya Timur. Sutorejo salah satunya juga menjadi salah satu sasaran pembangunan perumahan dengan luas ±84,08 ha. Sutorejo yang terletak di dekat pantai memiliki kontur yang cukup rendah dan datar. Apabila memasuki musim penghujan dan terjadi intensitas hujan tinggi maka dapat menyebabkan banjir pada sistem drainasenya. Hal ini dikarenakan saluran eksistingnya banyak yang berubah dan tidak direncanakan dengan pembangunan saat ini, sehingga limpasan air yang terjadi mengakibatkan munculnya genangan banjir. Hal ini perlu diatasi dengan cara membuat fasilitas drainase penunjang seperti pembuatan kolam tampung, pompa, dan pintu, atau bias juga penambahan dan perubahan dimensi saluran. Metode yang akan digunakan untuk mengatasi genangan banjir pada perumahan Sutorejo yaitu dengan menggunakan analisis hidrologi dan hidrolika menggunakan program bantu *Storm Water Management Model*. Lalu dicek pada program bantu SWMM apakah saluran mengalami banjir atau tidak. Setelah dilakukan analisis dilanjutkan ke perencanaan ulang saluran dan penambahan fasilitas drainase yang dibutuhkan untuk menunjang agar saluran yang ada tidak mengalami banjir. Hasil dari penelitian ini adalah didapatkannya limpasan air hujan yang dapat mengalir dari hulu sampai hilir tanpa menyebabkan munculnya genangan banjir. Kemudian didapatkan debit limpasan dari air hujan maksimum sebesar 12,01 m<sup>3</sup>/dtk ketika satu jam setelah hujan dimulai. Kolam Tampung yang berada di hilir dengan luas 1600 m<sup>2</sup> dengan kedalaman 3 m. Pompa sebanyak 2 unit dengan model 650HW-7 dan flow 3600 m<sup>3</sup>/h atau 1 m<sup>3</sup>/dtk. Pintu air 1 yang terletak pada bagian hilir setelah kolam tampung dekat *outfall* 1 dengan lebar 0,8 m, tinggi 1 m, tebal 0,01 m, dan diameter stang 5 cm. Pintu air 2 yang terletak sebelum kolam tampung dengan lebar 0,8 m, tinggi 0,65 m, tebal 0,01 m, dan diameter stang 5 cm.

**Kata kunci**—*Drainase, Genangan Banjir, Kolam Tampung, Perumahan Sutorejo, Pintu Air, Pompa, Storm Water Management Model*

## I. PENDAHULUAN

KOTA Surabaya merupakan ibu kota Propinsi Jawa Timur yang termasuk kedalam kota metropolitan dan berperan penting di Indonesia. Sehingga hal ini menyebabkan banyaknya pembangunan pemukiman atau perumahan baru serta fasilitas penunjang penduduk lainnya di Surabaya menjadi cukup tinggi. Surabaya Timur merupakan salah satu daerah di Surabaya yang menjadi sasaran dari *developer* perumahan. Sutorejo yang termasuk ke dalam wilayah Surabaya Timur dengan luas ±84,08 ha juga tidak luput menjadi salah satu sasaran dibangunnya perumahan *elite* dari para *developer*. Akan tetapi banyaknya pembangunan yang terjadi di Surabaya terkadang belum mempertimbangkan dengan sistem drainase yang ada. Hal ini menyebabkan makin meningkatnya lahan yang kedap air, sehingga air tidak

Tabel 1.  
Data Hujan Maksimum Perumahan Sutorejo

No	Tahun	R <sub>24</sub> (mm)	No	Tahun	R <sub>24</sub> (mm)
1	2002	153,26	14	2001	85,03
2	2016	142,25	15	2013	80
3	1997	123,04	16	2012	77,91
4	2014	120,29	17	2011	75,16
5	2017	117,85	18	2000	73,24
6	2006	107,38	19	2007	66,96
7	1999	100,18	20	1994	66,09
8	1998	98,09	21	1993	62,38
9	2009	91,63	22	2003	58,96
10	2005	88,25	23	2015	58,94
11	1995	87,64	24	2004	58
12	1996	87,64	25	2010	47,45
13	2008	85,05			

Tabel 2.  
Rekapitulasi Cs dan Ck Analisis Distribusi

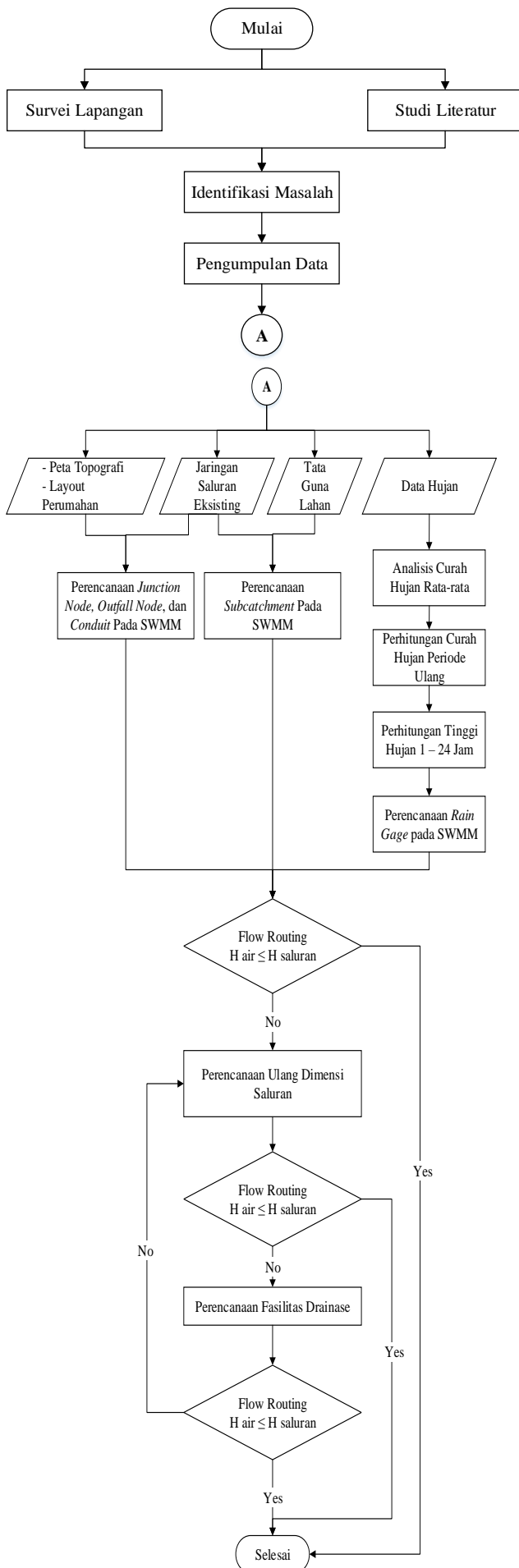
No.	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Analisis Frekuensi		Keterangan
			Cs	Ck	
1	Normal	Cs	0	0,79	NOT OK
		Ck	3	3,49	NOT OK
2	Gumbel	Cs	1,14	0,79	OK
		Ck	5,40	3,49	OK
3	Log Normal	Cs	0,20	0,15	NOT OK
		Ck	3,07	2,88	NOT OK
4	Pearson III	Cs	Fleksibel	0,15	OK
		Ck	Fleksibel	2,88	OK

Tabel 3.  
Rekapitulasi Uji Kecocokan

Distribusi	Uji Kecocokan							
	Chi-Kuadrat	Smirnov		Kolmogorof				
Xh <sup>2</sup>	<	Xh <sup>2</sup> cr	Ket	Dmax	<	Do	Ket	
Gumbel	14,12	>	7,82	NOT OK	0,12	<	0,27	OK
Log-Pearson III	7,4	<	7,82	OK	0,06	<	0,27	OK

dapat meresap ke dalam tanah atau mengalir ke saluran eksisting yang melalui saluran drainase.

Surabaya Timur khususnya daerah Sutorejo yang terletak di dekat pantai memiliki kontur yang cukup rendah dan datar, dan apabila terjadi intensitas hujan tinggi dapat menyebabkan terjadinya genangan banjir. Terjadinya genangan banjir bisa disebabkan karena saluran yang ada tidak direncanakan untuk mengatasi intensitas hujan yang tinggi, atau bisa juga disebabkan oleh datarnya kontur sehingga air tidak dapat mengalir karena gravitasi, dan bisa juga dikarenakan dengan adanya pengaruh pasang surut air laut. Dari hasil pengamatan di lapangan didapatkan adanya genangan di beberapa titik disekitar daerah perumahan Sutorejo, dan dari hasil



Gambar 1. Diagram Alir Pengerjaan.

Tabel 4.  
Tinggi Hujan Setiap Jam

t (jam)	Rt (mm)	R't (mm)
1	58,02	58,02
2	36,55	15,08
3	27,90	10,58
4	23,03	8,42

wawancara kepada penduduk sekitar didapatkan bahwa ada beberapa rumah yang meninggikan lahannya sehingga air yang dari hulu tidak bisa mengalir kearah hilir.

Secara umum masalah banjir di Surabaya khususnya Surabaya Timur memang masih belum dapat teratasi dengan baik, hal ini menyebabkan limpasan air yang terjadi mengakibatkan munculnya genangan banjir seperti yang terjadi pada perumahan Sutorejo. Munculnya genangan banjir dapat diatasi dengan membuat fasilitas drainase penunjang seperti membuat kolam tampung atau *boezem*, membuat tandon di tiap rumah, penambahan dan perubahan dimensi saluran, dan bisa juga dengan menggunakan pompa dan pintu air.

## II. METODOLOGI

### A. Diagram Alir Penelitian

Berikut Gambar 1 merupakan diagram alir dalam pengerjaan penelitian ini:

## III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### A. Analisis Curah Hujan

#### 1) Analisis Curah Hujan Maksimum

Analisis curah hujan dilakukan untuk mengetahui besar tinggi hujan periode ulang perumahan Sutorejo. Dari polygon Thiessen diketahui perumahan Sutorejo hanya dipengaruhi stasiun hujan Larangan dan Keputih saja. Data hujan yang didapatkan yaitu 25 tahun dapat dilihat pada Tabel 1.

#### 2) Analisis Distribusi Frekuensi dan Uji Kecocokan

Dilakukan analisis distribusi frekuensi periode ulang 10 tahun dengan menggunakan metode Normal, Log-Normal, Gumbel, dan Log-Pearson Type III. Rekapitulasi nilai Cs dan Ck untuk masing-masing metode dapat dilihat pada Tabel 2.

Kemudian dilakukan uji kecocokan untuk menentukan kecocokan dari distribusi frekuensi untuk menentukan kesesuaian data yang akan digunakan dengan cara pengujian Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov pada metode Gumbel dan Log-Pearson III. Rekapitulasi untuk uji kecocokan dapat dilihat pada Tabel 3.

#### 3) Perhitungan $R_{24}$ dan Tinggi Hujan 1-24 Jam

Periode ulang dapat diartikan sebagai waktu yang diduga dimana hujan atau debit dengan besaran tertentu yang akan disamakan atau dilampaui dalam jangka waktu yang telah ditentukan [1]. Perhitungan curah hujan periode ulang menggunakan distribusi Log-Pearson type III.

$$\log R = \log \bar{R} + K.Sd$$

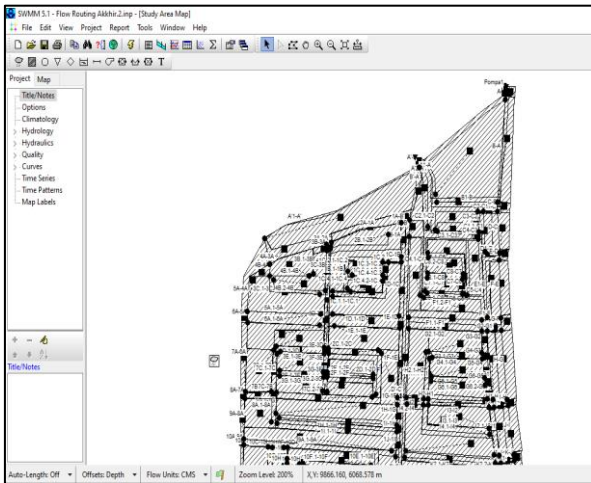
$$\log R = 1,929 + 1,296.0,129$$

$$\log R = 2,095 \text{ mm}$$

$$R_{24} = \text{anti log } X$$

$$R_{24} = 124,451 \text{ mm}$$

Durasi hujan maksimum yang terjadi di Surabaya umumnya sebesar 4 jam [2]. Tinggi hujan setiap jam dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 2. Tampilan Program Bantu SWMM.

**B. Storm Water Management Model**

Dalam penelitian ini digunakan program bantu SWMM atau *Storm Water Management Model* (Gambar 2). SWMM adalah model simulasi dinamis hubungan antara hujan dan limpasan untuk mensimulasikan kejadian tunggal atau yang berkelanjutan dalam waktu lama, baik berupa volume limpasan maupun kualitas air terutama pada daerah perkotaan. SWMM dipilih karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan program lain. Hal ini dikarenakan kondisi yang terjadi di lapangan dapat dimodelkan dengan memasukkan parameter yang tercatat pada kondisi lapangan.

**1) Rain Gage**

*Rain Gage* atau alat pengukur hujan yang dalam program SWMM dapat berisikan data presipitasi yang akan diolah untuk *subcatchment* [3]. Dalam perencanaan ini format hujan didefinisikan dengan volume dengan satuan mm, dimana data hujan yang akan dimasukkan menggunakan berdasarkan tinggi hujan pada jam ke-t (R<sup>t</sup>) pada Tabel 4.

**2) Junction dan Outfall Node**

*Junction Node* merupakan salah satu dari fungsi *tools* untuk menyambungkan antar saluran serta dapat berfungsi sebagai penerima aliran *subcatchment* atau outlet. Tinggi jagaan untuk saluran terbuka ditentukan berdasarkan jenis permukaan saluran dan debit yang mengalir pada saluran tersebut [4]. Untuk perumahan Sutorejo mempunyai *junction node* sebanyak 366 buah.

*Outfall Node* adalah *tools* yang berfungsi untuk menyambungkan *node* saluran yang secara sistem, *node* ini merupakan titik akhir dari drainase sebelum aliran menuju pembuangan akhir. Untuk perumahan Sutorejo mempunyai *outfall node* sebanyak 2 buah.

**3) Conduit**

*Conduit* merupakan salah satu *tools* yang berfungsi untuk menghubungkan *junction* satu ke *junction* yang lainnya dan membentuk saluran yang membawa limpasan air hujan yang diterima dari *subcatchment*. Dengan parameter geometri saluran sesuai data eksisting dan menggunakan koefisien manning 0,02 sesuai dengan tipe salurannya [5]. Untuk perumahan Sutorejo mempunyai *conduit* sebanyak 366 buah.

**4) Subcatchment**

*Subcatchment* adalah daerah tangkapan air yang dalam perencanaannya disesuaikan dengan kondisi lapangan dan diusahakan tanpa mengubah secara keseluruhan. Hal yang

	Volume hectare-m	Volume 10 <sup>6</sup> ltr
*****		
Flow Routing Continuity		
*****		
Dry Weather Inflow .....	0.000	0.000
Wet Weather Inflow .....	6.665	66.650
Groundwater Inflow .....	0.000	0.000
RDII Inflow .....	0.000	0.000
External Inflow .....	0.000	0.000
External Outflow .....	4.795	47.950
Flooding Loss .....	2.462	24.624
Evaporation Loss .....	0.000	0.000
Exfiltration Loss .....	0.000	0.000
Initial Stored Volume ....	0.858	8.583
Final Stored Volume .....	0.357	3.572

Gambar 3. Hasil Running Menggunakan Data Eksisting.

diperhatikan dalam penentuan daerah pematasan adalah tata guna lahan, karakteristik tanah, topografi lahan. Untuk perumahan Sutorejo mempunyai *subcatchment* sebanyak 366 buah. Parameter yang diperlukan untuk *subcatchment* yaitu [6]:

- *Width* atau lebar dari *subcatchment*

Didapatkan dari peta tata guna lahan total area untuk *subcatchment* A-1 adalah 18010 m<sup>2</sup>.

$$W = \frac{\text{Luas Area}}{\text{Panjang Aliran}}$$

$$W = \frac{18010 \text{ m}^2}{26,20 \text{ m}}$$

$$W = 687,378 \text{ m}$$

- %Slope atau kemiringan *subcatchment*

Didapatkan dari peta topografi ΔH untuk *subcatchment* A-1 adalah 2 m.

$$\%Slope = \frac{\Delta H \times 100\%}{\text{Panjang Aliran}}$$

$$\%Slope = \frac{2 \text{ m}}{26,20 \text{ m}} \times 100\%$$

$$\%Slope = 7,634\%$$

- %*Impervious* atau persentase lahan yang kedap air

Dengan menggunakan kriteria *percent impervious area* untuk tiap *land use* [6] didapatkan total %*Imperv area* 0,929 ha.

$$\%Imperv = \frac{\sum(\%Imperv \text{ area} \times \text{land use area})}{\text{Luas subcatchment}}$$

$$\%Slope = \frac{0,929 \text{ ha}}{1,801 \text{ ha}} \times 100\%$$

$$\%Slope = 52,600\%$$

- *N-Impervious* atau kekasaran dari permukaan lahan yang kedap air

Dengan menggunakan *N manning* pada *overflow land* [6] maka didapatkan total *N manning* 0,044 ha.

$$N - Imperv = \frac{\sum(N \times A)}{A} \times \frac{\%Imperv}{100}$$

$$N - Imperv = \frac{0,044 \text{ ha}}{1,801 \text{ ha}} \times \frac{51,600\%}{100}$$

$$N - Imperv = 0,013$$

- *N-Pervious* atau kekasaran dari permukaan lahan yang tembus air

Dengan menggunakan *N manning* pada *overflow land* [6] maka didapatkan total *N manning* 0,044 ha.

$$N - Perv = \frac{\sum(N \times A)}{A} \times \left(1 - \frac{\%Imperv}{100}\right)$$

$$N - Perv = \frac{0,044 \text{ ha}}{1,801 \text{ ha}} \times \left(1 - \frac{51,600\%}{100}\right)$$

Flow Routing Continuity	Volume hectare-m	Volume 10 <sup>6</sup> ltr
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	6.665	66.649
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	6.163	61.631
Flooding Loss	1.209	12.087
Evaporation Loss	0.000	0.000
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	1.164	11.639
Final Stored Volume	0.431	4.313

Gambar 4. Hasil Flow Routing Evaluasi 1.

Flow Routing Continuity	Volume hectare-m	Volume 10 <sup>6</sup> ltr
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	6.754	67.538
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	7.865	78.648
Flooding Loss	0.000	0.000
Evaporation Loss	0.000	0.000
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	1.218	12.181
Final Stored Volume	0.374	3.741

Gambar 5. Hasil Flow Routing Evaluasi 2.

$N - Perv = 0,012$

• *Infiltration Data* menggunakan metode *curve number*

Hal ini untuk mengestimasi limpasan air dengan mengasumsi total kapasitas infiltrasi tanah diukur berdasar angka *curve number* tanah [6]. *Infiltration Data* membutuhkan *drying time* ( $T_{dry}$ ) dan *curve number* dimana didapatkan nilai  $K_s$  0,02 berdasarkan tipe tanahnya dan total luas 171,088 ha.

$$T_{dry} = \frac{3,125}{\sqrt{K_s}}$$

$$T_{dry} = \frac{3,125}{\sqrt{0,02}}$$

$$T_{dry} = 22,097$$

$$curve\ Number = \frac{171,088\ ha}{1,801\ ha}$$

$$curve\ Number = 95,000$$

• *Dstore-Perv* atau kedalaman dari *depression storage* di atas lahan *pervious* sama dengan nilai *Initial Abstraction* [6].

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

$$S = \frac{1000}{95,000} - 10$$

$$S = 0,526$$

$$I_a = 0,2 \times S$$

$$I_a = 0,2 \times 0,526$$

$$I_a = 0,105$$

5) *Flow Routing*

*Flow routing* berfungsi untuk mengecek apakah sistem eksisting yang sudah ada dapat memenuhi dengan kondisi tinggi hujan yang ada. Untuk *flow routing* ini menggunakan metode *Dynamic Wave Analysis* dengan pengaturan yang direkomendasikan oleh program bantu SWMM untuk mengurangi *flow routing continuity error*. Kemudian dilakukan *flow routing* awal dengan menggunakan data eksisting dan masih terjadi banjir pada perumahan Sutorejo dengan volume sebesar  $24,624 \times 10^6$  ltr.

Dari Gambar 3 didapatkan bahwa perlu dilakukan evaluasi sistem drainase pada perumahan Sutorejo, dan perlu dilakukan perencanaan ulang ataupun penggunaan fasilitas drainase penunjang sampai sistem drainase perumahan Sutorejo tidak mengalami banjir.

a. *Flow Routing Evaluasi 1*

*Flow Routing* evaluasi 1 dilakukan untuk mengecek sistem drainase pada *outfall 1* dengan menggunakan fasilitas

drainase berupa kolam tampung, pompa, dan perencanaan ulang dimensi saluran. Metode yang digunakan adalah *Dynamic Wave Analysis* dan *Trial and Error* pada perencanaannya. Kemudian untuk perencanaan kolam tampung akan diletakkan pada hilir dekat dengan *outfall 1*.

Setelah direncanakan ulang dimensi saluran yang baru dan dengan penambahan fasilitas drainase berupa kolam tampung berukuran 40 m x 40 m dengan kedalaman 3 m, dan pompa kapasitas 1 m<sup>3</sup>/dtk sebanyak 2 unit maka didapatkan hasil dari *flow routing* evaluasi 1 dengan volume dari banjir sebesar  $12,087 \times 10^6$  ltr yang dapat dilihat pada Gambar 4.

• *Flow Routing Evaluasi 2*

*Flow Routing* evaluasi 2 dicoba untuk mengecek sistem drainase pada *outfall 2* dengan perencanaan ulang dimensi saluran. Metode yang digunakan adalah *Dynamic Wave Analysis* dan *Trial and Error* pada perencanaannya. Setelah direncanakan ulang dimensi saluran yang baru maka didapatkan hasil *flow routing* untuk evaluasi 2 yaitu dengan tidak adanya volume dari limpasan air yang dapat dilihat pada Gambar 5.

• *Flow Routing Akhir*

Setelah dilakukan *flow routing* 1 dan 2 limpasan air hujan dapat mengalir dari hulu sampai hilir tanpa menyebabkan munculnya genangan banjir. Berdasarkan hasil akhir metode *Dynamic Wave* didapatkan bahwa pada jam ke-2 saat simulasi dimulai atau 1 jam setelah turunnya hujan dengan tinggi hujan sebesar 15,07 mm/hr dan debit limpasan air hujan sebesar 12,01 m<sup>3</sup>/dtk. Data geometris kolam tampung dengan luas 1600 m<sup>2</sup> dan kedalaman 3 m, untuk grafik hidrograf debit yang masuk dengan debit yang dikeluarkan oleh pompa dapat dilihat pada Gambar 6 dan data pengoperasian pompa pada Tabel 5.

C. *Perencanaan Pintu Air*

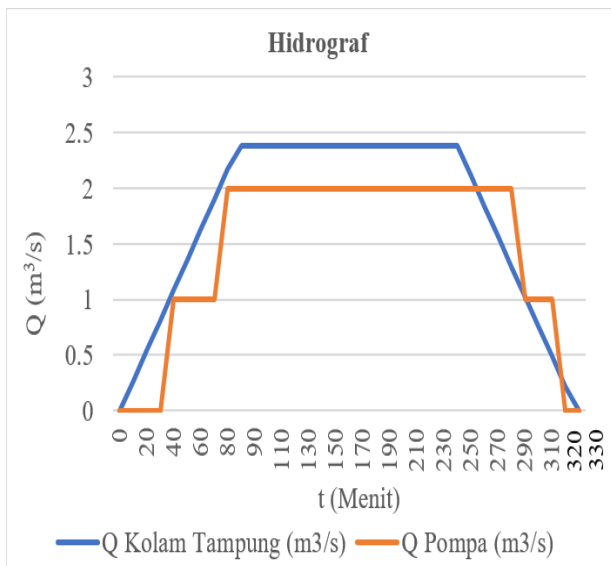
Untuk mencegah terjadinya *backwater* dikarenakan pengaruh pasang surut air laut yang terjadi pada *outfall 1* maka perlunya perencanaan pintu air untuk mencegahnya. Dalam perencanaan pintu dibutuhkan data debit yang akan melewati pintu tersebut, dengan menggunakan program bantu SWMM didapatkan *inflow* terbesar yang nantinya digunakan sebagai debit rencana pada node A – 1, dan berikut perhitungan untuk pintu air 1:

Q Rencana = 3,384 m<sup>3</sup>/dtk

B Saluran Pintu = 2,10 m

H Saluran = 1,30 m

Dikarenakan B saluran >1,5 m maka diperlukan adanya pilar.



Gambar 6. Hidrograf Debit Inflow dan Outflow Kolam Tampung.

N Pilar = 1 buah

Lebar Pilar = 0,5 m

$$B_{Pintu} = \frac{B_{Saluran\ Pintu} - Lebar\ Pilar}{N_{Pilar} + 1}$$

$$B_{Pintu} = \frac{2,10 - (1 \times 0,5)}{1 + 1}$$

$$B_{Pintu} = 0,80\ m$$

$$N_{Pintu} = \frac{B_{Saluran\ Pintu} - (n \times Lebar\ Pilar)}{B_{Pintu}}$$

$$N_{Pintu} = \frac{2,10 - (1 \times 0,5)}{0,8}$$

$$N_{Pintu} = 2$$

g = 9,81 m/dtk<sup>2</sup>

Z (Kehilangan Energi) = 0,4 m

μ (Koefisien) = 0,8

$$a_{(Tinggi\ Bukaan\ Pintu)} = \frac{Q}{\mu b \sqrt{2gz}}$$

$$a_{(Tinggi\ Bukaan\ Pintu)} = \frac{3,384}{0,8 \times 0,8 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,4}}$$

$$a_{(Tinggi\ Bukaan\ Pintu)} = 0,9\ m$$

$$H_{Pintu} = a + 0,1$$

$$H_{Pintu} = 1\ m$$

$$B_{Bruto} = B_{Pintu} + 2 \times (0,1\ m)$$

$$B_{Bruto} = 0,8 + 0,2$$

$$B_{Bruto} = 1\ m$$

1) Dimensi Pintu Air

Pintu air yang digunakan direncanakan menggunakan pintu air dari pelat baja.

γ air = 1000 kg/m<sup>3</sup>

H air (H<sub>a</sub>) = 1 m

H Pintu (H<sub>p</sub>) = 1 m

B Pintu (B<sub>p</sub>) = 0,8 m

$$H_1 = H_{air} - H_{Pintu}$$

$$H_1 = 0$$

2) Gaya Hidrostatik Akibat Air (F)

$$P_1 = \gamma_{air} \times H_{air}$$

$$P_1 = 1\ t/m^3 \times 1\ m$$

Tabel 5.  
Data Pengoperasian Pompa Berdasarkan H air

H air m	Pompa1 m <sup>3</sup> /dtk	H air m	Pompa1 m <sup>3</sup> /dtk	H air m	Pompa1 m <sup>3</sup> /dtk
0	0	1,1	1	2,1	2
0,1	0	1,2	1	2,2	2
0,2	0	1,3	2	2,3	2
0,3	0	1,4	2	2,4	2
0,4	0	1,5	2	2,5	2
0,5	0	1,6	2	2,6	2
0,6	0	1,7	2	2,7	2
0,7	0	1,8	2	2,8	2
0,8	1	1,9	2	2,9	2
0,9	1	2	2	3	2
1	1				

$$P_1 = 1\ t/m^2$$

$$P_2 = \gamma_{air} \times H_1$$

$$P_2 = 1\ t/m^3 \times 0\ m$$

$$P_2 = 0\ t/m^2$$

$$F = \frac{P_1 + P_2}{2} \times H_p$$

$$F = \frac{1 - 0}{2} \times 1,2$$

$$F = 0,5\ t/m$$

3) Gaya Akibat Endapan

γ<sub>e</sub> = 1,6 t/m

$$e = \gamma_e \times H_p$$

$$e = 1,6 \times 1$$

$$e = 1,6\ t/m^2$$

$$Fe = 0,5 \times e \times H_p$$

$$Fe = 0,5 \times 1,6 \times 1$$

$$Fe = 0,8\ t/m$$

4) Momen Maksimum Pada Daun Pintu

$$q = F + Fe$$

$$q = 1,3\ t/m$$

$$M_{max} = \frac{1}{8} \times q \times B_p^2 \times 1000 \times 100$$

$$M_{max} = \frac{1}{8} \times 1,3 \times 0,8^2 \times 1000 \times 100$$

$$M_{max} = 10400\ kgcm$$

5) Tebal Daun Pintu

Tegangan ijin baja (σ) = 1600 kg/cm<sup>2</sup>

$$w \geq \frac{M_{max}}{\sigma}$$

$$w \geq \frac{10400\ kgcm}{1600\ kg/cm^2}$$

$$w = 6,5\ cm^3$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \times w}{b}}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \times 6,5}{0,8 \times 100}}$$

$$t = \sqrt{0,7\ cm} = 0,01\ cm$$

6) Stang Pintu

$$W_{Pintu} = H_p \times B_p \times T_{Pintu} \times \gamma_{baja}$$

$$W_{Pintu} = 1\ m \times 0,8\ m \times 0,01\ m \times 7850\ kg/cm^3$$

$$W_{Pintu} = 43,85\ kg$$

$$W_{Tambahan} = 25\% \times W_{Pintu}$$

$$W_{Tambahan} = 10,96 \text{ kg}$$

$$W_{Total} = W_{Pintu} + W_{Tambahan}$$

$$W_{Total} = 54,81 \text{ kg}$$

a. Saat Pintu Dinaikkan

$$\text{Gaya Gesek} = 0,4 \times q \times Bp \times 1000$$

$$\text{Gaya Gesek} = 0,4 \times 1,3 \times 0,8 \times 1000$$

$$\text{Gaya Gesek} = 416 \text{ kg}$$

$$\text{Beban yang Bekerja} = W_{Total} + \text{Gaya Gesek}$$

$$\text{Beban yang Bekerja} = 54,81 \text{ kg} + 416 \text{ kg}$$

$$\text{Beban yang Bekerja} = 470,81 \text{ kg}$$

$$\text{Diameter stang naik; Beban yang bekerja} = A \times \sigma_{tr}$$

$$A = \frac{\text{Beban yang bekerja}}{\sigma_{tr}}$$

$$\frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{\text{Beban yang bekerja}}{\sigma_{tr}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 470,81}{\pi \times 1600}} = 0,61 \text{ cm}$$

b. Saat Pintu Diturunkan

$$\text{Gaya Tekuk}(Pk) = W_{Total} - \text{Gaya Gesek}$$

$$\text{Gaya Tekuk}(Pk) = 361,19 \text{ kg}$$

$$\text{Panjang stang}(L) = H_{sal} - H_{Pintu} + 1$$

$$\text{Panjang stang}(L) = 1,3 - 1 + 1$$

$$\text{Panjang stang}(L) = 1,3 \text{ m}$$

$$\text{Panjang tekuk}(Lk) = \frac{1}{2} \sqrt{2} \times L$$

$$\text{Panjang tekuk}(Lk) = \frac{1}{2} \sqrt{2} \times 130$$

$$\text{Panjang tekuk}(Lk) = 91,92 \text{ cm}$$

$$Pk = \frac{\pi^2 \times E \times I}{Lk^2}$$

$$I = \frac{Lk^2 \times Pk}{\pi^2 \times E}$$

$$I = \frac{91,92^2 \times 361,19}{\pi^2 \times 2,1 \times 10^6}$$

$$I = 0,15 \text{ kgcm}^2$$

$$\text{Diameter stang turun; } I = \frac{1}{64} \times \pi \times D^4$$

$$D = \sqrt[4]{\frac{I \times 64}{\pi}}$$

$$D = \sqrt[4]{\frac{0,15 \times 64}{\pi}}$$

$$D = 1,32 \text{ cm}$$

$$D \text{ Pakai} = 5 \text{ cm.}$$

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini berdasarkan hasil *Flow Routing* Akhir adalah sebagai berikut; (1) Dengan tinggi hujan sebesar 124,451 mm, didapatkan debit banjir atau debit limpasan air hujan maksimum pada sistem drainase perumahan Sutorejo sebesar 12,01 m<sup>3</sup>/dtk yaitu pada jam ke-2 setelah simulasi dengan menggunakan program bantu SWMM dimulai atau 1 jam setelah hujan berlangsung; (2) Sistem drainase perumahan Sutorejo memiliki 1 kolam tampung berukuran 40 m x 40 m dan kedalamann 3 m yang berada di hilir atau dekat dengan *outfall* 1; (3) Sistem drainase perumahan Sutorejo memiliki 2 unit pompa dengan model 650HW-7 berkapasitas masing-masing 3600 m<sup>3</sup>/h atau 1 m<sup>3</sup>/dtk yang berada di kolam tampung; (4) Pengoperasian pompa berdasarkan elevasi muka air dengan debit konstan yaitu *Pump curve* tipe 2 yang mempunyai debit 1 m<sup>3</sup>/dtk ketika h air 0,8 m – 1,2 m, dan debit 2 m<sup>3</sup>/dtk ketika h air 1,3 m – 3 m. Lalu untuk pengoperasian pompa berdasarkan waktu yaitu pada menit ke 30 – 70 pompa 1 menyala dengan debit 1 m<sup>3</sup>/dtk, pada menit ke 80 – 270 kedua pompa menyala bersama dengan debit masing-masing 1 m<sup>3</sup>/dtk, pada menit ke 280 – 300 pompa 2 dimatikan, dan pada menit ke 310 pompa 1 dimatikan; (5) Perencanaan pintu air 1 yang terletak pada bagian hilir setelah kolam tampung dekat *outfall* 1 dengan lebar 0,8 m, tinggi 1 m, tebal 0,01 m, dan diameter stang 5 cm. Pintu air 2 yang terletak sebelum kolam tampung dengan lebar 0,8 m, tinggi 0,65 m, tebal 0,01 m, dan diameter stang 5 cm.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset, 2004.
- [2] M. G. Pitaloka and U. Lasminto, "Perencanaan sistem drainase Kebon Agung Kota Surabaya, Jawa Timur," *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 1, pp. C1-C6, 2017.
- [3] L. A. Rossman and others, *Storm Water Management Model User's Manual, Version 5.0*. National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and..., 2010.
- [4] Kementerian Pekerjaan Umum, *Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2012.
- [5] L. A. Rossman and W. Huber, "Storm water management model reference manual volume II--hydraulics," *US Environ. Prot. Agency*, II, vol. 190, 2017.
- [6] L. A. Rossman and W. Huber, "Storm water management model reference manual Volume I--Hydrology (Revised)," *US Environ. Prot. Agency Cincinnati, OH, USA*, 2016.