

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Eksisting Sungai Sringin

Sungai Sringin merupakan salah satu sungai di Kota Semarang yang cukup luas, karena memiliki daerah aliran yang meliputi Trimulyo, Widuri, Terboyo, Karangroto, Genuk, Woltermangonsidi, Dongbiru. Alur aliran Sungai Sringin memiliki keunikan sendiri yaitu berkelok-kelok serta di bagian daerah Terboyo terbelah menjadi dua aliran dan kembali lagi menjadi satu aliran.

Untuk mempermudah dalam mengetahui kondisi eksisting serta karakteristik sungai, dengan menentukan Daerah Aliran Sungai (DAS). Adapun cara menentukan DAS adalah:

- Untuk batas DAS tidak dibolehkan memotong alur sungai yang ada
- Ketika kontur tidak begitu jelas maka dapat menggunakan alur jalan untuk menentukan DAS



Gambar 4. 1 Kondisi Eksisting Sungai Sringin a) Daerah Jalan Kaligawe dan b) Daerah Sringin

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2017

Gambar 4.1 menunjukkan kondisi saluran eksisting Sungai Sringin pada bagian a) Daerah Jalan Kaligawe keadaan saluran cukup bersih, aliran airnya tidak terlalu deras, dinding saluran terbuat dari pasangan batu belah sehingga nilai kekasaran dinding besar yang mempengaruhi kecepatan aliran sungai.

Sedangkan pada bagian b) Daerah Sringin saluran di daerah ini mengalami pendangkalan karena terlihat dalam gambar tumpukan sedimen, dinding saluran terbuat dari beton poles namun dinding sebelah kiri ada pasangan bambu yang akan mengganggu kecepatan aliran sungainya.



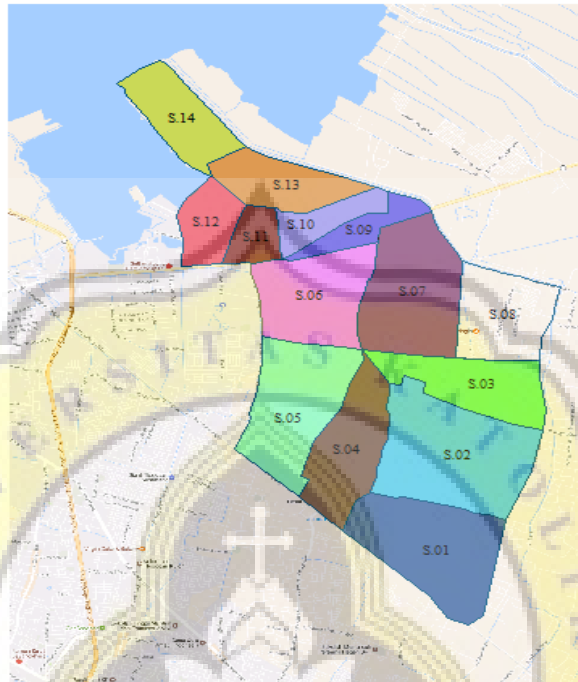
Gambar 4. 2 Kondisi Eksisting Sungai Sringin a) Daerah Jalan Gebang Anom Raya dan b) Daerah Genuk
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2017

Gambar 4.2 kondisi saluran eksisting Sungai Sringin, pada bagian a) Daerah Jalan Gebang Anom Raya kondisinya sangat parah karena banyak sampah dan saluran hampir tertutup karena adanya tanah pada saluran sehingga sangat mempengaruhi kecepatan aliran saluran. Bagian b) Daerah Genuk kondisi saluran banyak tumbuhan pada dinding sebelah kiri dan banyak sekali sampah sehingga dapat mengganggu kecepatan aliran pada saluran.

4.1.1 *Subcatchment*

Subcatchment area atau daerah tangkapan hujan dapat ditentukan setelah menentukan batas-batas DAS. Untuk pembuatan *Subcatchment* tidak diperbolehkan masuk ke daerah *Subcatchment* lain atau disebut *Overlap* dengan *Subcatchment* lainnya. Pembagian *Subcatchment* dengan melihat elevasi serta kontur tanah pada daerah tersebut, jika kontur tanah tidak terlihat jelas maka dapat disesuaikan dengan melihat alur jalan dan alur sungai. Pada studi kasus yang berlokasi di Sungai Sringin *Subcatchment Area* dibagi menjadi 14 *Subcatchment*. Gambar 4.3 merupakan gambaran pembagian *Subcatchment*

Area dengan menggunakan label huruf S sebagai singkatan dari *Subcatchment* di Sungai Sringin.



Gambar 4. 3 Pembagian *Subcatchment* Area Sungai Sringin
Sumber: ArcGIS Map Yang Dimodifikasi, 2017

Setiap *Subcatchment* mempunyai karakteristik dan nilai parameter yang berbeda-beda baik nilai pasti maupun nilai tidak pasti dari parameter *Subcatchment*. Beberapa parameter yang tidak pasti dalam parameter *subcatchment* didapat dalam tabel 4.1 dan 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4. 1 *Percent Impervious*

Land Use or Surface Characteristic	% Impervious
Residential :	
Multi Unit (attached)	75
Industrial:	
Heavy Areas	90

Sumber: Karoesta dan Hapsari, 2008



Tabel 4.1 diatas digunakan untuk menentukan salah satu parameter dari *subcatchment*. Parameter yang dipilih melalui tabel ini adalah *percent impervious*. Parameter *percent impervious* yang digunakan memiliki dua nilai yaitu 75% dan 90% karena pengamatan langsung dilapangan pada *subcatchment area* digunakan atau difungsikan sebagian besar sebagai perumahan dan industri.

Tabel 4. 2 Nilai Koefisien Manning untuk Aliran Permukaan

No	Penggunaan Tanah Permukaan	n	Nilai yang direkomendasikan
1	Beton	0.010-0.013	0.011
2	Aspal	0.010-0.015	0.014
3	Tanah Berkerikil	0.012-0.030	0.012
4	Tanah yang diolah	0.020-0.100	0.060

Sumber: Suripin, 2004

Tabel 4.2 diatas adalah tabel koefisien manning yang nantinya akan dimasukan pada parameter dari nilai *N-Impervious*. *Subcatchment* memiliki empat nilai koefisien manning yang digunakan untuk menggambarkan karakteristik sungai pada pemodelan ini nilai yang digunakan adalah 0.060, 0.011, 0.012, 0.014. Dapat ditentukan nilai ini setelah dilakukan pengamatan dilapangan. Dalam tabel 4.3a sampai tabel 4.3c merupakan rekapitulasi parameter yang digunakan untuk pemodelan *subcatchment* dengan nilai pasti dan tidak pasti pada parameter.

Tabel 4. 3a Nilai Parameter pada *Subcatchment 01 – Subcatchment 05*

Data	Subcatchment 01	Subcatchment 02	Subcatchment 03	Subcatchment 04	Subcatchment 05
Area (Ha)	162.96	197.19	103.68	112.42	146.98
Width (m)	906.2610	954.7594	588.1439	549.8957	926.6784
% Slope	0.356	0.085	0.114	0.051	0.28
% Imperv	75	75	75	75	75
N-Impervious	0.014	0.014	0.014	0.011	0.011
N-Pervious	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Dstore-Impervious (mm)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Dstore-Pervious (mm)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
%Zero Impervious	25	25	25	25	25
Infiltration	HORTON	HORTON	HORTON	HORTON	HORTON
Outlet	J1	J2	J3	J3	J4

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Tabel 4. 3b Nilai Parameter pada *Subcatchment 06 – Subcatchment 10*

Data	Subcatchment 06	Subcatchment 07	Subcatchment 08	Subcatchment 09	Subcatchment 10
Area (Ha)	124.63	155.38	102.60	38.35	42.58
Width (m)	695.2623	787.8210	765.6061	317.2437	433.6531
% Slope	0.102	0.148	0.216	0.189	0.000
% Imperv	75	75	75	90	90
N-Impervious	0.011	0.011	0.060	0.011	0.011
N-Pervious	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Dstore-Impervious (mm)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Dstore-Pervious (mm)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
%Zero Impervious	25	25	25	25	25
Infiltration	HORTON	HORTON	HORTON	HORTON	HORTON
Outlet	J5	J7	J8	J6	J9

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Tabel 4. 3c Nilai Parameter pada *Subcatchment* 11 – *Subcatchment* 14

Data	Subcatchment 11	Subcatchment 12	Subcatchment 13	Subcatchment 14
Area (Ha)	33.01	53.81	78.05	83.59
Width (m)	505.6399	540.3728	529.1283	629.3275
% Slope	0.129	0.341	0.136	0.357
% Imperv	90	90	90	90
N-Impervious	0.012	0.012	0.012	0.011
N-Pervious	0.1	0.1	0.1	0.1
Dstore-Impervious (mm)	0.05	0.05	0.05	0.05
Dstore-Pervious (mm)	0.05	0.05	0.05	0.05
%Zero Impervious	25	25	25	25
Infiltration	HORTON	HORTON	HORTON	HORTON
Outlet	J9	J10	J10	O1

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Berdasarkan Tabel 4.3a sampai Tabel 4.3c diatas, dapat disimpulkan jika *subcatchment* 02 memiliki luas area yang terbesar dengan 197.190 Hektar yang berlokasi di daerah Sembungharjo dengan lebar *subcatchment* (*width*) 954.759 m sedangkan *subcatchment* 11 memiliki luas area terkecil dengan 33.010 Hektar yang mempunyai lebar *subcatchment* (*width*) 505.637 m serta berlokasi di daerah kawasan industri Terboyo. Pengukuran lebar *subcatchment* (*width*) dapat diperoleh dengan melakukan beberapa pengukuran lebar *subcatchment* setelah itu hasilnya di rata-rata untuk mendapatkan lebar *subcatchment* karena itu lebar *subcatchment* merupakan salah satu parameter yang nilainya tidak pasti.

Kemiringan lahan atau *Percent slope* (% *slope*) setiap daerah berbeda karena bergantung pada elevasi lahan dan jarak antar elevasi. *Percent slope* dapat dicari dengan cara mengurangi dua elevasi lahan pada satu *subcatchment area* kemudian dibagi dengan jarak antar dua elevasi lahan dikali seratus karena melalui cara mendapatkan *percent slope* termasuk dalam parameter dengan nilai tidak pasti. Dari *subcatchment* 01 sampai



dengan *subcatchment* 14 memiliki nilai *percent slope* dari yang terkecil 0.000% sampai dengan yang terbesar 0.357%. *subcatchment* 14 yang berlokasi di kawasan industri terboyo memiliki kemiringan lahan terbesar dengan 0.357% karena semakin besar % *slope* maka lahan memiliki kemiringan yang besar.

Percent imperv (% *Imperv*) didapat melalui fungsi lahan atau tata guna lahan pada *subcatchment area* karena nilai ini mempengaruhi bagaimana *subcatchment area* dapat menyerap air atau tidak dapat menyerap air. Semakin besar nilai *percent imperv* semakin daerah ini tidak dapat menyerap air atau kedap air. Pada pemodelan ini hanya memiliki dua nilai *percent imperv* karena sebagian lahan *subcatchment area* digunakan untuk lahan perumahan dan industri. *Subcatchment* 01 sampai *subcatchment* 08 memiliki nilai % *Imperv* 75% karena lahan sebagian besar difungsikan untuk perumahan sedangkan *subcatchment* 09 sampai *subcatchment* 14 memiliki nilai 90% karena digunakan untuk kawasan industri.

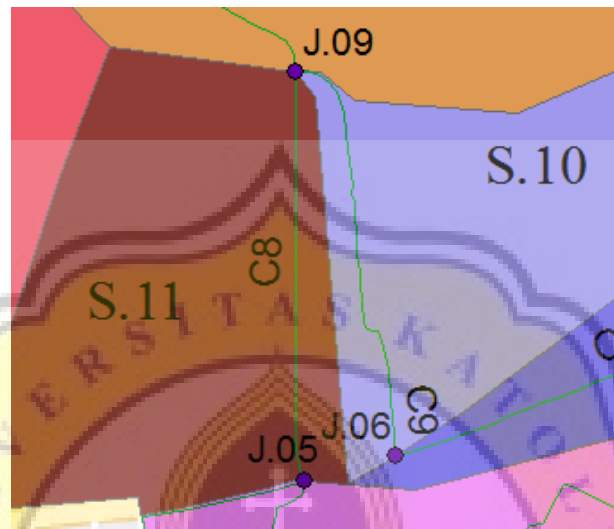
N-*Impervious* pada daerah penelitian yang sering dipakai adalah 0.011 karena tujuh *subcatchment* dari 14 *subcatchment* permukaannya menggunakan beton. Sedangkan 3 *subcatchment* permukaannya menggunakan aspal dengan nilai N-*Impervious* adalah 0.014. Sisa *subcatchment* permukaannya menggunakan tanah berkerikil dan tanah yang diolah dengan nilai N-*Impervious* yaitu 0.012 dan 0.060.

Selain parameter diatas seperti N-*pervious*, D *Store-Impervious*, D *Store-Pervious*, % *Zero Impervious* menggunakan *default* yang ada dalam program EPA-SWMM karena nilainya yang tidak pasti.

4.1.2 *Junction dan Outfall* Kondisi Eksisting Sungai Sringin

Junction adalah titik pertemuan dari dua atau lebih aliran sungai. Pada gambar 4.4 berikut ini letak *junction* dalam pemodelan pada kondisi eksisting Sungai Sringin. Pada Gambar 4.5 adalah kondisi eksisting salah satu dari

junction pengamatan langsung di lapangan yaitu *junction* 09 yang titik pertemuan dari dua buah saluran berada di Kawasan Industri Terboyo.

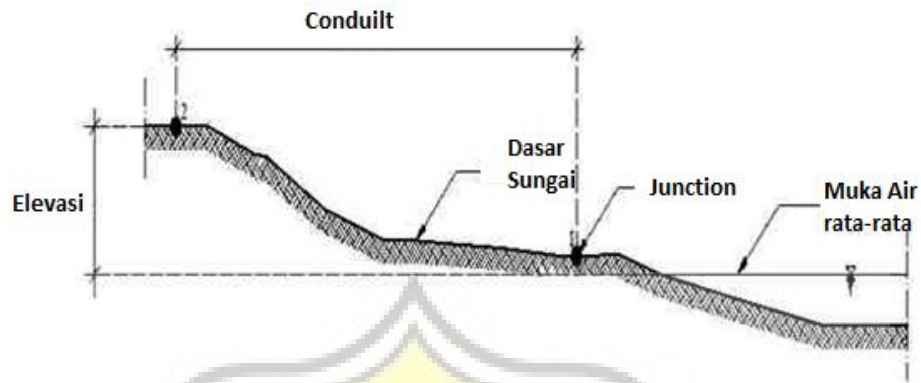


Gambar 4. 4 Letak *Junction* pada Pemodelan
Sumber: ArcGIS yang Dimodifikasi, 2017



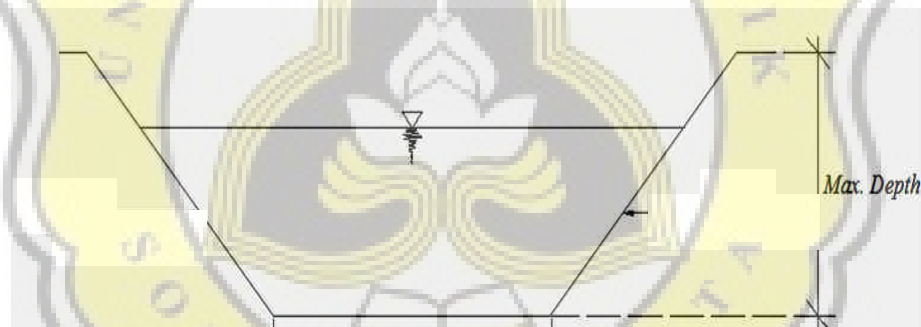
Gambar 4. 5 Kondisi Eksisting *Junction* 04 Sungai Sringin
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2017

Pada Gambar 4.6 sketsa pengukuran elevasi *junction* yang diukur dari muka air laut rata-rata akan menghasilkan elevasi yang berbeda-beda.



Gambar 4. 6 Sketsa Elevasi dalam *Junction*

Berdasarkan Gambar 4.7 menentukan salah satu parameter yang akan dimasukkan kedalam *junction* yaitu *max depth* atau kedalaman maksimum.



Gambar 4. 7 Sketsa *Max Depth* dalam *Junction*

Tabel 4.4 adalah rekapitulasi parameter-parameter dari *junction* 01 sampai *junction* 10 yang sesuai dengan kondisi eksisting yang ada. Parameter adalah elevasi dan *Max depth* yang nilainya berbeda-beda.

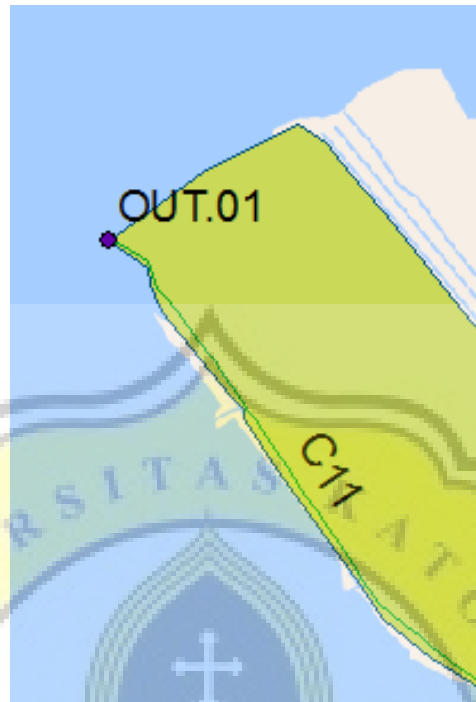
Tabel 4. 4 Parameter pada *Junction*

Junction	Elevasi (m)	Max.Depth (m)
J1	4.230	0.628
J2	2.825	1.634
J3	1.943	1.158
J4	0.707	0.566
J5	0.490	1.120
J6	1.239	1.238
J7	1.130	1.205
J8	4.193	0.876
J9	0.688	2.410
J10	0.562	1.610

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Melalui Tabel 4.4 dapat dilihat *junction* 1 memiliki elevasi tertinggi berada pada ketinggian 4.230 m namun memiliki maksimum kedalaman yang paling dangkal yaitu 0.628 m. selain itu *junction* 5 memiliki elevasi paling rendah yaitu 0.490 m dan *junction* 9 merupakan *junction* yang memiliki maksimum kedalaman yang paling dalam yaitu 2.410 m.

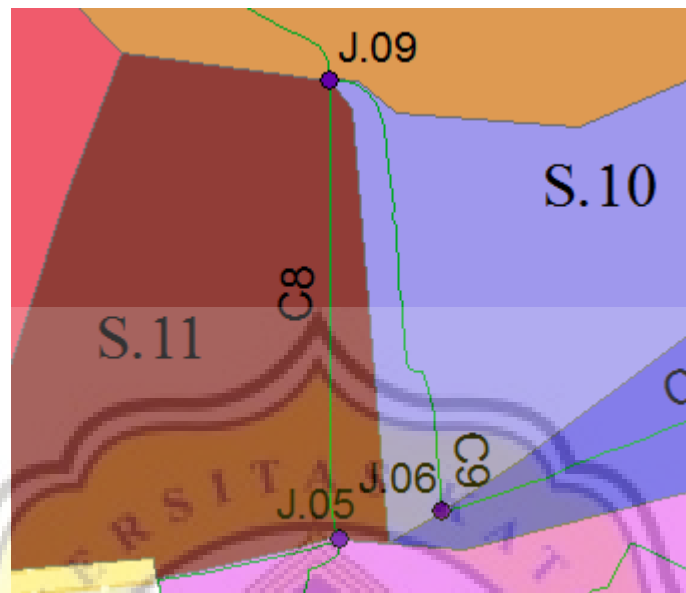
Outfall adalah titik yang menunjukkan batas hilir atau titik akhir dari sistem drainase. *Outfall* terletak di kawasan industri terboyo seperti pada Gambar 4.8 dalam pemodelan Sungai Sringin. Parameter yang akan dimasukkan dalam *Outfall* adalah elevasi. *Outfall* Sungai Sringin berada pada elevasi -0.754 m dari muka air laut rata-rata.



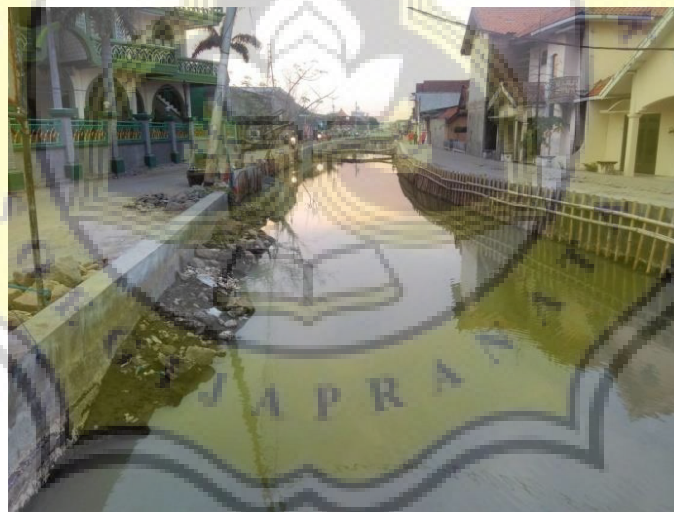
Gambar 4. 8 Letak *Outfall* dalam Pemodelan Sungai Sringin
Sumber: ArcGIS yang Dimodifikasi, 2017

4.1.3 *Conduit* Kondisi Eksisting Sungai Sringin

Conduit adalah saluran terbuka maupun tertutup yang berfungsi sebagai penghubung antara satu *junction* ke *junction* yang lain. Pada Gambar 4.9 merupakan letak *conduit* dalam pemodelan sesuai dengan kondisi eksisting Sungai Sringin. Serta pada Gambar 4.10 *conduit* melalui pengamatan langsung di lapangan.



Gambar 4. 9 Letak *Conduit* dalam Pemodelan
Sumber: ArcGIS yang Dimodifikasi, 2017



Gambar 4. 10 Kondisi Eksisting *Conduit* 8
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2017

Tabel 4.5 menunjukkan parameter *roughness* (kekasaran dinding saluran) atau sering disebut dengan koefisien manning. Kekasaran dinding saluran yang digunakan pada pemodelan ini ada empat kekasaran dinding saluran yaitu 0.012, 0.013, 0.017. Sedangkan pada Tabel 4.6 menunjukkan



parameter-parameter dari 11 *conduit* salah satunya adalah bentuk saluran atau bentuk penampang melintang saluran (*Shape*) semua tipe saluran pemodalan ini adalah tipe terbuka. Setiap *conduit* memiliki kedalaman maksimum (*Max Depth*), panjang saluran (*Length*), serta *roughness* yang berbeda-beda sebagai parameter *conduit*.

Tabel 4. 5 Nilai Koefisien Kekasaran Dinding Saluran (n)

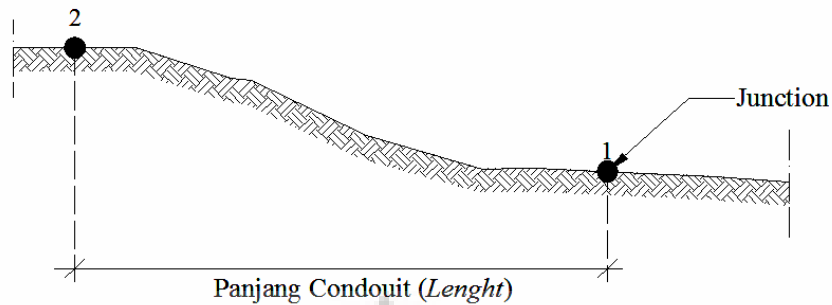
NO	Dinding Saluran	Kondisi	n
1	Pasangan Batu	Plesteran Semen dan Pasir	0.012
2	Batu Kosong	Halus Dipasang Rata	0.013
3		Batu Bengkaran Batu Pecah & Batu Belah	0.017

Sumber: Subarkah, 1979

Tabel 4. 6 Nilai Parameter pada *Conduit*

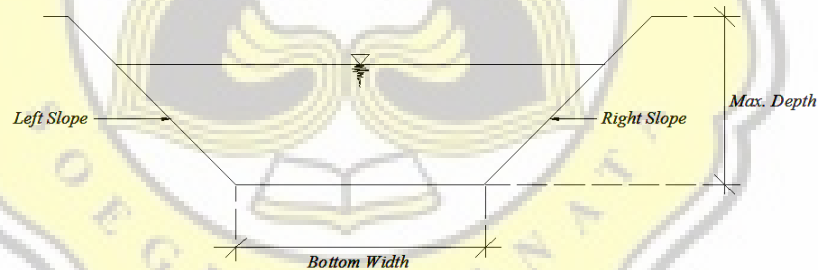
Data	Inlet Node	Outlet Node	Shape	Max Depth (m)	Bottom width (m)	Length (m)	Roughness	Left Slope	Right Slope
Conduit 1	J1	J2	Irregular	0.88	-	2323.43	0.017	-	-
Conduit 2	J2	J3	Irregular	1.88	-	703.22	0.013	-	-
Conduit 3	J3	J4	Rec_Open	0.566	1.9	1430.65	0.012	-	-
Conduit 4	J4	J5	Trapeziodal	1.12	1	1572.86	0.012	0.1	0.2
Conduit 5	J3	J5	Trapeziodal	1.12	4	3196.38	0.012	0.3	0.8
Conduit 6	J8	J7	Trapeziodal	1.205	2	1241.02	0.017	0.2	0.2
Conduit 7	J7	J6	Trapeziodal	1.238	3	1608.21	0.012	1	1
Conduit 8	J5	J9	Irregular	1.75	-	870.95	0.012	-	-
Conduit 9	J6	J9	Rec_Open	2.41	2.9	902.47	0.012	-	-
Conduit 10	J9	J10	Rec_Open	1.61	11.85	1030.54	0.012	-	-
Conduit 11	J10	O1	Trapeziodal	1.344	62.93	2105.54	0.012	0.69	0.69

Sumber: Hasil Analisis, 2017



Gambar 4. 11 Sketsa Panjang Conduit (*Length*)

Gambar 4.11 menjelaskan pengukuran panjang *conduit (length)* yang diukur dari *junction* satu ke *junction* yang lainnya. Pada Gambar 4.12 menunjukkan bagian dari parameter *conduit* seperti *max depth*, *bottom width*, *left slope*, *right slope* pada bentuk penampang melintang saluran adalah trapezoidal (trapezium).



Gambar 4. 12 Sketsa Conduit Bentuk Trapezoidal

Tabel 4.6 memberikan informasi bentuk penampang sungai yang digunakan pada pemodelan yang memiliki 3 jenis bentuk penampang sungai adalah *Irregular*, *Rec_Open (rectangular)*, dan *Trapezoidal* (trapezium). Pada Sungai Sringin banyak menggunakan bentuk penampang sungai yaitu *Trapezoidal* (trapezium). Kebanyakan dinding salurannya terbuat dari plesteran semen dan pasir jadi menggunakan koefisien kekasaran dinding



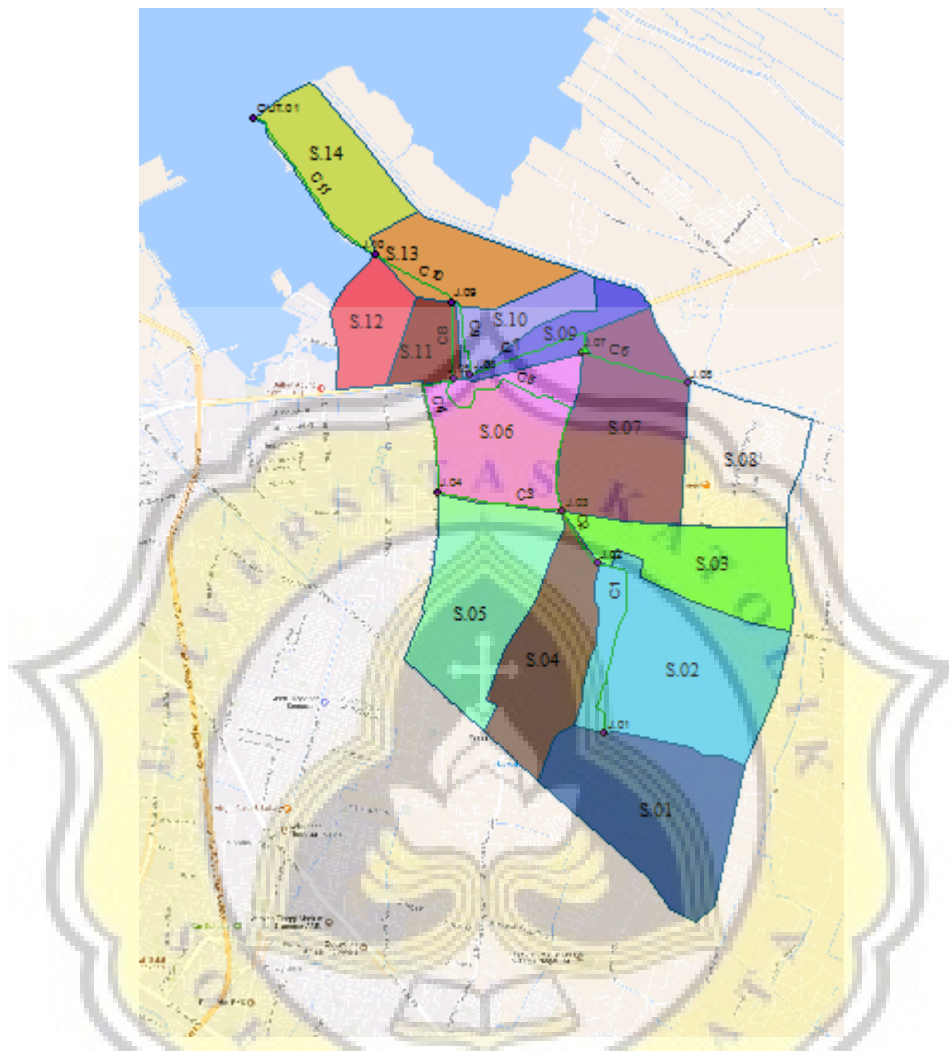
saluran 0.012. namun, beberapa dinding saluran menggunakan batu kosong halus dipasang rata dan menggunakan batu belah.

Max depth pada *Conduit* sama dengan *Max depth* dalam *Junction*, namun *Max depth* pada *conduit* didapatkan dengan melihat kedalaman maksimum antara dua *junction* yang dihubungkan oleh *conduit* dan mengambil kedalaman maksimum *junction* yang lebih kecil untuk mendapatkan *Max depth* dari *conduit*. Lebar sungai bagian bawah (*Bottom Width*) Sungai Sringin dari hulu ke hilir mulai dari 1 m sampai 62.93 m. Jika bentuk penampang sungai *Irregular* atau bentuknya tidak beraturan tidak bisa ditentukan lebar sungai bagian bawah namun pada SWMM yang dimasukan adalah data *Cross Section*.

Length adalah panjang *conduit* atau saluran penghubung antar *junction* satu dengan *junction* lainnya. *Conduit 5* merupakan *conduit* terpanjang yang menghubungkan *junction 3* dan *Junction 5* dengan panjang 3196.38 m dan *conduit 2* merupakan *conduit* terpendek dengan panjang 703.22 m. Sedangkan *Left Slope* dan *Right Slope* menunjukan angka perbandingan kemiringan saluran yang berada sebelah kiri dan kanan saluran yang ada hanya untuk bentuk penampang *Trapezoidal* (trapesium).

4.1.4 *Rain Gage*

Dalam pemodelan EPA-SWMM parameter *rain gage* digunakan untuk menampilkan data yang diperoleh setelah data hujan harian maksimum diolah menjadi data hujan jam-jaman. Gambar 4.13 menggambarkan letak *subcatchment*, *junction*, *outfall*, *conduit*, dan *rain gage* dalam pemodelan sesuai dengan kondisi eksisting Sungai Sringin



Gambar 4. 13 Subcatchment, Junction, Outfall, Conduit, dan Rain Gage

Sumber: ArcGIS yang Dimodifikasi, 2017

4.2 Analisis Data Hujan

Proses analisis data hujan dilakukan setelah mengetahui kondisi eksisting dan sebelum dilakukan pemodelan hidrologi. Pada saat pemodelan data yang dibutuhkan harus sudah diolah supaya tidak menghambat proses pemodelan. Data distribusi hujan jam-jaman merupakan salah satu data yang dibutuhkan dalam melakukan pemodelan. Data hujan jam-jaman diproses melalui pengolahan data hujan harian maksimum (R_{24} Maksimum). Stasiun hujan yang digunakan adalah stasiun hujan yang terdekat dengan Sungai Sringin.



4.2.1 Data Hujan

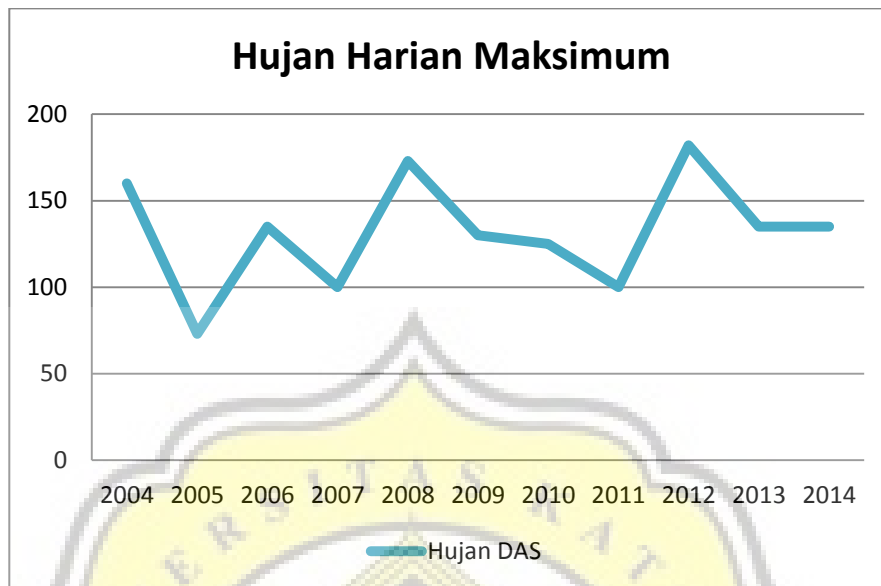
Data hujan digunakan hanya menggunakan satu data hujan saja karena ketika di cek menggunakan metode *polygon tiessen*, DAS sudah bisa dicakup oleh satu stasiun hujan saja. Data hujan Sungai Sringin diperoleh dari Stasiun Hujan Karangroto sepanjang 11 tahun, mulai dari tahun 2004-2014. Data hujan yang digunakan dalam hitungan adalah data curah hujan harian maksimum (R_{24} Maksimum) tiap tahunnya. Data curah hujan maksimum dapat dilihat di Tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 Curah Hujan Harian Maksimum (R_{24} Maksimum)

Tahun	Curah Hujan DAS (R_{24})
	(mm)
2004	160
2005	73
2006	135
2007	100
2008	173
2009	130
2010	125
2011	100
2012	182
2013	135
2014	135

Sumber: Stasiun Karangroto Semarang, 2017

Gambar 4.14 dibawah ini merupakan curah hujan harian maksimum Stasiun Karangroto Semarang mulai tahun 2004 hingga tahun 2014 dalam bentuk grafik. Dalam grafik akan terlihat hubungan antara curah hujan maksimum dengan waktu dari tahun ke tahun.



Gambar 4. 14 Grafik Curah Hujan Maksimum (R24 Maksimum)
Sumber: Stasiun Meteorologi Ahmad Yani Semarang

Pada Tabel 4.7 dan gambar 4.14 diatas dapat dilihat curah hujan harian maksimum (R₂₄ Maksimum) tertinggi di Stasiun Hujan Karangroto Semarang terjadi pada tahun 2012 yaitu sebesar 182 mm, sedangkan yang terendah pada tahun 2005 yaitu sebesar 73 mm.

2 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana dapat dilakukan melalui tiga tahapan yaitu pengukuran disperse, pemilihan jenis distribusi dan pengujian kecocokan distribusi. Dalam perhitungan di gunakan enam periode ulang yang terdiri dari 2 tahunan, 5 tahunan, 10 tahunan, 25 tahunan dan 50 tahunan.

1. Pengukuran Dispersi

Setelah diperoleh curah hujan maksimum perlu dilakukan pengukuran terlebih dahulu sebelum pemilihan jenis distribusi yang tepat. Pengukuran disperse dilakukan dengan cara mengurutkan data hujan harian maksimum (R₂₄ Maksimum) dari data terbesar ke data terkecil dan juga sebaliknya untuk mempermudah dalam



penhitungan statistik curah hujan maksimum. Hasil dari penhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4. 8 perhitungan Statistik Curah Hujan Harian Maksimum Sungai Sringin

m	P = m/(N+1)	Tahun	Debit (m ³ /dt)	Ln Debit (m ³ /dt)
1	0.083	2012	182.000	5.204
2	0.167	2008	173.000	5.153
3	0.250	2004	160.000	5.075
4	0.333	2006	135.000	4.905
5	0.417	2013	135.000	4.905
6	0.500	2014	135.000	4.905
7	0.583	2009	130.000	4.868
8	0.667	2010	125.000	4.828
9	0.750	2007	100.000	4.605
10	0.833	2011	100.000	4.605
11	0.917	2005	73.000	4.290
Jumlah Data =			11	11
Nilai Rerata (Mean) =			131.636	4.850
Standar Deviasi =			32.515	0.267
Koefisien Skewness =			-0.156	-0.770
Koefisien Kurtosis =			-0.257	0.613
Koefisien Variasi =			0.247	0.055
Nilai Tengah =			135.000	4.905

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Dalam Tabel 4.8 diperoleh nilai rerata/mean (\bar{X}), nilai tengah/median, standar deviasi (S), koefisien *skewness* (C_s), koefisien *kurtosis* (C_k) dan koefisien variasi (C_v) dengan cara sebagai berikut:

Rata-rata/mean (\bar{X})

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

$$\bar{X} = \frac{1448}{11}$$

$$\bar{X} = 131.636 \text{ mm}$$



- a. Nilai tengah/median

$$\text{Median} = 135,000 \text{ mm}$$

- b. Standar Deviasi

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

$$S = \sqrt{\frac{325,155}{11-1}}$$

$$S = 32,515$$

- c. Koefisien Skewness

$$C_s = \sqrt{\frac{N \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(N-1)(N-2)S^3}}$$

$$C_s = -0,156$$

- d. Koefisien Kurtosis

$$C_k = \left\{ \frac{N(N+1)}{(N-1)(N-2)(N-3)} \sum \frac{(X_i - \bar{X})^4}{s^4} \right\} - \frac{3(N-1)^2}{(N-2)(N-3)}$$

$$C_k = -0,257$$

- e. Koefisien Variasi

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}}$$

$$C_v = \frac{32,515}{131,636}$$

$$C_v = 0,247$$

2. Pemilihan Jenis Distribusi

Jenis distribusi yang digunakan ada 4 yaitu Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Gumbel, dan Distribusi Log-Person III. Perhitungan Distribusi berguna untuk mencari nilai curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu, dengan periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun dan 50 tahun.



Untuk rumus yang digunakan adalah:

$$X_T = \bar{X} + K_T \times S$$

Keterangan :

X_T = Curah hujan rencana dengan periode ulang T tahun (mm)

K_T = Nilai faktor frekuensi dengan periode ulang T tahun

\bar{X} = Rata – rata curah hujan maksimum (mm)

S = Standar deviasi

Tabel dibawah ini merupakan tabel variable reduksi gauss (K_T). Tabel 4.9 tersebut digunakan untuk mengetahui nilai faktor frekuensi dengan periode ulang tertentu dan memperoleh nilai curah hujan rencana dalam distribusi normal.



Tabel 4. 9 Nilai Variabel Reduksi Gauss (K_T)

Periode Ulang T (tahun)	Peluang	k
1.001	0.999	-3.05
1.005	0.995	-2.58
1.010	0.990	-2.33
1.050	0.950	-1.64
1.110	0.900	-1.28
1.250	0.800	-0.84
1.330	0.750	-0.67
1.430	0.700	-0.52
1.670	0.600	-0.25
2.000	0.500	0
2.500	0.400	0.25
3.330	0.300	0.52
4.000	0.250	0.67
5.000	0.200	0.84
10.000	0.100	1.28
20.000	0.050	1.64
50.000	0.020	2.05
100.000	0.010	2.33
200.000	0.005	2.58
500.000	0.002	2.88
1,000.000	0.001	3.09

Sumber: Suripin, 2004

Tabel 4.10 dibawah ini merupakan hasil dari perhitungan curah hujan menggunakan empat jenis distribusi yang berbeda

Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Distribusi

P(x >= X _m)	T	Karakteristik Debit (m ³ /dt) Menurut Probabilitasnya							
		NORMAL		LOG-NORMAL		GUMBEL		LOG-PEARSON III	
Probabilitas	Kala-Ulang	X _T	K _T	X _T	K _T	X _T	K _T	X _T	K _T
0.5	2.	131.636	0.000	127.682	-0.122	126.295	-0.164	132.050	0.126
0.2	5.	159.002	0.842	159.803	0.866	155.030	0.719	160.340	0.854
0.1	10.	173.307	1.282	179.692	1.478	174.055	1.305	174.435	1.170
0.04	25.	188.561	1.751	203.635	2.214	198.093	2.044	188.570	1.462
0.02	50.	198.415	2.054	220.773	2.741	215.926	2.592	197.092	1.628



Sumber: Hasil Analisis, 2017

Pencocokan perlu dilakukan antara hasil dari parameter statistik pada tabel 4.11 agar dapat menentukan jenis distribusi yang digunakan dalam perencanaan.

Tabel 4. 11 Syarat Jenis Distribusi yang Dimodifikasi

Jenis distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
Normal	$C_s \approx 0$	$C_s = -0.156$	Tidak Memenuhi
	$C_k \approx 3$	$C_k = -0.257$	
Log Normal	$C_s \approx 3C_v + (C_v^2) = 3$	$C_s = -0.156$	Tidak Memenuhi
	$C_k = 5,3$	$C_k = -0.257$	
Gumbel	$C_s \approx 1,14$	$C_s = -0.156$	Tidak Memenuhi
	$C_k \approx 5,4$	$C_k = -0.257$	
Log Person III	$C_s \approx 0$	$C_s = -0.156$	Memenuhi
		$C_k = -0.257$	

Sumber: Soemarto, 1999

Berdasarkan Tabel 4.11 diatas tentang syarat jenis distribusi, yaitu distribusi Normal, Distribusi Log Normal, dan Distribusi Gumbel tidak memenuhi syarat, tetapi untuk Distribusi Log Person III hasilnya memenuhi Syarat. Namun untuk lebih meyakinkan lagi perlu dilakukan pengujian ulang menggunakan metode Smirnov kolmognov dan metode Chi Kuadrat.

3. Pengujian Kecocokan Distribusi

Pengujian yang sering digunakan adalah metode Smirnov Kolmognov dan metode Chi Kuadrat.

a. Uji Chi Kuadrat

Metode ini diawali dengan mengetahui jumlah data, jumlah kelas yang ada di dalam data, frekuensi (banyaknya pengamatan) diharapkan sesuai dengan pembagian jumlah kelas yang ada dalam data.

$$N \text{ (Jumlah Data)} = 11$$

$$K \text{ (Jumlah Kelas)} = 1 + (3,322 \times \text{Log } n)$$



$$= 1 + (3,322 \times \text{Log } 11)$$

$$= 5 \text{ kelas}$$

$$R = 2 \text{ (ditetapkan untuk uji Chi Kuadrat)}$$

$$Dk = K - (R + 1)$$

$$= 5 - (2 + 1)$$

$$= 2$$

$$Ef = \frac{n}{k}$$

$$= \frac{11}{5}$$

$$= 2,2$$

$$\alpha = 0,05$$



Tabel 4.12 Untuk mendapatkan Chi Kritis agar dapat melakukan perhitungan Uji Chi Kuadrat.

Tabel 4. 12 Nilai Chi Kritis Untuk Uji Chi Kuadrat

α		0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
db	1	2.70554	3.84146	5.02390	6.63489	7.87940
	2	4.60518	5.99148	7.37778	9.21035	10.59653
	3	6.25139	7.81472	9.34840	11.34488	12.83807
	4	7.77943	9.48773	11.14326	13.27670	14.86017
	5	9.23635	11.07048	12.83249	15.08632	16.74965
	6	10.64464	12.59158	14.44935	16.81187	18.54751
	7	12.01703	14.06713	16.01277	18.47532	20.27774
	8	13.36156	15.50731	17.53454	20.09016	21.95486
	9	14.68366	16.91896	19.02278	21.66605	23.58927
	10	15.98717	18.30703	20.48320	23.20929	25.18805
	11	17.27501	19.67515	21.92002	24.72502	26.75686
	12	18.54934	21.02606	23.33666	26.21696	28.29966
	13	19.81193	22.36203	24.73558	27.68818	29.81932
	14	21.06414	23.68478	26.11893	29.14116	31.31943
	15	22.30712	24.99580	27.48836	30.57795	32.80149
	16	23.54182	26.29622	28.84532	31.99986	34.26705
	17	24.76903	27.58710	30.19098	33.40872	35.71838
	18	25.98942	28.86932	31.52641	34.80524	37.15639
	19	27.20356	30.14351	32.85234	36.19077	38.58212
	20	28.41197	31.41042	34.16958	37.56627	39.99686
	21	29.61509	32.67056	35.47886	38.93223	41.40094
	22	30.81329	33.92446	36.78068	40.28945	42.79566
	23	32.00689	35.17246	38.07561	41.63833	44.18139
	24	33.19624	36.41503	39.36406	42.97978	45.55836
	25	34.38158	37.65249	40.64650	44.31401	46.92797
	26	35.56316	38.88513	41.92314	45.64164	48.28978
	27	36.74123	40.11327	43.19452	46.96284	49.64504
	28	37.91591	41.33715	44.46079	48.27817	50.99356
	29	39.08748	42.55695	45.72228	49.58783	52.33550
	30	40.25602	43.77295	46.97922	50.89218	53.67187

Sumber: Suripin, 2004

Dari Tabel 4.12 akan diperoleh nilai Chi Kritis sebesar 5,991, derajat kepercayaan 0,05, derajat kebebasan (Dk) sebesar 3, lalu dilanjutkan dengan melakukan pengujian keempat jenis distribusi yang ada yaitu Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Gumbel, dan Distribusi



Log-Person III. Berikut ini adalah tabel 4.13 hasil perhitungan Uji Chi Kuadrat untuk metode Distribusi Normal.

Tabel 4. 13 Uji Chi Kuadrat pada Distribusi Normal

Kelas	P(x >= Xm)	Ef	Debit (m ³ /dt)	Of	Ef - Of	(Ef-Of) ² / Ef	
5	0.200	0 < P <= 0.2	2.200	159.002	3.000	0.800	0.291
	0.400	0.2 < P <= 0.4	2.200	139.874	0.000	2.200	2.200
	0.600	0.4 < P <= 0.6	2.200	123.399	5.000	2.800	3.564
	0.800	0.6 < P <= 0.8	2.200	104.271	0.000	2.200	2.200
	0.999	0.8 < P <= 0.999	2.200	31.156	3.000	0.800	0.291
			11.000	11.000	Chi-Kuadrat =	8.545	
					DK =	2	
					Chi-Kritik =	5.991	
Distribusi NORMAL Ditolak							

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Keterangan:

Chi Kuadrat = Harga Chi Kuadrat

Ef = Jumlah Nilai Teoritis Tiap Sub Kelompok

Of = Jumlah Nilai Pengamatan Tiap Sub Kelompok

Berdasarkan Tabel 4.13 diatas, dapat di lihat hasil Chi Kuadrat sebesar 8,545 dengan Chi Kritis sebesar 5,991. Artinya adalah nilai Chi Kuadrat > dari nilai Chi Kritis, maka perhitungan menggunakan Distribusi Normal tidak dapat diterima/ditolak karena tidak memenuhi syarat uji Chi Kuadrat yang menyatakan bahwa nilai Chi Kuadrat harus lebih kecil dari Chi Kritis. Berikut adalah Tabel 4.14 uji Chi Kuadrat pada Distribusi Log Normal.

**Tabel 4. 14** Uji Chi Kuadrat pada Distribusi Log Normal

Kelas	$P(x \geq X_m)$	Ef	R24(mm)	Of	Ef - Of	$(Ef-Of)^2/Ef$	
5	0.2	$0 < P \leq 0.2$	2.2	159.803	3	0.800	0.291
	0.4	$0.2 < P \leq 0.4$	2.2	136.605	0	2.200	2.200
	0.6	$0.4 < P \leq 0.6$	2.2	119.342	5	2.800	3.564
	0.8	$0.6 < P \leq 0.8$	2.2	102.017	0	2.200	2.200
	0.999	$0.8 < P \leq 0.999$	2.2	56.013	3	0.800	0.291
			11	11	Chi-Kuadrat =	8.545	
					DK =	2	
Distribusi LOG-NORMAL Ditolak						Chi-Kritik =	5.991

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Keterangan:

Chi Kuadrat = Harga Chi Kuadrat

Ef = Jumlah Nilai Teoritis Tiap Sub Kelompok

Of = Jumlah Nilai Pengamatan Tiap Sub Kelompok

Berdasarkan Tabel 4.14 diatas, dapat di lihat hasil Chi Kuadrat sebesar 8,545 dengan Chi Kritis sebesar 5,991. Artinya adalah nilai Chi Kuadrat > dari nilai Chi Kritis, maka perhitungan menggunakan Distribusi Log Normal tidak dapat diterima/ditolak karena tidak memenuhi syarat uji Chi Kuadrat yang menyatakan bahwa nilai Chi Kuadrat harus lebih kecil dari Chi Kritis. Berikut adalah Tabel 4.15 uji Chi Kuadrat pada Distribusi Gumbel



Tabel 4. 15 Uji Chi Kuadrat pada Distribusi Gumbel

Kelas	P(x >= Xm)		Ef	Debit	Of	Ef - Of	(Ef-Of) ² / Ef
				(m ³ /dt)			
5	0.200	0 < P <= 0.2	2.200	155.030	3.000	0.800	0.291
	0.400	0.2 < P <= 0.4	2.200	134.033	3.000	0.800	0.291
	0.600	0.4 < P <= 0.6	2.200	119.219	2.000	0.200	0.018
	0.800	0.6 < P <= 0.8	2.200	104.938	0.000	2.200	2.200
	0.999	0.8 < P <= 0.999	2.200	68.006	3.000	0.800	0.291
			11.000		11.000	Chi-Kuadrat =	3.091
						DK =	2
Distribusi GUMBEL Diterima							

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Keterangan:

Chi Kuadrat = Harga Chi Kuadrat

Ef = Jumlah Nilai Teoritis Tiap Sub Kelompok

Of = Jumlah Nilai Pengamatan Tiap Sub Kelompok

Berdasarkan Tabel 4.15 diatas, dapat di lihat hasil Chi Kuadrat sebesar 3,091 dengan Chi Kritis sebesar 5,991. Artinya adalah nilai Chi Kuadrat < dari nilai Chi Kritis, maka perhitungan menggunakan Distribusi Gumbel dapat diterima karena memenuhi syarat uji Chi Kuadrat yang menyatakan bahwa nilai Chi Kuadrat harus lebih kecil dari Chi Kritis. Berikut adalah Tabel 4.16 uji Chi Kuadrat pada Distribusi Normal.

**Tabel 4. 16** Uji Chi Kuadrat pada Distribusi *Log Person III*

Kelas	$P(x \geq X_m)$		Ef	Debit (m ³ /dt)	Of	Ef - Of	$(Ef-Of)^2/Ef$
5	0.200	$0 < P \leq 0.2$	2.200	160.340	2.000	0.200	0.018
	0.400	$0.2 < P \leq 0.4$	2.200	140.666	1.000	1.200	0.655
	0.600	$0.4 < P \leq 0.6$	2.200	123.427	5.000	2.800	3.564
	0.800	$0.6 < P \leq 0.8$	2.200	103.689	0.000	2.200	2.200
	0.999	$0.8 < P \leq 0.999$	2.200	41.335	3.000	0.800	0.291
			11.000		11.000	Chi-Kuadrat =	6.727
						DK =	2
Distribusi LOG-PEARSON III Ditolak							

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Keterangan:

Chi Kuadrat = Harga Chi Kuadrat

Ef = Jumlah Nilai Teoritis Tiap Sub Kelompok

Of = Jumlah Nilai Pengamatan Tiap Sub Kelompok

Berdasarkan Tabel 4.16 diatas, dapat di lihat hasil Chi Kuadrat sebesar 8,545 dengan Chi Kritis sebesar 5,991. Artinya adalah nilai Chi Kuadrat > dari nilai Chi Kritis, maka perhitungan menggunakan Distribusi Log Normal tidak dapat diterima/ditolak karena tidak memenuhi syarat uji Chi Kuadrat yang menyatakan bahwa nilai Chi Kuadrat harus lebih kecil dari Chi Kritis. Berikut adalah Tabel 4.17 uji Chi Kuadrat pada Distribusi Gumbel

b. Uji Smirnov Kolmogrov

Metode pengujian ini diawali dengan mengetahui Δ kritis, di bawah ini adalah tabel untuk mengetahui Δ kritis. Terlebih dahulu harus mengetahui jumlah data (n) yaitu 11, derajat



kepercayaan (α) sebesar 0,05. Nilai Δ kritis akan digunakan sebagai tolok ukur kecocokan Uji Smirnov Kolmogorov.

Tabel 4. 17 Nilai Δ kritis untuk Uji Kolmogorov

N / CI	0.2	0.1	0.05	0.01	0
0	0.9	0.95	0.98	0.99	0.99
1	0.9	0.95	0.98	0.99	0.99
2	0.68	0.78	0.84	0.93	0.93
3	0.56	0.64	0.71	0.83	0.83
4	0.49	0.56	0.62	0.73	0.73
5	0.45	0.51	0.56	0.67	0.67
6	0.41	0.47	0.52	0.62	0.62
7	0.38	0.44	0.49	0.58	0.58
8	0.36	0.41	0.46	0.54	0.54
9	0.34	0.39	0.43	0.51	0.51
10	0.32	0.37	0.41	0.49	0.49
11	0.31	0.35	0.39	0.47	0.47
12	0.3	0.34	0.38	0.45	0.45
13	0.28	0.32	0.36	0.43	0.43
14	0.27	0.31	0.35	0.42	0.42
15	0.27	0.3	0.34	0.4	0.4
16	0.26	0.3	0.33	0.39	0.39
17	0.25	0.29	0.32	0.38	0.38
18	0.24	0.28	0.31	0.37	0.37
19	0.24	0.27	0.3	0.36	0.36
20	0.23	0.26	0.29	0.35	0.35
25	0.21	0.24	0.26	0.32	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29	0.29
35	0.18	0.21	0.23	0.27	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23	0.23

Sumber: Suripin, 2004



Nilai derajat kepercayaan dari 11 data yang digunakan (n) diperoleh hasil:

$$\Delta \text{ kritis} = \frac{1,36}{N^{0,5}}$$

$$\Delta \text{ kritis} = \frac{1,36}{11^{0,5}}$$

$$\Delta \text{ kritis} = 0,410$$

Setelah di peroleh derajat kepercayaan, maka di lanjutkan dengan mengurutkan data mulai dari data besat ke data yang kecil, agar lebih mudah dalam perhitungan. Selanjutnya dilakukan engujian untuk empat jenis distribusi yaitu Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Gumbel, dan Distribusi Log-Person III. Tabel 4.18 dibawah ini adalah hasil perhitungan Uji Kolmogorov.

Tabel 4. 18 Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov

Debit (m ³ /dt)	m	P = m/(N+1)	NORMAL		LOG-NORMAL		GUMBEL		LOG-PEARSON III	
			P(x >= X _m)	Do	P(x >= X _m)	Do	P(x >= X _m)	Do	P(x >= X _m)	Do
182.000	1	0.083	0.061	0.023	0.092	0.009	0.074	0.009	0.063	0.020
173.000	2	0.167	0.102	0.065	0.127	0.039	0.104	0.063	0.108	0.058
160.000	3	0.250	0.192	0.058	0.199	0.051	0.168	0.082	0.203	0.047
135.000	4	0.333	0.459	0.125	0.417	0.084	0.388	0.055	0.465	0.132
135.000	5	0.417	0.459	0.042	0.417	0.001	0.388	0.028	0.465	0.049
135.000	6	0.500	0.459	0.041	0.417	0.083	0.388	0.112	0.465	0.035
130.000	7	0.583	0.520	0.063	0.473	0.110	0.451	0.133	0.524	0.059
125.000	8	0.667	0.581	0.086	0.532	0.135	0.518	0.149	0.582	0.085
100.000	9	0.750	0.835	0.085	0.820	0.070	0.859	0.109	0.830	0.080
100.000	10	0.833	0.835	0.001	0.820	0.013	0.859	0.025	0.830	0.003
73.000	11	0.917	0.964	0.048	0.982	0.065	0.997	0.080	0.966	0.050
DKritik =	0.390			0.125		0.135		0.149		0.132
				Diterima		Diterima		Diterima		Diterima

Sumber: Hasil Analisis, 2017



Keterangan:

m : Peringkat

P : Peluang di Lapangan

Do : Selisih Peluang di lapangan dan Peluang Teoritis

Hasil dari Uji Smirnov Kolmogorov jenis distribusi yang memenuhi syarat. jika nilai $D_o < \text{nilai } \Delta \text{ Kritis}$. Berdasarkan tabel di atas, pada Distribusi Normal diperoleh D_o sebesar 0,125, pada Distribusi Log Normal diperoleh D_o sebesar 0,135, pada Distribusi Gumbel diperoleh D_o sebesar 0,149 dan pada Distribusi Log Person III diperoleh D_o sebesar 0,132. Dalam uji kecocokan menggunakan metode ini, semua distribusi mulai dari Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Gumbel dan Distribusi Log Person karena nilai D_o lebih kecil dari nilai .nilai Δ Kritik yaitu 0,410. Namun, distribusi yang terbaik dalam uji kecocokan ini adalah Distribusi Normal karena memiliki nilai Δ maksimum yang paling kecil dibanding dengan semua distribusi yang memenuhi syarat yaitu sebesar 0,125 dan memiliki nilai Δ Kritik sebesar 0,410

Berdasarkan dari hasil pengujian kecocokan menggunakan dua metode berbeda yaitu Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov, jenis distribusi yang paling baik dan dapat diterima dikedua metode tersebut adalah Distribusi Gumbel. Karena di dalam semua pengujian metode Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov dapat diterima semuanya. Maka dapat disimpulkan bahwa dalam menganalisis distribusi hujan jam-jaman akan digunakan Distribusi Gumbel.



4.2.3 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-Jaman

Digunakan X_T Distribusi Gumbel dengan 5 periode ulang yaitu 2,5,10,25 dan 50 tahunan. Maka, setelah diketahui distribusi yang cocok digunakan distribusi hujan jam-jaman adalah Distribusi Gumbel.

Tabel 4. 19 Periode Ulang Hujan Maksimum pada Sungai Sringin

T	X_T (mm)
2	126,295
5	155,030
10	174,055
25	198,093
50	215,926

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Nilai X_T tiap periode ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahunan akan digunakan dalam menghitung intensitas curah hujan (I) menggunakan mononobe dengan rumus berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Keterangan:

I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

R_{24} = Curah Hujan Maksimum dalam 24 jam (mm)

T = Durasi Curah Hujan (jam)

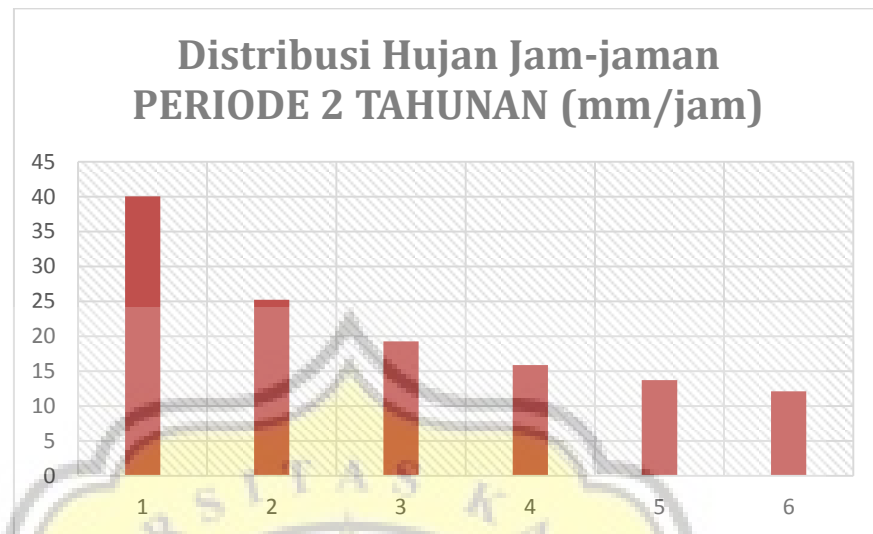
Tabel 4.20 dibawah ini merupakan tabel hasil dari perhitungan distribusi hujan jam-jaman periode ulang 2 tahunan dengan durasi hujan ke-1 sampai ke-6 secara ringkas. Jika distribusi hujan jam-jaman yang diperoleh dijadikan sebuah grafik maka akan didapat sebuah hidrograf. Hidrograf itu sendiri merupakan sebuah variable yang dimasukkan ke dalam time series saat melakukan pemodelan Sungai Sringin menggunakan EPA-SWMM.

**Tabel 4. 20** Perhitungan Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 2 Tahunan

T	i		Distribusi hujan jam-jaman
	mm	%	mm/jam
1	43.78402	31.72177	40.06299848
2	27.5822	19.98346	25.23810756
3	21.04916	15.25024	19.26028078
4	17.3757	12.58879	15.89901148
5	14.97392	10.84869	13.70135275
6	13.26014	9.607047	12.13321659
Σ	138.0251	100	126.2949677

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Dari Tabel 4.20 diatas dapat diketahui distribusi hujan jam-jaman maksimum periode ulang 2 tahunan terletak pada jam pertama sebesar 40,062 mm, sedangkan untuk distribusi hujan jam-jaman minimumnya sebesar 12,133 mm yang terletak pada jam ke 6. Gambar 4.15 dibawah ini merupakan grafik distribusi hujan jam-jaman periode ulang 2 tahunan dengan durasi hujan ke 1 sampai ke 6.



Gambar 4. 15 Grafik Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 2 Tahunan (Hietograf)

Tabel 4.21 berikut ini merupakan hasil perhitungan distribusi hujan jam-jaman periode ulang 5 tahunan dengan durasi hujan ke 1 sampai ke 6.

Tabel 4. 21 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 5 Tahunan

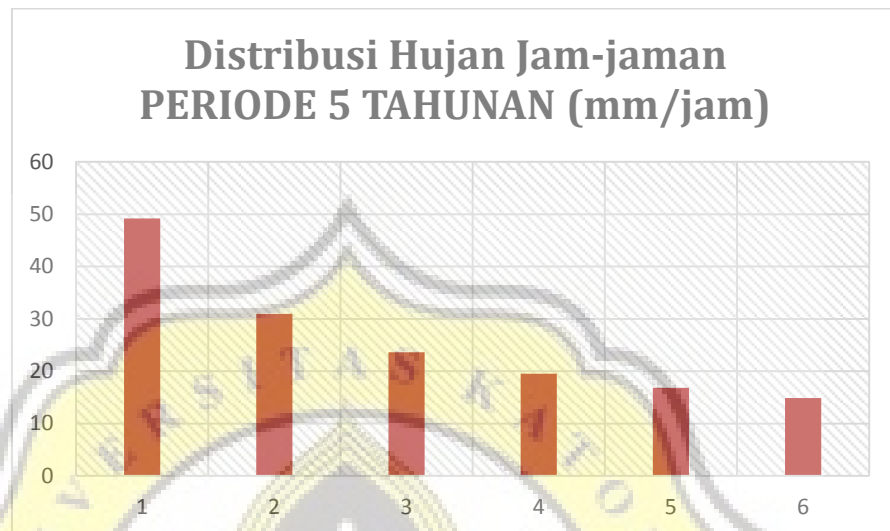
T	i		Distribusi hujan jam-jaman
	mm	%	mm/jam
1	53.74588	31.72177	49.17824429
2	33.85778	19.98346	30.98035259
3	25.83833	15.25024	23.6424339
4	21.32907	12.58879	19.51639918
5	18.38083	10.84869	16.81872297
6	16.27713	9.607047	14.89380007
Σ	169.429	100	155.029953

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Dari Tabel 4.21 diatas dapat diketahui distribusi hujan jam-jaman maksimum periode ulang 2 tahunan terletak pada jam pertama sebesar 49,178 mm, sedangkan untuk distribusi hujan jam-jaman minimumnya sebesar



14,893 mm yang terletak pada jam ke 6. Gambar 4.16 dibawah ini adalah grafik distribusi hujan jam-jaman periode ulang 5 tahunan



Gambar 4. 16 Grafik Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 5 Tahunan (Hietograf)

Tabel 4.22 berikut ini merupakan hasil perhitungan distribusi hujan jam-jaman periode ulang 10 tahunan dengan durasi hujan ke 1 sampai ke 6.

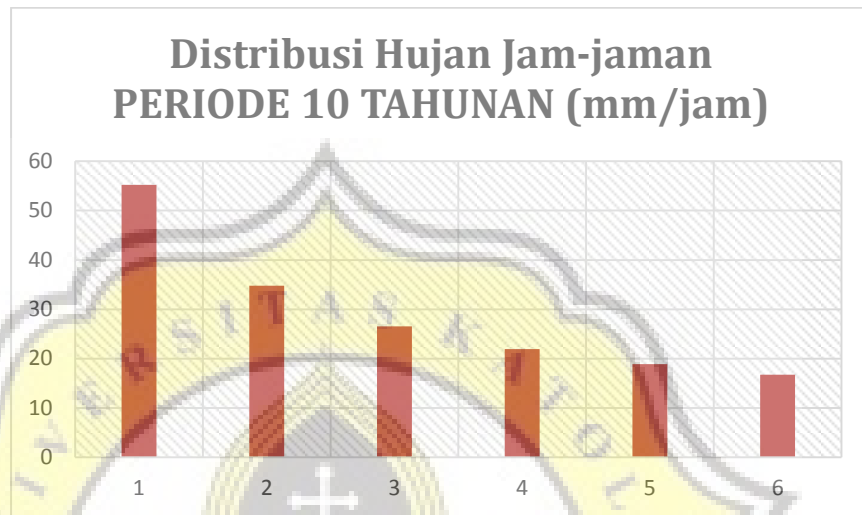
Tabel 4. 22 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 10 Tahunan

T	i		Distribusi hujan jam-jaman mm/jam
	mm	%	
1	60.3415	31.72177	55.21332836
2	38.01276	19.98346	34.78221732
3	29.00917	15.25024	26.5437997
4	23.94654	12.58879	21.91142388
5	20.6365	10.84869	18.88269269
6	18.27463	9.607047	16.72154599
Σ	190.2211	100	174.0550079

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Dari Tabel 4.22 diatas dapat diketahui distribusi hujan jam-jaman maksimum periode ulang 2 tahunan terletak pada jam pertama sebesar 55,213

mm, sedangkan untuk distribusi hujan jam-jaman minimumnya sebesar 16,721 mm yang terletak pada jam ke 6. Gambar 4.17 dibawah ini adalah grafik distribusi hujan jam-jaman periode ulang 10 tahunan



Gambar 4. 17 Grafik Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 10 Tahunan (Hietograf)

Tabel 4.23 berikut ini merupakan hasil perhitungan distribusi hujan jam-jaman periode ulang 25 tahunan dengan durasi hujan ke 1 sampai ke 6.

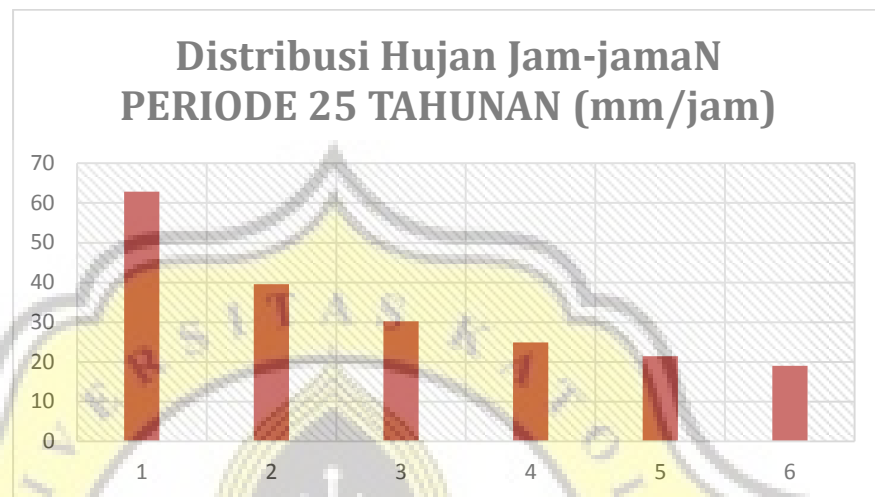
Tabel 4. 23 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 25 Tahunan

T	i		Distribusi hujan jam-jaman
	mm	%	mm/jam
1	68.67508	31.72177	62.83866845
2	43.26259	19.98346	39.58588056
3	33.01553	15.25024	30.20968085
4	27.25372	12.58879	24.9375421
5	23.48655	10.84869	21.49052231
6	20.79848	9.607047	19.03090641
Σ	216.4919	100	198.0932007

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Dari Tabel 4.23 diatas dapat diketahui distribusi hujan jam-jaman maksimum periode ulang 2 tahunan terletak pada jam pertama sebesar 62,838

mm, sedangkan untuk distribusi hujan jam-jaman minimumnya sebesar 19,030 mm yang terletak pada jam ke 6. Gambar 4.18 dibawah ini adalah grafik distribusi hujan jam-jaman periode ulang 25 tahunan



Gambar 4. 18 Grafik Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 25 Tahunan (Hietograf)

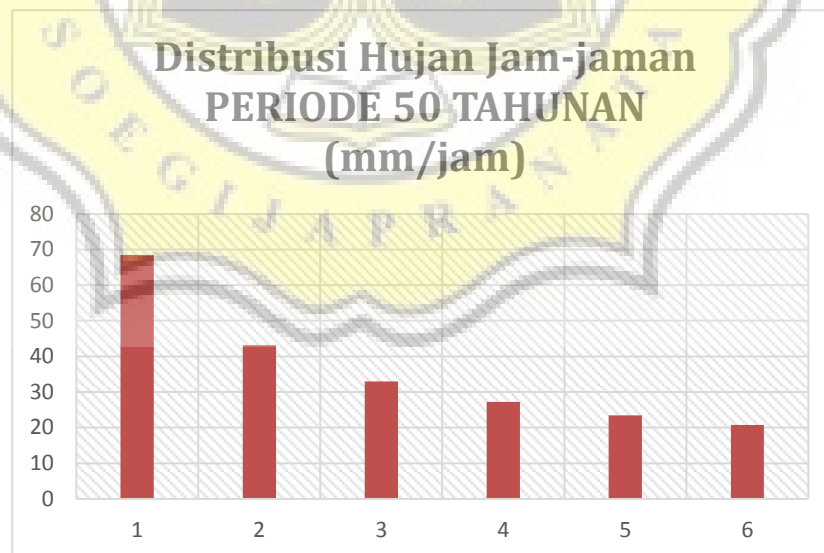
Tabel 4.24 berikut ini merupakan hasil perhitungan distribusi hujan jam-jaman periode ulang 50 tahunan dengan durasi hujan ke 1 sampai ke 6.

Tabel 4. 24 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 50 Tahunan

T	i		Distribusi hujan jam-jaman
	mm	%	mm/jam
1	74.85742	31.72177	68.49559955
2	47.15722	19.98346	43.14952385
3	35.98769	15.25024	32.92924967
4	29.70719	12.58879	27.1824967
5	25.60088	10.84869	23.42516554
6	22.67083	9.607047	20.74412741
Σ	235.9812	100	215.9261627

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Dari tabel 4.24 diatas dapat diketahui distribusi hujan jam-jaman maksimum periode ulang 2 tahunan terletak pada jam pertama sebesar 68,495 mm, sedangkan untuk distribusi hujan jam-jaman minimumnya sebesar 20,744 mm yang terletak pada jam ke 6. Gambar 4.19 dibawah ini adalah grafik distribusi hujan jam-jaman periode ulang 50 tahunan



Gambar 4. 19 Grafik Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 50 Tahunan (Hietograf)



4.3 Pemodelan Hidrologi

4.3.1 Tujuan

Tujuan utama melakukan pemodelan dengan menggunakan *Software* EPA-SWMM adalah mengetahui pengaruh tanggul laut terhadap banjir di sistem drainase Sungai Sringin.

4.3.2 Prosedur

Berikut ini prosedur melakukan pemodelan Sungai Sringin:

1. Mencari informasi alur Sungai Sringin dan batas-batas daerah aliran Sungai Sringin
2. Pembagian menjadi beberapa *subcatchment*, *junction*, *conduit*, dan *outfall* dilakukan setelah mendapatkan data dan informasi alur dan batas daerah aliran Sungai Sringin melalui *software* ArcGIS
3. Memasukan semua parameter yang dibutuhkan serta nilainya mulai dari parameter *subcatchment*, parameter *junction*, parameter *conduit*, dan parameter *outfall* kedalam *attribute table* pada ArcGIS
4. Ekspor map dari ArcGIS digunakan untuk menggambar *subcatchment*, *junction*, *conduit*, dan *outfall* secara manual pada EPA-SWMM dikarenakan tidak dapat melakukan ubah format file dari ArcGIS ke EPA-SWMM melalui *software* inp.PINS-inpMAKER
5. Setelah menggambar secara manual masukan parameter *subcatchment*, *junction*, *conduit*, dan *outfall* pada *attribute table* secara manual kedalam EPA-SWMM
6. Masukan tabel *time series* pada *software* EPA-SWMM dengan menggunakan data hujan yang dimiliki

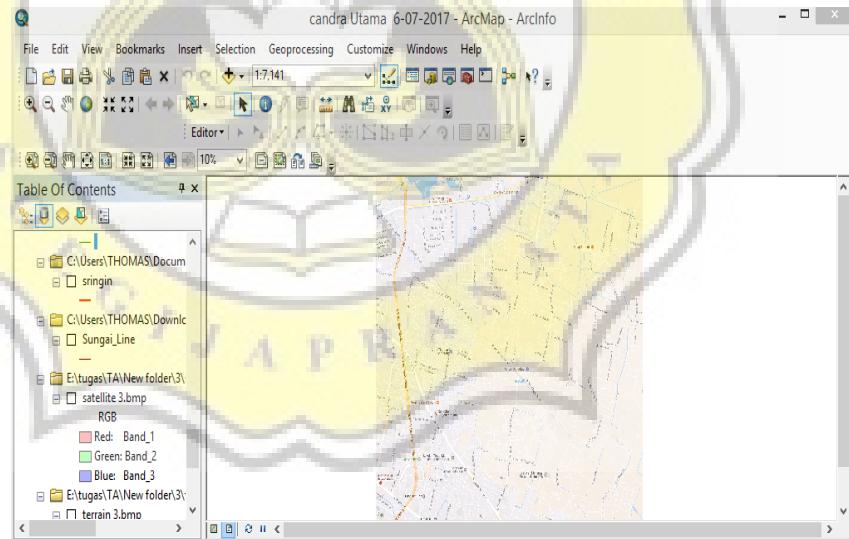
7. Pada *simulation option* atur *Infiltration model* dengan Horton dan pada *Routing model* menjadi *dynamic wave* serta *date* atur *end analysisnya*.

8. Setelah diatur pemodelannya lalu *run simulation*

Berikut ini yang harus disiapkan dan harus dilakukan sebelum melakukan pemodelan Sungai Sringin:

1. Penggambaran menggunakan ArcGIS

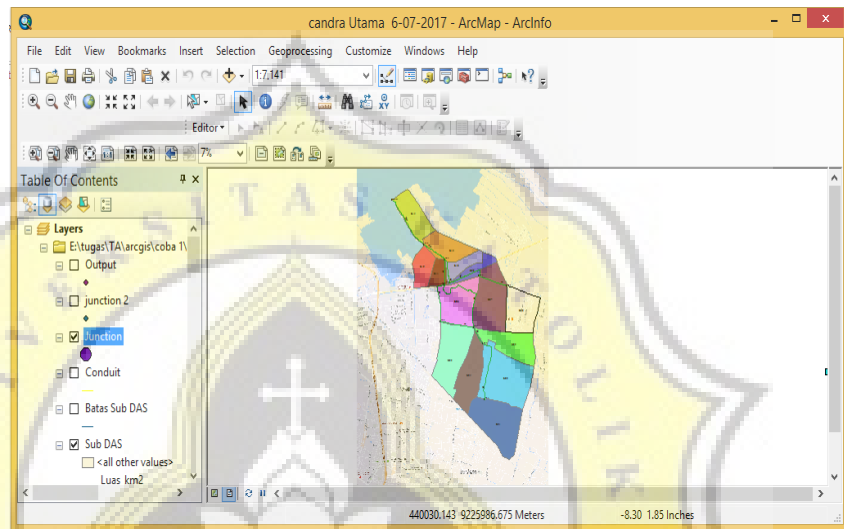
Sebelum melakukan pemodelan pada EPA-SWMM menggunakan *software* ArcGIS digunakan untuk melakukan pembagian *subcatchment*, *junction*, *conduit*, dan *outfall*. Untuk membagi *subcatchment*, *junction*, *conduit*, dan *outfall* harus mendownload dan memasukan peta lokasi Sungai Sringin dengan menggunakan *software Universal Maps Downloader* dengan format *.bmp* ke ArcGIS seperti gambar 4.20



Gambar 4. 20 Peta Lokasi Sungai Sringin
Sumber: ArcGIS yang Dimodifikasi, 2017

Setelah memasukan peta lokasi menentukan batas-batas daerah aliran Sungai Sringin serta membagi batas-batasnya menjadi beberapa bagian *subcatchment*. Dalam menentukan *subcatchment* harus

memperhatikan batas antar *subcatchment*. Sehingga setiap batas *subcatchment* tidak melebihi batas *subcatchment* lainnya. Setelah itu dibuat juga *junction*, *conduit*, dan *outfall*. Gambar 4.21 menunjukkan pembagian *subcatchment*, *junction*, *conduit*, dan *outfall* pada pemodelan Sungai Sringin.



Gambar 4. 21 Hasil Pembagian *Subcatchment* pada ArcGIS
Sumber: ArcGIS yang Dimodifikasi, 2017

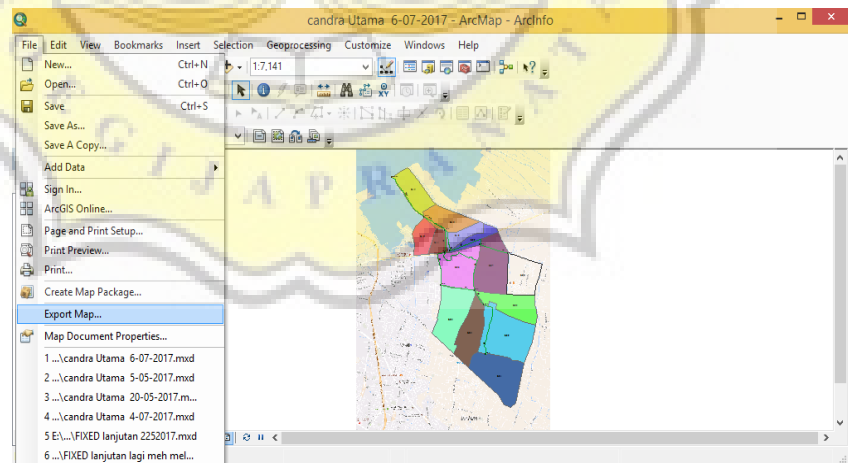
Setelah pembuatan *subcatchment*, *junction*, *conduit*, dan *outfall* adalah memasukan parameter-parameter yang dibutuhkan untuk pemodelan menggunakan EPA-SWMM melalui *attribute table* seperti parameter *subcatchment*, *junction*, *conduit*, dan *outfall*. Pada Gambar 4.22 menerangkan parameter *subcatchment*.

FID	Sh	I	Nama	Luas_km	Width_m	Slope	Imperv	N_Impervio	N_Pervious	D_Impervio	D_Pervious	Zero_imper	Infiltrati	Outlet
0	Pol	0	S.01	1.6296	906.2810	0.356	75	0.014	0.1	0.05	0.05	25	HORTON	J.01
1	Pol	0	S.02	1.9719	954.7594	0.085	75	0.014	0.1	0.05	0.05	25	HORTON	J.02
2	Pol	0	S.03	1.0368	588.1439	0.114	75	0.014	0.1	0.05	0.05	25	HORTON	J.03
3	Pol	0	S.04	1.1242	549.8957	0.051	75	0.011	0.1	0.05	0.05	25	HORTON	J.03
4	Pol	0	S.05	1.4690	926.6764	0.28	75	0.011	0.1	0.05	0.05	25	HORTON	J.04
5	Pol	0	S.06	1.2463	695.2623	0.102	75	0.011	0.1	0.05	0.05	25	HORTON	J.05
6	Pol	0	S.07	1.5538	787.8210	0.148	75	0.011	0.1	0.05	0.05	25	HORTON	J.07
7	Pol	0	S.08	1.026	765.6061	0.216	75	0.060	0.1	0.05	0.05	25	HORTON	J.08
8	Pol	0	S.09	0.3635	317.2437	0.189	90	0.011	0.1	0.05	0.05	25	HORTON	J.06
9	Pol	0	S.10	0.4258	433.6531	0.000	90	0.011	0.1	0.05	0.05	25	HORTON	J.09
10	Pol	0	S.11	0.3301	505.6399	0.129	90	0.012	0.1	0.05	0.05	25	HORTON	J.09
11	Pol	0	S.12	0.5381	540.3728	0.341	90	0.012	0.1	0.05	0.05	25	HORTON	J.10
12	Pol	0	S.13	0.7805	529.1283	0.136	90	0.012	0.1	0.05	0.05	25	HORTON	J.10
13	Pol	0	S.14	0.8359	629.3275	0.357	90	0.011	0.1	0.05	0.05	25	HORTON	OUT.01

Gambar 4. 22 Attribute Table Parameter *Subcatchment*
Sumber: ArcGIS yang Dimodifikasi, 2017

2. Pemodelan Manual menggunakan EPA-SWMM

Sebelum menggambar manual pada EPA-SWMM harus mengekspor peta pembagian *subcatchment*, *junction*, *conduit*, dan *outfall* yang ada pada ArcGIS. Gambar 4.23 menunjukkan cara mengekspor peta dari ArcGIS mengubah formatnya menjadi .bmp.

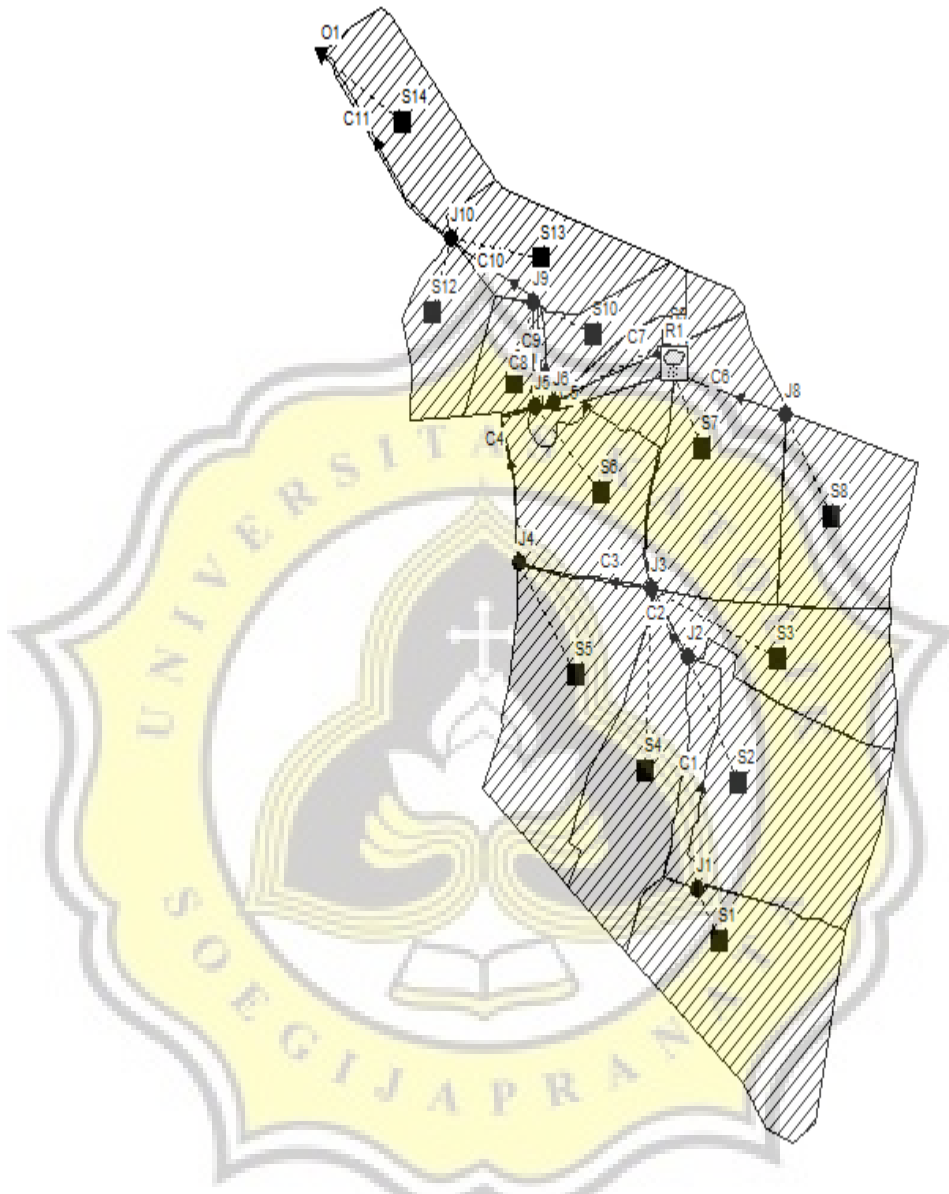


Gambar 4. 23 Ekspor Peta dari ArcGIS
Sumber: ArcGIS yang Dimodifikasi, 2017

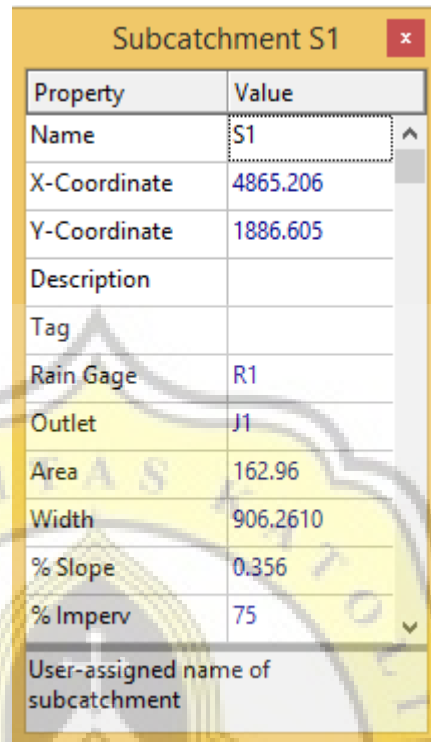


Setelah diekspor dilakukan penggambaran *subcatchment*, *junction*, *conduit*, dan *outfall* dilakukan secara manual sesuai dengan peta lokasi pemodelan dan serta memasukan parameter-parameter yang telah ada secara manual melalui EPA-SWMM. Pada gambar 4.24 penggambaran manual menurut data yang ada, gambar 4.25 parameter yang dimasukan secara manual pada EPA-SWMM.





Gambar 4. 24 Pemodelan Sungai Sringin
Sumber: EPA-SWMM yang Dimodifikasi, 2017



Property	Value
Name	S1
X-Coordinate	4865.206
Y-Coordinate	1886.605
Description	
Tag	
Rain Gage	R1
Outlet	J1
Area	162.96
Width	906.2610
% Slope	0.356
% Imperv	75
User-assigned name of subcatchment	

Gambar 4. 25 Memasukan Parameter Secara Manual pada EPA-SWMM
Sumber: EPA-SWMM yang Dimodifikasi, 2017

4.3.3 Pemodelan Kondisi Eksisting Sebelum ada Tanggul Laut

1. Parameter Kondisi Eksisting

Pada pemodelan eksisting memiliki parameter *subcatchment*, *junction*, *conduit*, *outfall*, dan *rain gage* yang berbeda-beda.

A. *Subcatchment*

Subcatchment atau daerah tangkapan hujan merupakan suatu daerah yang memiliki topografi dan sistem drainase yang dapat mengalirkan limpasan air permukaan ke titik *outfall*. Berikut parameter-parameter pada *subcatchment*:

a. *Area*

Area merupakan Luasan daerah dari masing-masing *subcatchment*



b. *Width*

Width merupakan lebar dari *subcatchment* yang didapatkan dari rata-rata pengukuran tiga kali lebar *subcatchment*.

c. *Percent Slope*

Percent Slope merupakan kemiringan lahan pada masing-masing *subcatchment* untuk mendapatkan nilainya dengan membagi antara selisih elevasi batas *subcatchment* dengan panjang sungai pada *subcatchment* dikali dengan 100%.

d. *Percent Impervious*

Persentase pada *subcatchment* yang dapat menyerap air atau kedap air yang dapat dilihat nilainya melalui tabel 4.25 Dibawah ini.

Tabel 4. 25 *Percent Impervious*

Land Use or Surface Characteristic	% Impervious
Business:	
Commercial areas	95
Neighborhood areas	85
Residential:	
Single family	-
Multi unit (detached)	60
Multi unit (attached)	75
Half acre lot or larger	-
Apartment	80
Industrial:	
Light areas	80
Heavy areas	90
Parks, cemeteries	5
Playground	10
School	50
Railroad yard areas	15
Undeveloped areas:	
Historic flow analysis	2
Greenbelt agricultural	2
Off site flow analysis when land use not	45
Streets:	
Paved	100
Gravel (packed)	40
Drive and walks	90
Roofs	90
Lawns, sandy clay	0
Lawns, clayey soil	0

Sumber: Karoesta dan Hapsari, 2008

e. *N-Impervious*

Angka Koefisien kekasaran manning pada daerah *subcatchment* yang kedap air. Dapat dilihat nilainya pada tabel 4.26 dibawah ini

Tabel 4. 26 Nilai Koefisien Manning pada Aliran Permukaan

No	Penggunaan tanah permukaan	<i>n</i>	Nilai yang direkomendasikan
1	Beton	0.010-0.013	0.011
2	Aspal	0.010-0.015	0.014
3	Tanah terbuka	0.010-0.016	0.010
4	Tanah berkerikil	0.012-0.030	0.012
5	Tanah lempung berlanau dan terbuka (mudah tererosi)	0.012-0.033	0.012
6	Tanah tandus	0.006-0.160	0.050
7	Tanah yang diolah	0.020-0.100	0.060
8	Semacam lapangan tembak/golf (alami)	0.010-0.320	0.130
9	Semacam lapangan tembak/golf yang dipangkas	0.020-0.240	0.080
10	Padang rumput pendek	0.100-0.200	0.150
11	Rerumputan yang tebal	0.170-0.300	0.240

Sumber: Suripin, 2004

f. *N-pervious*

Angka koefisien kekasaran manning pada daerah *subcatchment* yang tidak kedap air

g. *D Store-Impervious*

Bagian dari permukaan tanah yang terjadi genangan atau simpanan lekukan yang kedap air pada saat hujan nilainya menggunakan *default* dari EPA-SWMM

h. *D Store-Impervious*

Bagian dari permukaan tanah yang terjadi genangan atau simpanan lekukan yang tidak kedap air pada saat hujan nilainya menggunakan *default* dari EPA-SWMM

i. *Percent Zero Impervious*

% *Zero Impervious* merupakan persentase area setiap *subcatchment* yang kedap air. Nilai yang digunakan yaitu *default* dari EPA-SWMM



B. *Junction*

Junction adalah titik pertemuan dari dua atau lebih aliran sungai. Parameter yang dimasukkan pada EPA-SWMM untuk *junction* ada 2 parameter yaitu elevasi dari *junction* dan kedalaman maksimum *junction* (*Max depth*)

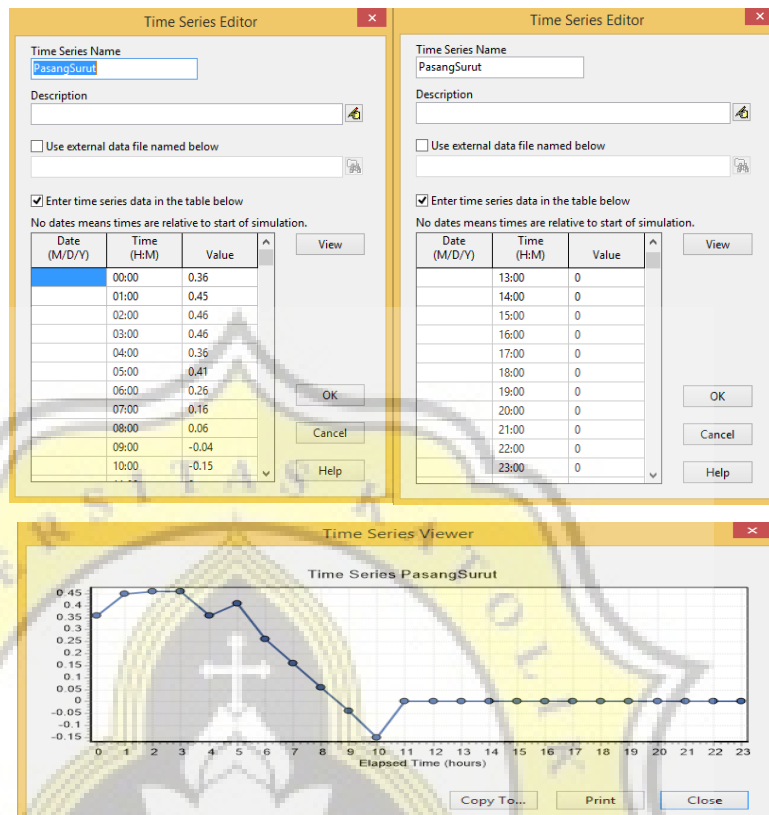
C. *Conduit*

Conduit adalah saluran terbuka maupun tertutup yang berfungsi sebagai penghubung antara satu *junction* ke *junction* yang lain. Parameter-parameter yang dimasukkan pada EPA-SWMM untuk *conduit* adalah :

- a. Kedalam maksimum *conduit* (*Max Depth*)
- b. Panjang saluran (*Length*)
- c. Bentuk saluran (*Shape*)
- d. Koefisien kekasaran dinding saluran (*Roughness*)

D. *Outfall*

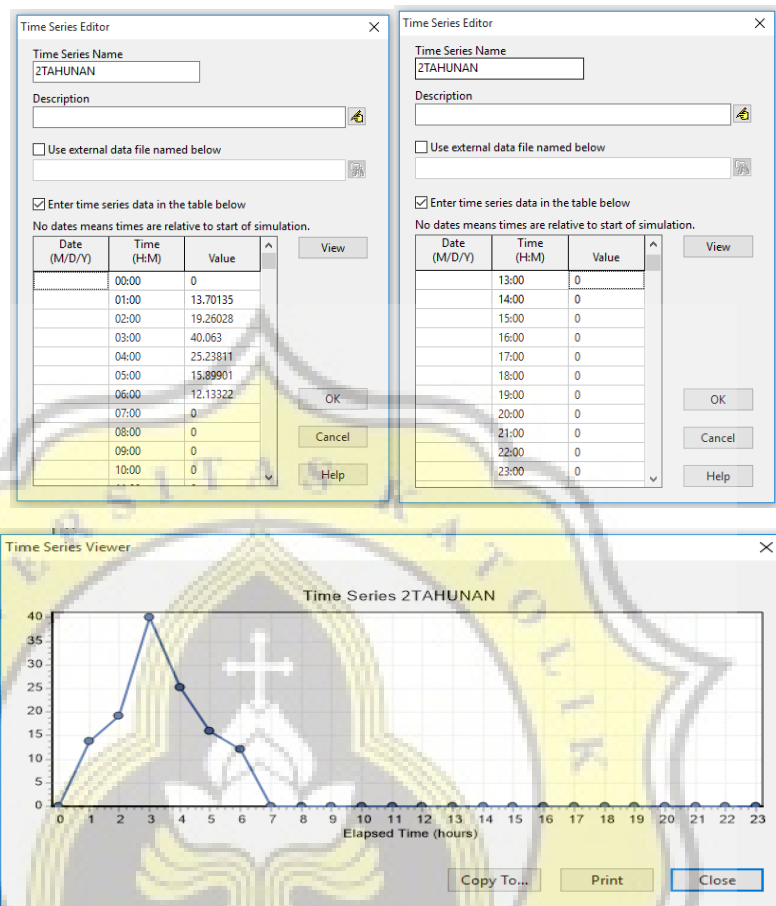
Outfall adalah titik yang menunjukkan batas hilir atau titik akhir dari sistem drainase. *Outfall* terletak di kawasan industri terboyo. Parameter yang akan dimasukkan dalam *Outfall* adalah elevasi. *Outfall* Sungai Sringin berada pada elevasi -0.754 m dari muka air laut rata-rata.



Gambar 4. 26 Time Series Pasang Surut pada Outfall

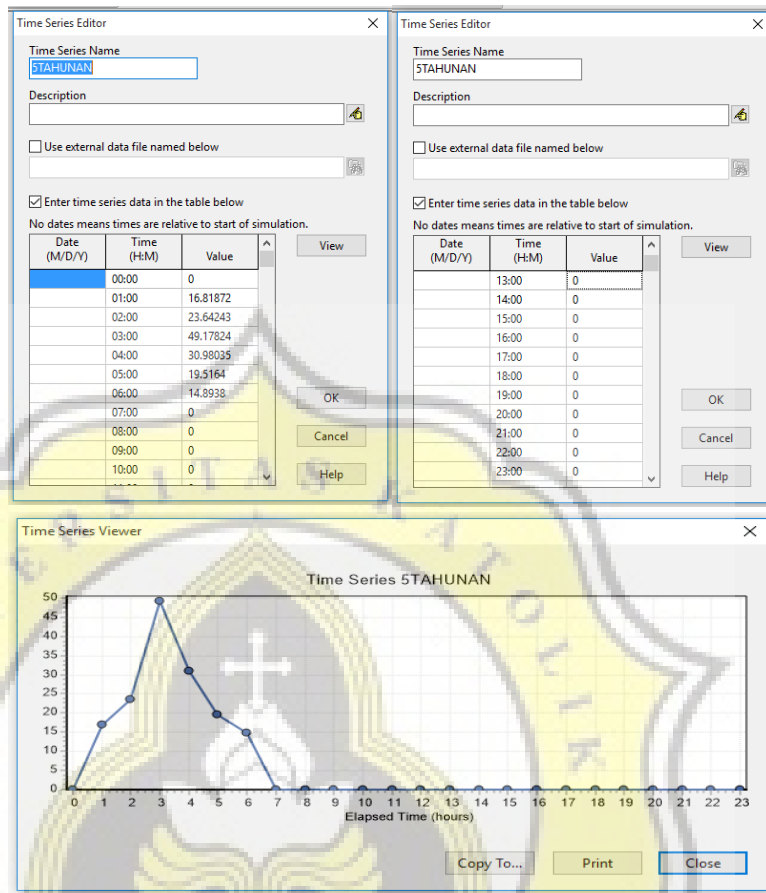
E. Rain Gage

Dalam pemodelan EPA-SWMM, nilai parameter *rain gage* di sajikan dalam tabel time series. Parameter itu nantinya akan memberikan suplai area studi untuk memperoleh hasil pemodelan berupa hidrograf aliran permukaan, hidrograf aliran di tiap saluran dan profil muka air. Gambar 4.27 berikut merupakan tabel time series periode ulang 2 tahunan (R_2) di program EPA-SWMM. Nilainya diperoleh dari proseshitungan data hujan harian maksimum menjadi hujan jam-jaman pada tabel sebelumnya.



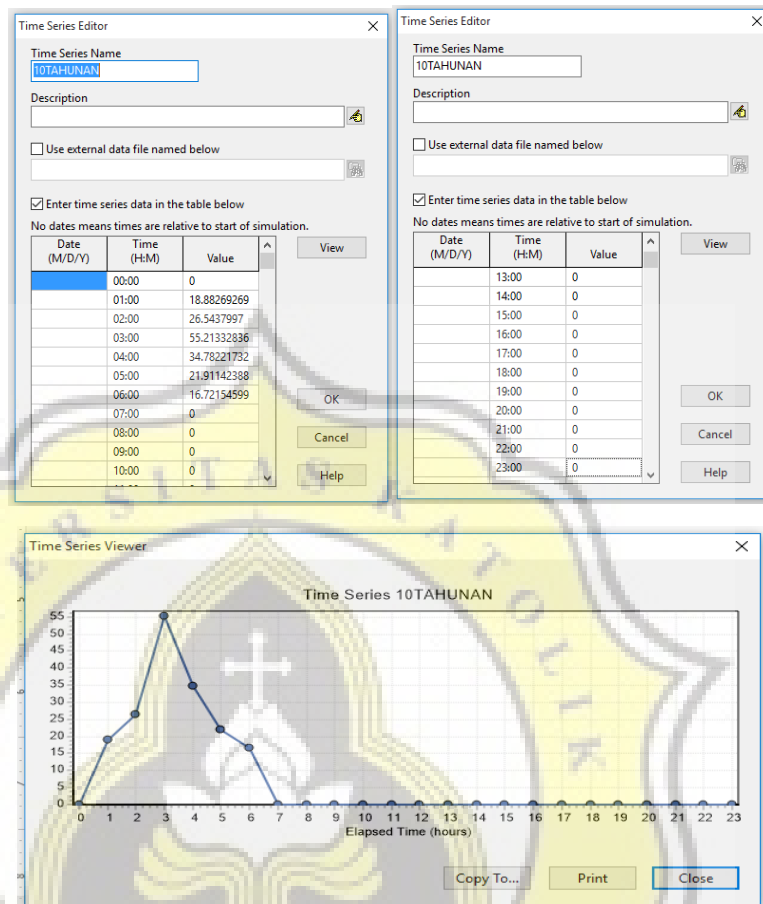
Gambar 4. 27 Time Series dalam Pemodelan EPA-SWMM Periode Ulang 2 Tahunan

Grafik *time series* diatas merupakan hubungan antara curah hujan.dengan waktu. Gambar 4.28 berikut merupakan tabel time series periode ulang 5 tahunan (R5) dalam pemodelan EPA-SWMM. Nilainya diperoleh dari proses hitungan data hujan harian maksimum menjadi hujan jam-jaman pada tabel sebelumnya.



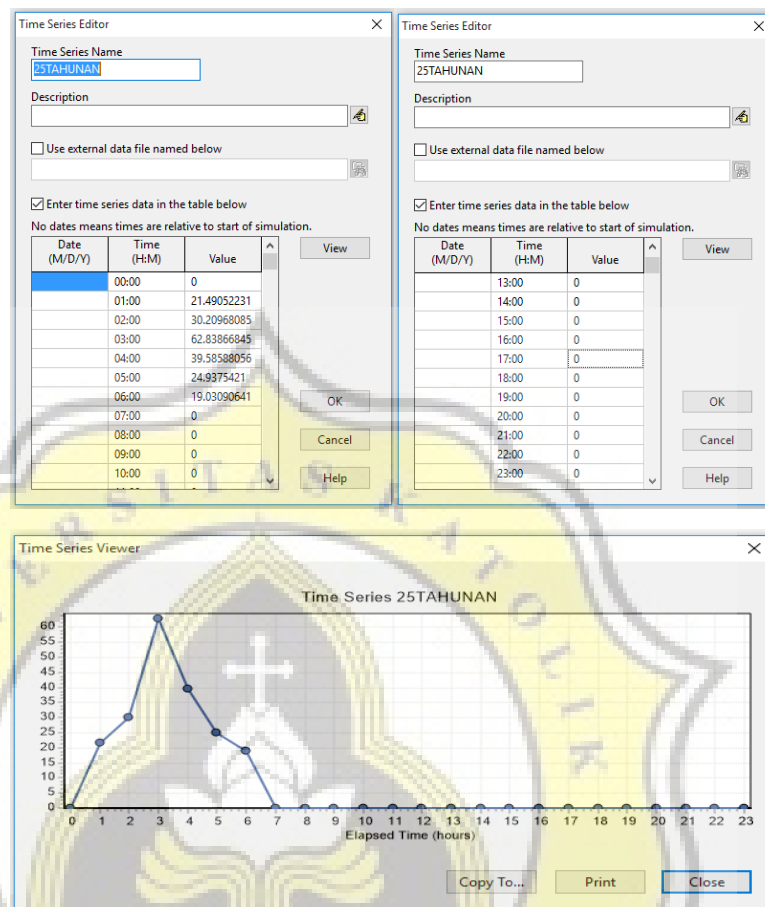
Gambar 4. 28 Time Series dalam Pemodelan EPA-SWMM Periode Ulang 5 Tahunan

Gambar 4.29 berikut merupakan tabel *time series* periode ulang 10 tahunan (R_{10}) dalam pemodelan EPA-SWMM. Nilainya diperoleh dari proses hitungan data hujan harian maksimum menjadi hujan jam-jaman pada tabel sebelumnya.



Gambar 4. 29 Time Series dalam Pemodelan EPA-SWMM Periode Ulang 10 Tahunan

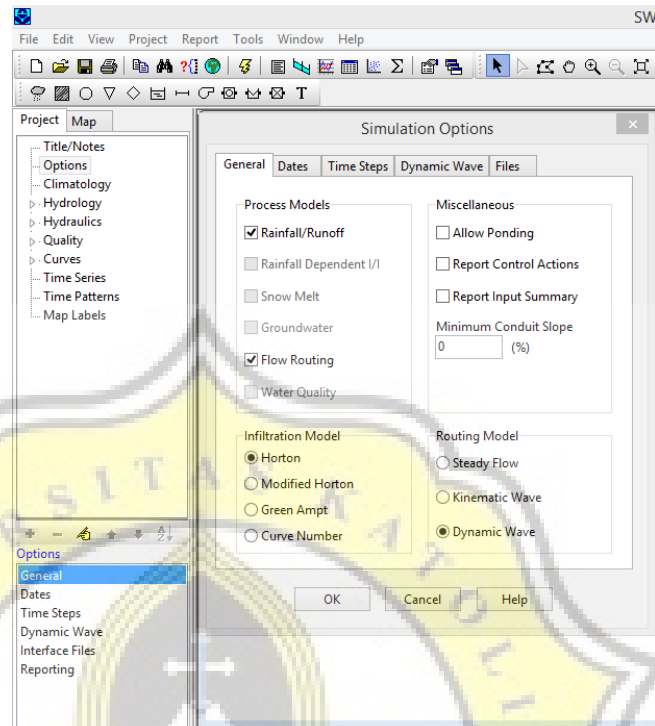
Gambar 4.30 berikut merupakan tabel time series periode ulang 25 tahunan (R_{25}) dalam pemodelan EPA-SWMM. Nilainya diperoleh dari proses hitungan data hujan harian maksimum menjadi hujan jam-jaman pada tabel sebelumnya.



Gambar 4. 30 Time Series dalam Pemodelan EPA-SWMM Periode Ulang 25 Tahunan

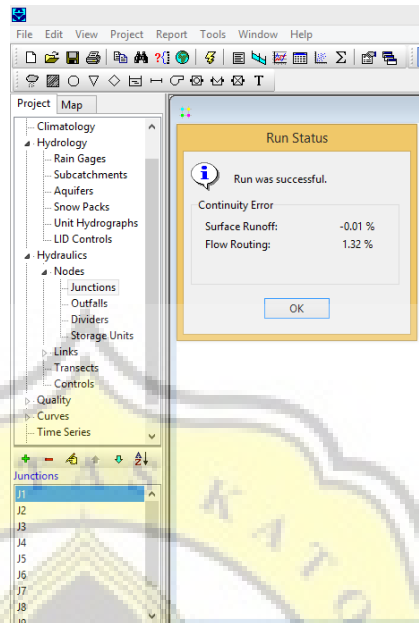
2. Proses Simulasi (*Run Simulation*)

Setelah parameter sudah dimasukkan dalam pemodelan pada EPA-SWMM dilakukan proses simulasi namun sebelumnya dilakukan pengaturan pada *option*. Pengaturan pada General adalah pengaturan *Infiltration Model* pilih *Horton* dan untuk *Routing Model* pilih *Dynamic Wave*. Selanjutnya pada pengaturan *Dates* ubah *End Analysis* sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 4. 31 Pengaturan Option EPA-SWMM

Setelah pengaturan selesai baru mulai simulasi dengan cara pilih *Project* lalu *Run Simulation*. Jika pemodelan sudah sesuai dan berhasil maka akan muncul seperti Gambar 4.32 dibawah ini.



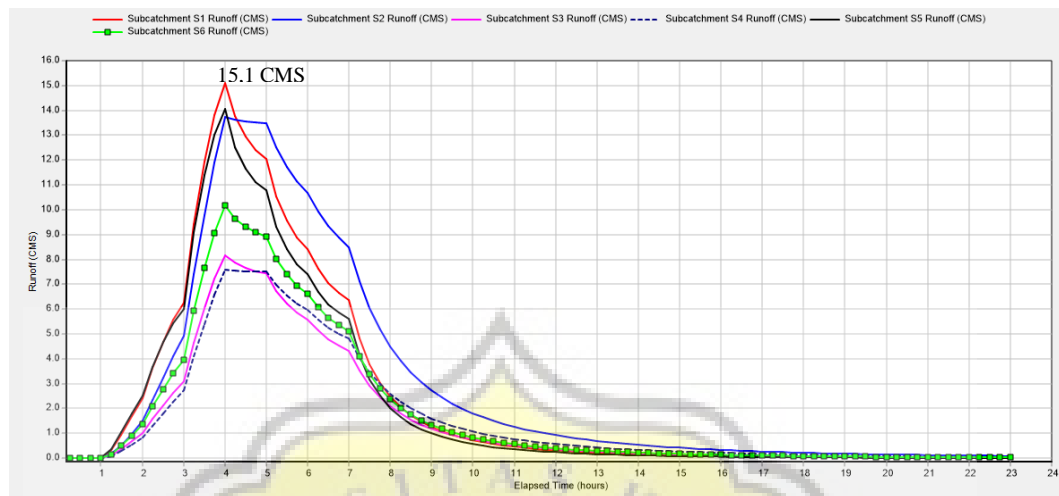
Gambar 4. 32 Proses Simulasi

3. Hasil Pemodelan Sungai Sringin Kondisi Eksisting Sebelum ada Tanggul Laut

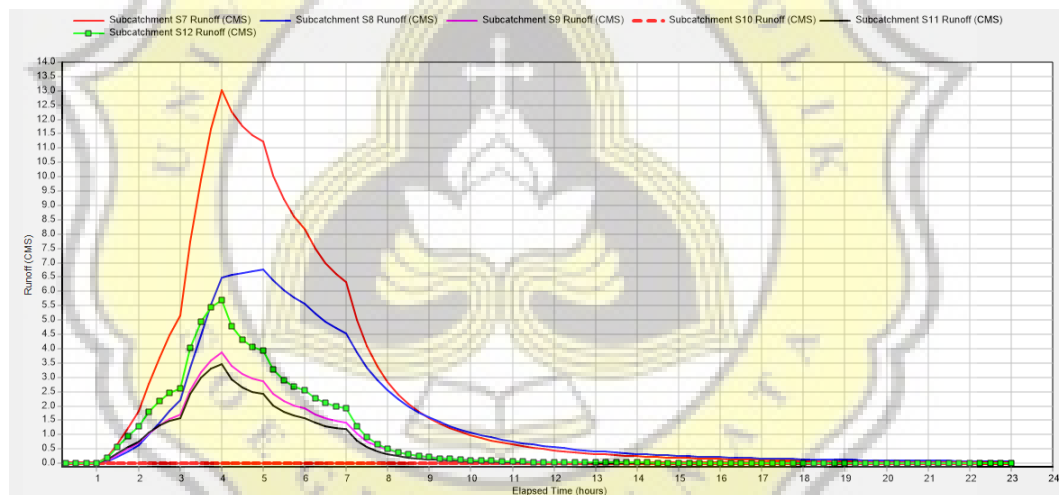
Dalam melakukan pemodelan Sungai Sringin dengan menggunakan program EPA-SWMM yang dipengaruhi data pasang surut air laut, diperoleh 3 hasil dalam bentuk aliran hidrograf aliran permukaan, hidrograf aliran tiap saluran dan profil muka air Sungai Sringin dalam kondisi eksisting.

A. Hidrograf Aliran Permukaan

Hidrograf aliran permukaan adalah hasil pemodelan yang menampilkan hubungan antara aliran permukaan (*run off*) dengan interval waktu, sehingga bias diketahui puncak tertinggi maupun yang terendah suatu aliran. Gambar berikut adalah hidrograf aliran permukaan (*run off*) beberapa subcatchment dengan periode ulang 2 tahunan.



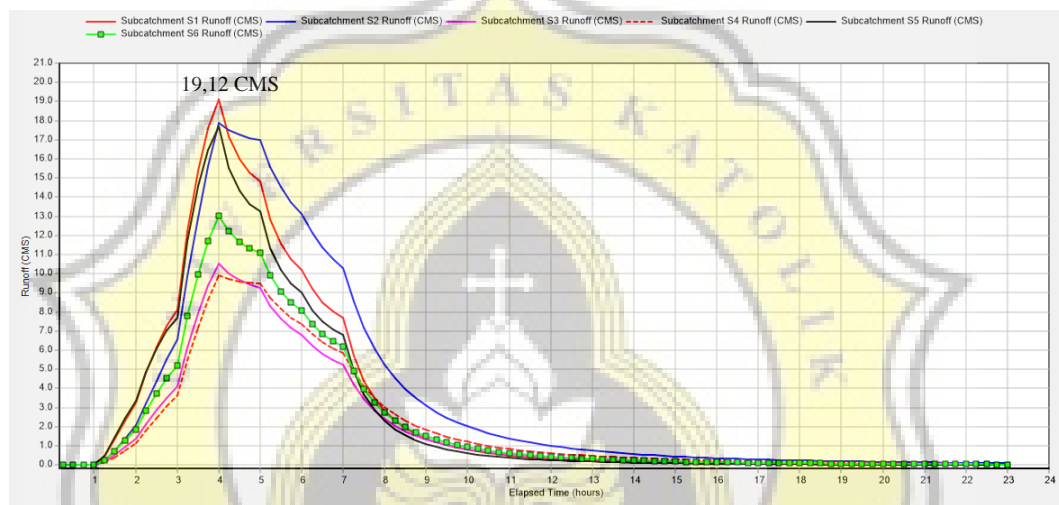
Gambar 4. 33 Hidrograf Aliran Permukaan (*Run Off*) Kondisi Eksisting Periode Ulang 2 Tahunan (S.1-S.6)



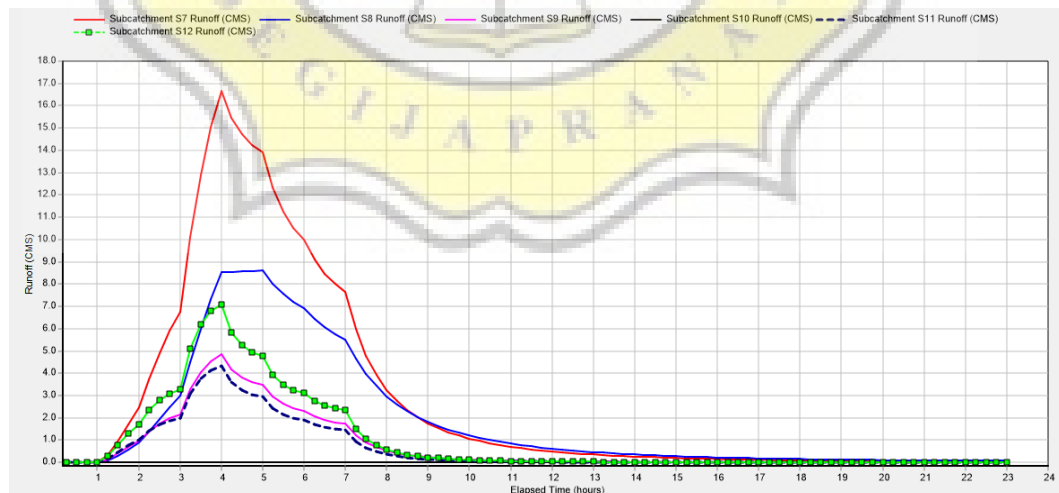
Gambar 4. 34 Hidrograf Aliran Permukaan (*Run Off*) Kondisi Eksisting Periode Ulang 2 Tahunan (S.7-S.12)

Pada Gambar 4.33 diatas S.1 – S.6 adalah hidrograf aliran permukaan dari *subcatchment* 1 sampai *subcatchment* 6 dengan periode ulang 2 tahunan. Dari Gambar 4.33 dapat dilihat bahwa *subcatchment* 1 (S.1) yang memiliki garis berwarna merah memiliki *run off* paling besar pada periode ulang 2 tahunan. Nilai *run off* pada S.1 tersebut sebesar 15,1 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $15,1 \text{ m}^3/\text{s}$. faktor yang mempengaruhi besar *run off* adalah luas

area dan kemiringan lereng. Luas *subcatchment* 1 sedikit lebih kecil dari S.5, namun kemiringan (*%slope*) lebih besar, sehingga nilai *run off* pada S.1 lebih besar dari 13 *subcatchment* lainnya. Sebagian besar wilayah kedap air sehingga menambah nilai *run off*. Jika dibanding dengan S.10 yang berwarna hitam yaitu tidak memiliki nilai *run off* sama sekali. Itu disebabkan karena kemiringan lereng (*%slope*) yang bernilai nol.



Gambar 4. 35 Hidrograf Aliran Permukaan (*Run Off*) Kondisi Eksisting Periode Ulang 5 Tahunan (S.1-S.6)



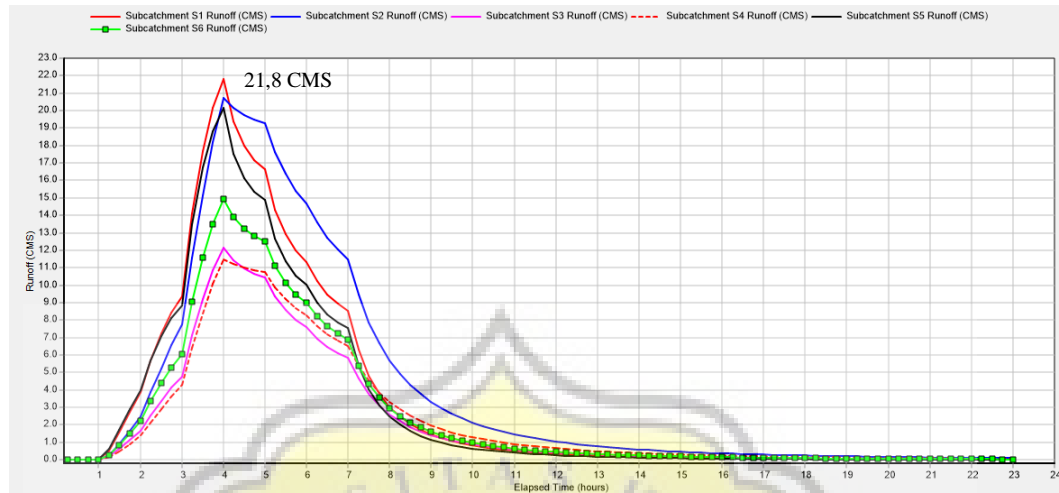
Gambar 4. 36 Hidrograf Aliran Permukaan (*Run Off*) Kondisi Eksisting Periode Ulang 5 Tahunan (S.7-S.12)



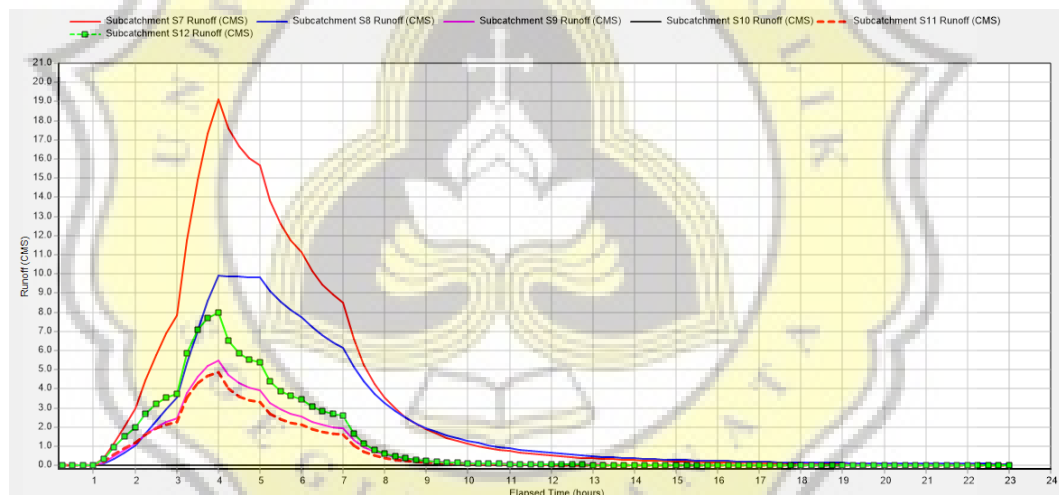
Pada Gambar 4.35 diatas S.1 – S.6 adalah hidrograf aliran permukaan (*run off*) dari *Subcatchment* 1 sampai *subcatchment* 6 dengan periode ulang 5 tahunan. Dari Gambar 4.35 dapat dilihat bahwa *subcatchment* 1 (S.1) yang memiliki garis berwarna merah memiliki *run off* paling besar pada periode ulang 5 tahunan. Nilai *run off* pada S.1 tersebut memiliki puncak sebesar 19,12 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 19,12 m³/s.

Sedangkan pada gambar 4.36 diatas merupakan hidrograf aliran permukaan (*run off*) dari *Subcatchment* 7 sampai *subcatchment* 12 dengan periode ulang 5 tahunan. Dari gambar 4.36 dapat dilihat bahwa *subcatchment* 10 (S.10) yang memiliki garis berwarna hitam tidak memiliki nilai *run off* sama sekali atau nol.

Jadi, faktor yang mempengaruhi besar *run off* adalah luas area dan kemiringan lereng. Luas *subcatchment* 1 sedikit lebih kecil dari S.5, namun kemiringan (*%slope*) lebih besar, sehingga nilai *run off* pada S.1 lebih besar dari 13 *subcatchment* lainnya. Sebagian besar wilayah kedap air sehingga menambah nilai *run off*. Kesimpulanya adalah nilai puncak aliran tertinggi pada *subcatchment* 1 (S.1) sebesar 19,12 CMS dan puncak terendah pada *subcatchment* 10 (S.10) sebesar 0 CMS.



Gambar 4. 37 Hidrograf Aliran Permukaan (*Run Off*) Kondisi Eksisting Periode Ulang 10 Tahunan (S.1-S.6)



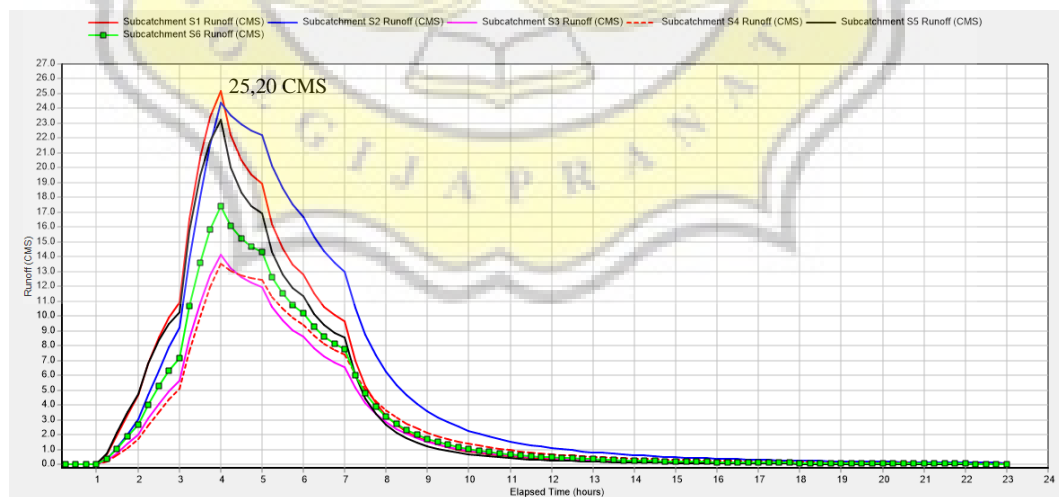
Gambar 4. 38 Hidrograf Aliran Permukaan (*Run Off*) Kondisi Eksisting Periode Ulang 10 Tahunan (S.7-S.12)

Pada Gambar 4.37 diatas S.1 – S.6 adalah hidrograf aliran permukaan (*run off*) dari *subcatchment* 1 sampai *subcatchment* 6 dengan periode ulang 10 tahunan. Dari Gambar 4.37 dapat dilihat bahwa *subcatchment* 1 (S.1) yang memiliki garis berwarna merah memiliki *run off* paling besar pada periode ulang 10 tahunan. Nilai

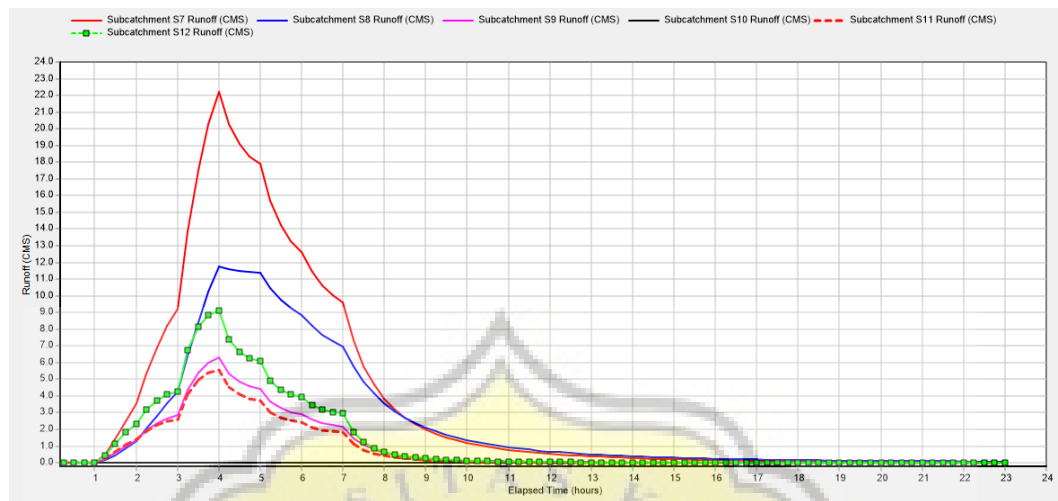
run off pada S.1 tersebut memiliki puncak sebesar 21,8 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $21,8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Sedangkan pada Gambar 4.38 diatas merupakan hidrograf aliran permukaan (*run off*) dari *Subcatchment* 7 sampai *subcatchment* 12 dengan periode ulang 10 tahunan. Dari Gambar 4.38 dapat dilihat bahwa *subcatchment* 10 (S.10) yang memiliki garis berwarna hitam tidak memiliki nilai *run off* sama sekali atau nol.

Jadi, faktor yang mempengaruhi besar *run off* adalah luas area dan kemiringan lereng. Luas *subcatchment* 1 sedikit lebih kecil dari S.2, yang berada di bawahnya. Namun, kemiringan (*%slope*) lebih besar, sehingga nilai *run off* pada S.1 lebih besar dari 13 *subcatchment* lainnya. Sebagian besar wilayah kedap air sehingga menambah nilai *run off*. Kesimpulannya adalah nilai puncak aliran tertinggi pada *subcatchment* 1 (S.1) sebesar 21,8 CMS dan puncak terendah pada *subcatchment* 10 (S.10) sebesar 0 CMS.



Gambar 4. 39 Hidrograf Aliran Permukaan (*Run Off*) Kondisi Eksisting Periode Ulang 25 Tahunan (S.1-S.6)



Gambar 4. 40 Hidrograf Aliran Permukaan (*Run Off*) Kondisi Eksisting Periode Ulang 25 Tahunan (S.7-S.12)

Pada Gambar 4.39 diatas S.1 – S.6 adalah hidrograf aliran permukaan (*run off*) dari *subcatchment* 1 sampai *subcatchment* 6 dengan periode ulang 25 tahunan. Dari gambar 4.39 dapat dilihat bahwa *subcatchment* 1 (S.1) yang memiliki garis berwarna merah memiliki *run off* paling besar pada periode ulang 25 tahunan. Nilai *run off* pada S.1 tersebut memiliki puncak sebesar 25,20 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 25,20 m³/s.

Sedangkan pada Gambar 4.40 diatas merupakan hidrograf aliran permukaan (*run off*) dari *Subcatchment* 7 sampai *subcatchment* 12 dengan periode ulang 25 tahunan. Dari gambar 4.40 dapat dilihat bahwa *subcatchment* 10 (S.10) yang memiliki garis berwarna hitam tidak memiliki nilai *run off* sama sekali atau nol.

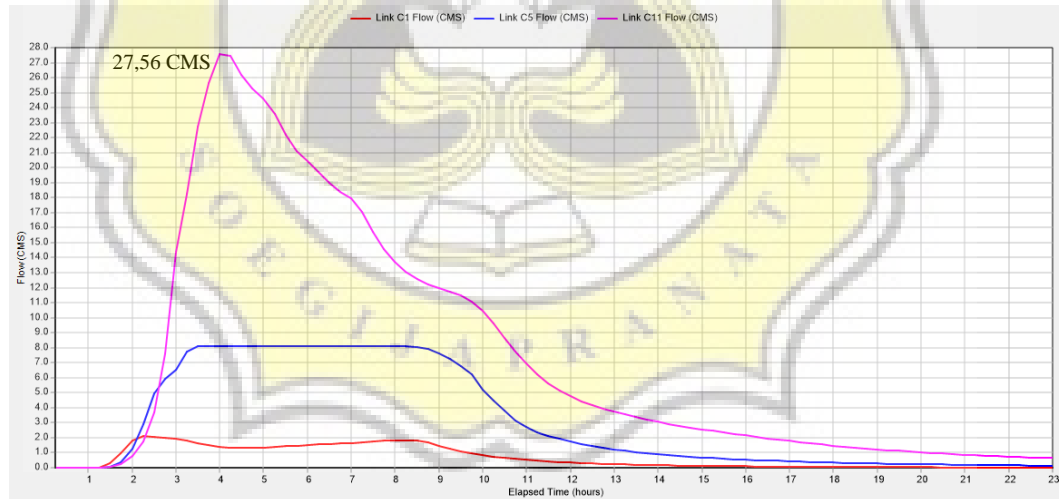
Jadi, faktor yang mempengaruhi besar *run off* adalah luas area dan kemiringan lereng. Luas *subcatchment* 1 sedikit lebih kecil dari S.2, yang berada di bawahnya. Namun, kemiringan (*%slope*) lebih besar, sehingga nilai *run off* pada S.1 lebih besar dari 13

subcatchment lainnya. Sebagian besar wilayah kedap air sehingga menambah nilai *run off*. Kesimpulannya adalah nilai puncak aliran tertinggi pada *subcatchment* 1 (S.1) sebesar 25,20 CMS dan puncak terendah pada *subcatchment* 10 (S.10) sebesar 0 CMS.

B. Hidrograf Aliran Tiap Saluran

Hidrograf aliran tiap saluran adalah hasil pemodelan yang menampilkan hubungan antara debit dengan interval waktu. Sehingga dapat terlihat puncak paling rendah dan paling tinggi, yang secara tidak langsung menggambarkan letak saluran di bagian hulu, tengah dan hilir.

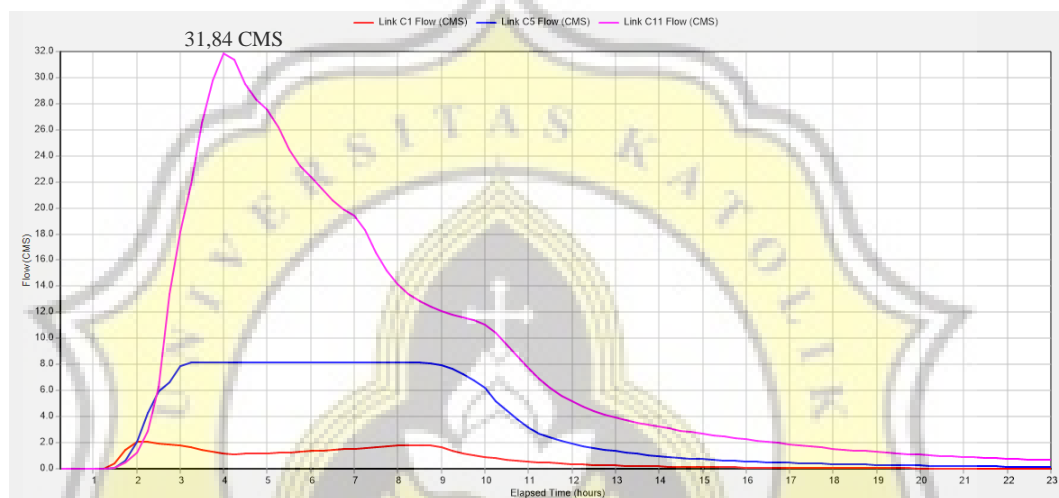
Berikut merupakan hidrograf aliran tiap saluran pada 3 *conduit* yaitu pada *conduit* 11 (C11) berada di bagian hilir sungai, *conduit* 5 (C5) pada bagian tengah sungai dan *conduit* 1 (C1) pada bagian hulu sungai.



Gambar 4. 41 Hidrograf Aliran Tiap Saluran Kondisi Eksisting Periode Ulang 2 Tahunan

Gambar 4.41 diatas menunjukkan besarnya debit aliran pada masing-masing *conduit* dengan hujan rencana 2 tahunan. Aliran itu merupakan volume air yang mengalir persatuan waktu pada saluran. Gambar diatas dapat dilihat bahwa *conduit* 11 (C.11) yang

terletak pada bagian muara memiliki debit sebesar 27,56 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 27,56 m³/s. Sedangkan pada *conduit* 5 (C.5) pada bagian tengah muara memiliki debit sebesar 8,13 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 8,13 m³/s. dan pada *conduit* 1 (C.1) pada bagian hulu muara memiliki debit sebesar 2,1 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 2,1 m³/s.



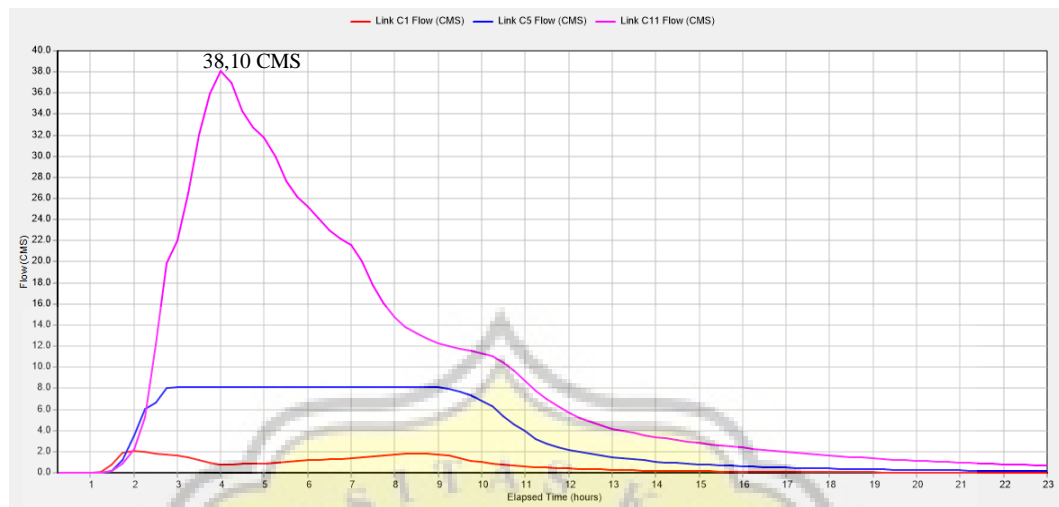
Gambar 4. 42 Hidrograf Aliran Tiap Saluran Kondisi Eksisting Periode Ulang 5 Tahunan

Gambar 4.42 diatas menunjukkan besarnya debit aliran pada masing-masing conduit dengan hujan rencana 5 tahunan. Aliran itu merupakan volume air yang mengalir persatuan waktu pada saluran. Gambar diatas dapat dilihat bahwa *conduit* 11 (C.11) yang terletak pada bagian muara memiliki debit sebesar 31,84 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 31,84 m³/s. Sedangkan pada *conduit* 5 (C.5) pada bagian tengah muara memiliki debit sebesar 8,13 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 8,13 m³/s. dan pada *conduit* 1 (C.1) pada bagian hulu muara memiliki debit sebesar 2,05 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 2,05 m³/s.



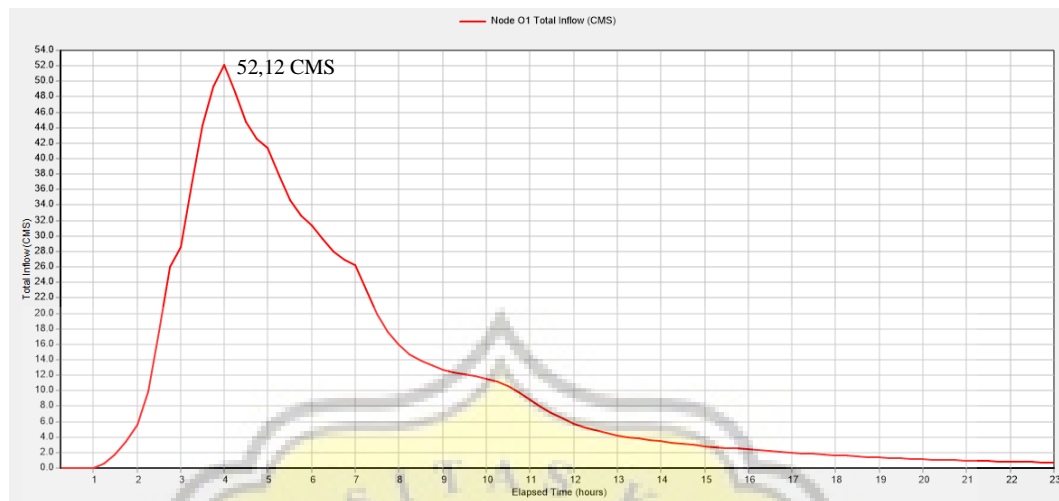
Gambar 4. 43 Hidrograf Aliran Tiap Saluran Kondisi Eksisting Periode Ulang 10 Tahunan

Gambar 4.43 diatas menunjukkan besarnya debit aliran pada masing-masing conduit dengan hujan rencana 10 tahunan. Aliran itu merupakan volume air yang mengalir persatuan waktu pada saluran. Gambar diatas dapat dilihat bahwa *conduit* 11 (C.11) yang terletak pada bagian muara memiliki debit sebesar 34,60 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 34,60 m³/s. Sedangkan pada *conduit* 5 (C.5) pada bagian tengah muara memiliki debit sebesar 8,13 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 8,13 m³/s. dan pada *conduit* 1 (C.1) pada bagian hulu muara memiliki debit sebesar 2,09 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 2,09 m³/s.



Gambar 4. 44 Hidrograf Aliran Tiap Saluran Kondisi Eksisting Periode Ulang 25 Tahunan

Gambar 4.44 diatas menunjukkan besarnya debit aliran pada masing-masing conduit dengan hujan rencana 25 tahunan. Aliran itu merupakan volume air yang mengalir persatuan waktu pada saluran. Gambar diatas dapat dilihat bahwa *conduit* 11 (C.11) yang terletak pada bagian muara memiliki debit sebesar 38,10 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 38,10 m³/s. Sedangkan pada *conduit* 5 (C.5) pada bagian tengah muara memiliki debit sebesar 8,13 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 8,13 m³/s. dan pada *conduit* 1 (C.1) pada bagian hulu muara memiliki debit sebesar 2,06 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 2,06 m³/s.



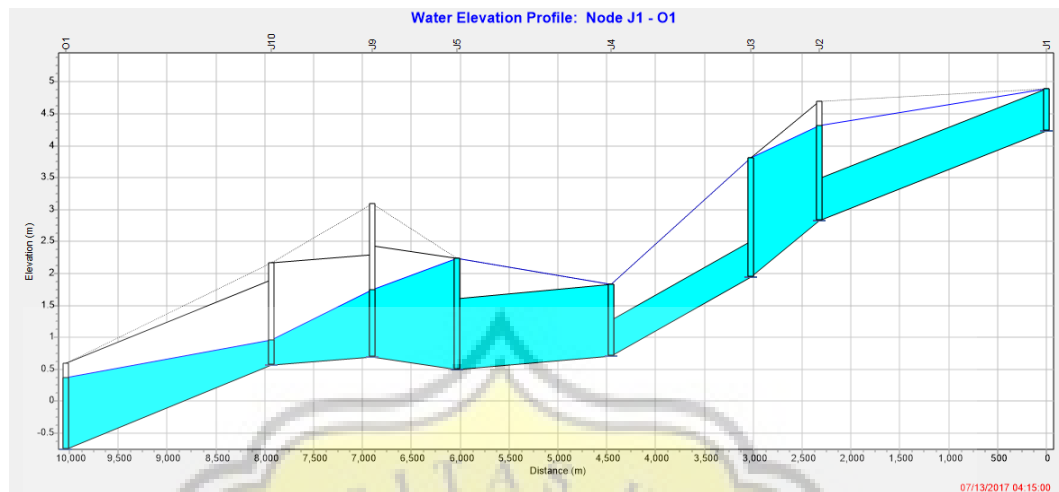
Gambar 4. 45 Hidrograf Aliran Tiap Saluran Kondisi Eksisting (*Outfall*)

Gambar 4.45 diatas menunjukkan besarnya debit aliran di outfall untuk hujan rencana dengan periode ulang 25 tahunan. Berdasarkan gambar ini dapat dilihat bahwa puncak debit alirannya terjadi pada jam ke 4, yang memiliki debit aliran 52,12 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $52,12 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar periode ulangnya maka debitnya juga akan semakin besar. Semakin dekat dengan outfall maka debit alirannya di *conduit* juga semakin besar. Dalam gambar juga debit aliran berbeda-beda karena dimensi tiap saluran juga berbeda-beda.

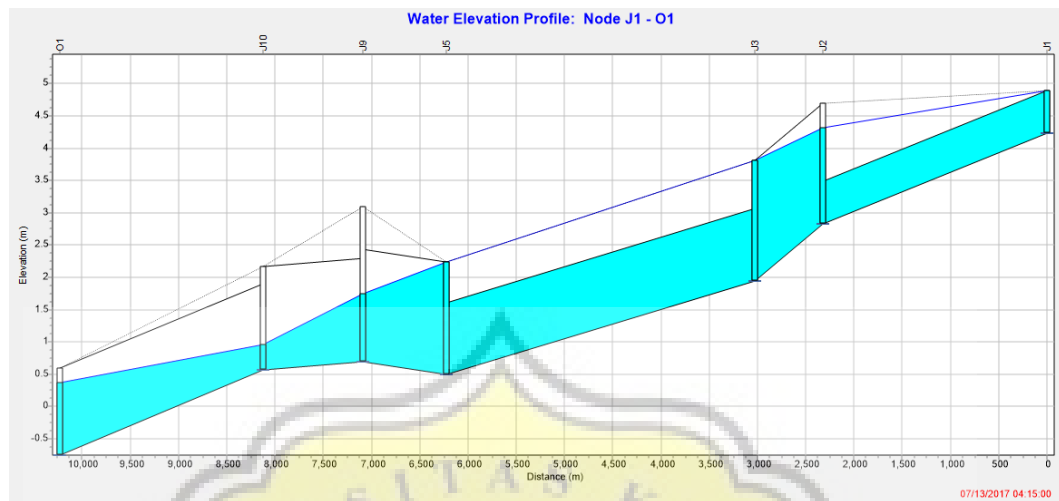
C. Profil Muka Air

Dalam pemodelan EPA-SWMM, dapat diketahui profil muka airnya. Dari profil itu, dapat terlihat suatu saluran bisa menampung atau tidak debit aliran yang ada.



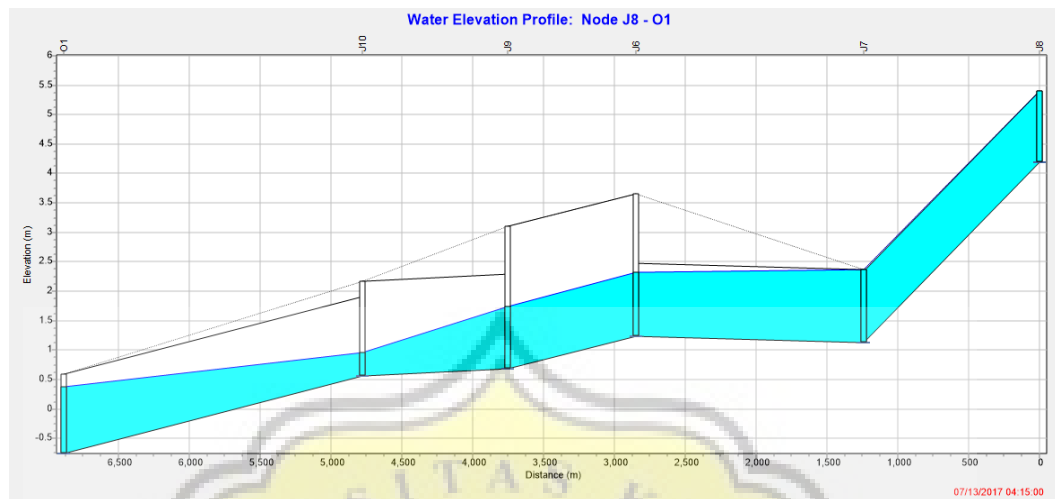
Gambar 4. 46 Profil Muka Air Periode Ulang 2 Tahunan

Gambar 4.46 diatas merupakan profil muka air kondisi eksisting dari *outfall* sampai *junction* (J1), periode ulang 2 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru muda yang berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran seperti *junction* 1 (J1) sebesar 15,11 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $15,11 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* (J3) sebesar 30,41 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $30,41 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* 4 (J4) sebesar 16,76 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $16,76 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* 5 (J5) sebesar 18,29 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $18,29 \text{ m}^3/\text{s}$, yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 1, *conduit* 3 dan *conduit* 4.



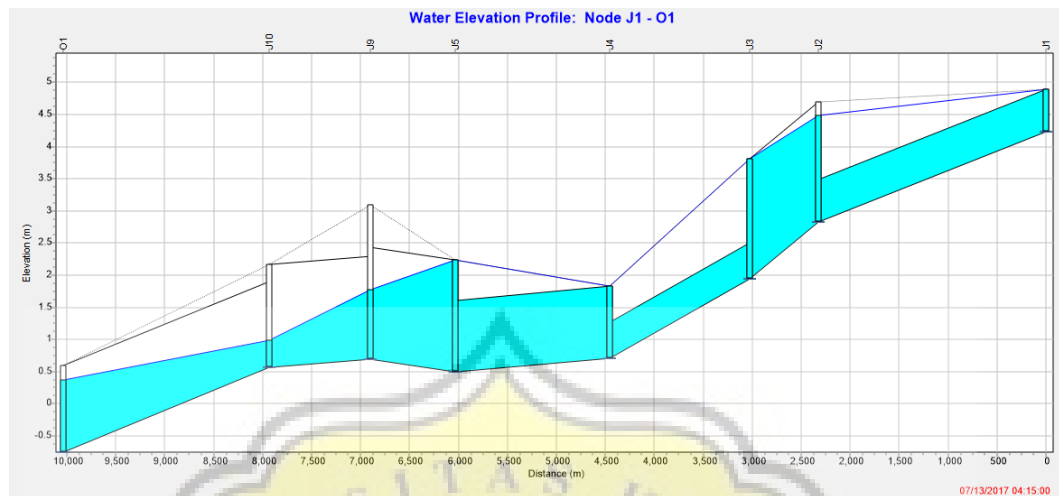
Gambar 4. 47 Profil Muka Air Periode Ulang 2 Tahunan

Gambar 4.47 diatas merupakan profil muka air kondisi eksisting dari *outfall* (O1) sampai *junction* (J1), periode ulang 2 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru muda yang berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran seperti *junction* 1 (J1) sebesar 15,11 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $15,11 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* (J3) sebesar 30,41 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $30,41 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* 5 (J5) sebesar 18,29 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $18,29 \text{ m}^3/\text{s}$, yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 1 dan *conduit* 5.



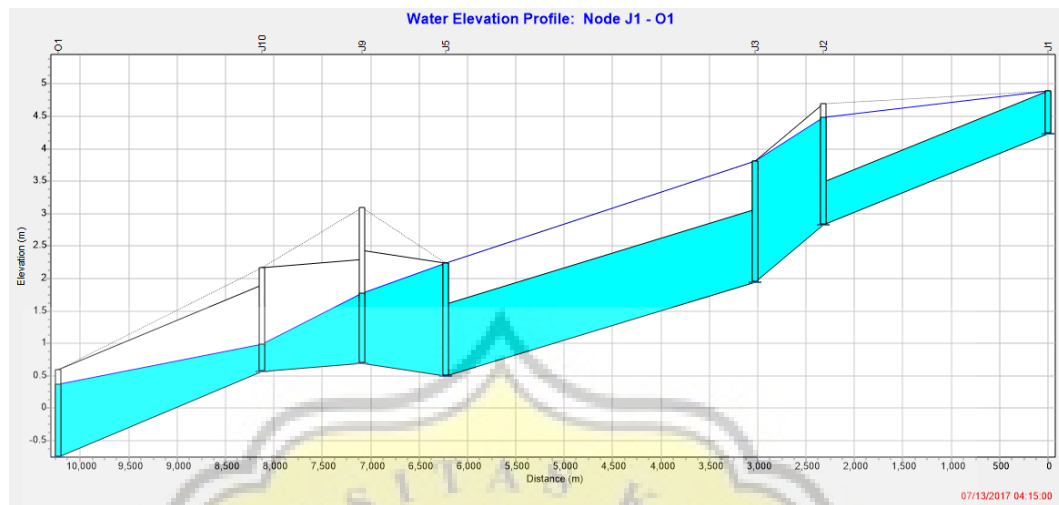
Gambar 4. 48 Profil Muka Air Periode Ulang 2 Tahunan

Gambar 4.48 diatas merupakan profil muka air kondisi eksisting dari *outfall* (O1) sampai *junction* (J8), periode ulang 2 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru muda yang berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran seperti *junction* 8 (J8) sebesar 6,78 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $6,78 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* 7 (J7) sebesar 18,65 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $18,65 \text{ m}^3/\text{s}$, yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 6 dan *conduit* 7.



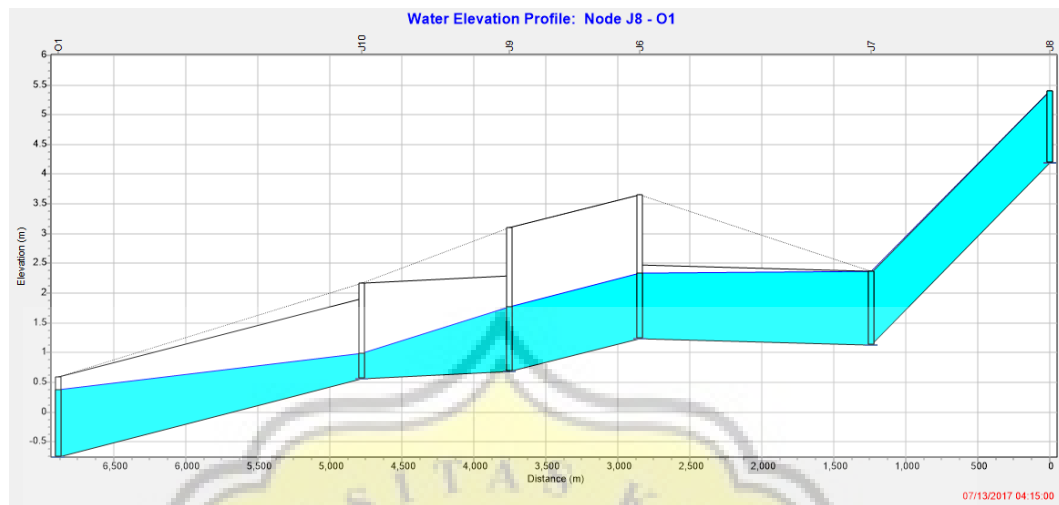
Gambar 4. 49 Profil Muka Air Periode Ulang 5 Tahunan

Gambar 4.49 diatas merupakan profil muka air kondisi eksisting dari *outfall* (O1) sampai *junction* (J1), periode ulang 5 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru muda yang berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran seperti *junction* 1 (J1) sebesar 19,12 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 19,12 m³/s, *junction* 3 (J3) sebesar 38,89 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 38,89 m³/s, *Junction* 4 (J4) sebesar 20,40 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 20,40 m³/s, *Junction* 5 (J5) sebesar 21,15 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 21,15 m³/s, yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 1, *conduit* 3 dan *conduit* 4.



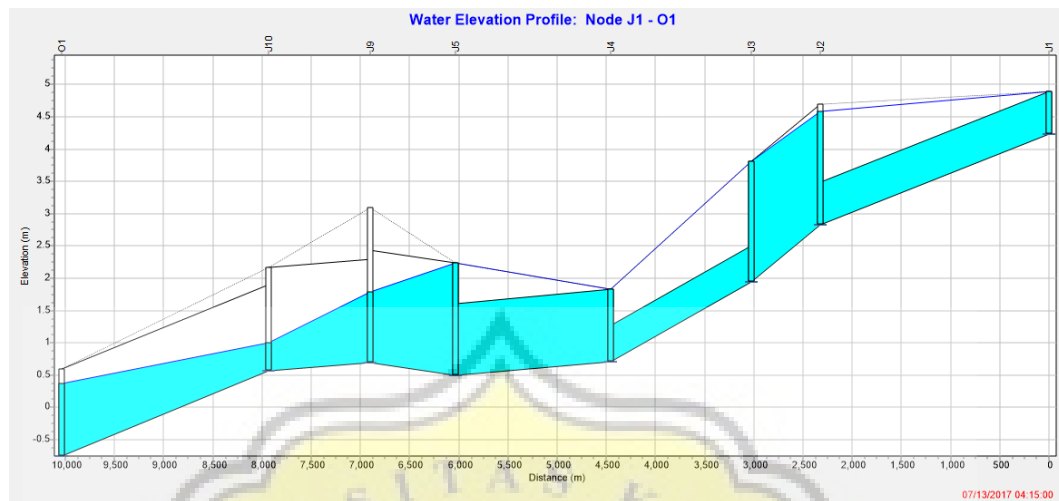
Gambar 4. 50 Profil Muka Air Periode Ulang 5 Tahunan

Gambar 4.50 diatas merupakan profil muka air kondisi eksisting dari *outfall* (O1) sampai *junction* (J1), periode ulang 5 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru muda yang berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran seperti *junction* 1 (J1) sebesar 19,12 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 19,12 m³/s, *junction* 3 (J3) sebesar 38,89 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 38,89 m³/s, *junction* 5 (J5) sebesar 21,15 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 21,15 m³/s yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 1 dan *conduit* 5.



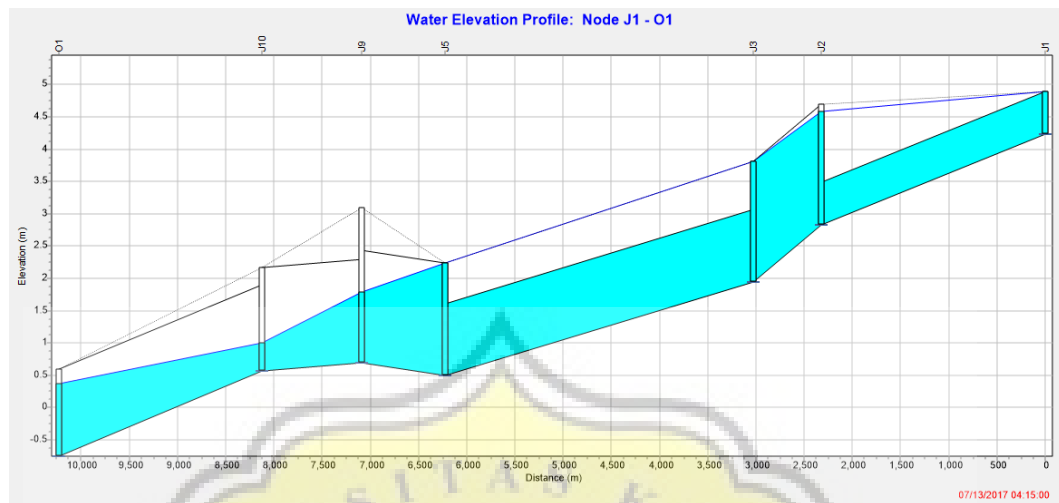
Gambar 4. 51 Profil Muka Air Periode Ulang 5 Tahunan

Gambar 4.51 diatas merupakan profil muka air kondisi eksisting dari *outfall* (O1) sampai *junction* 8 (J8), periode ulang 5 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru muda yang berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran seperti *junction* 7 (J7) sebesar 22,28 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 22,28 m³/s, *junction* 8 (J8) sebesar 8,61 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 8,61 m³/s, yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 6 dan *conduit* 7.



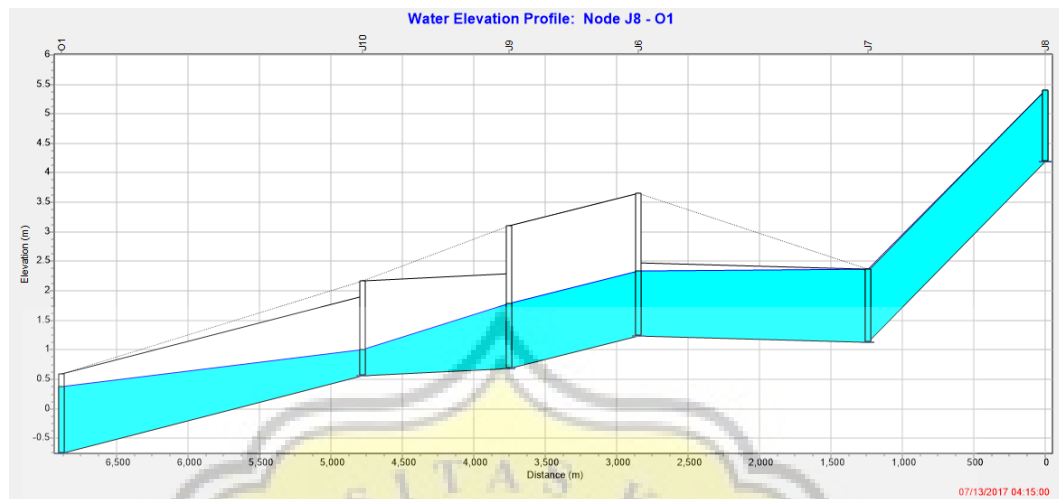
Gambar 4. 52 Profil Muka Air Periode Ulang 10 Tahunan

Gambar 4.52 diatas merupakan profil muka air kondisi eksisting dari *outfall* (O1) sampai *junction* (J1), periode ulang 10 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru muda yang berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran seperti *junction* 1 (J1) sebesar 21,80 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $21,80 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* 3 (J3) sebesar 44,80 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $44,80 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* 4 (J4) sebesar 22,83 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $22,83 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* 5 (J5) sebesar 23,08 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $23,08 \text{ m}^3/\text{s}$, yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 1, *conduit* 3 dan *conduit* 4.



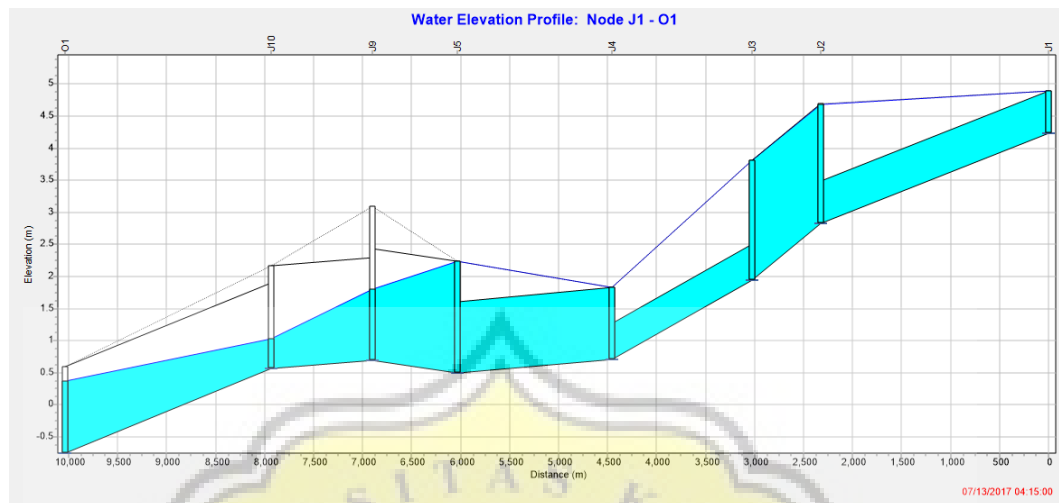
Gambar 4. 53 Profil Muka Air Periode Ulang 10 Tahunan

Gambar 4.53 diatas merupakan profil muka air kondisi eksisting dari *outfall* (O1) sampai *junction* 1 (J1), periode ulang 10 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru muda yang berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran seperti *junction* 1 (J1) sebesar 21,80 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $21,80 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* 3 (J3) sebesar 44,80 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $44,80 \text{ m}^3/\text{s}$ *Junction* 5 (J5) sebesar 23,08 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $23,08 \text{ m}^3/\text{s}$ yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 1 dan *conduit* 5.



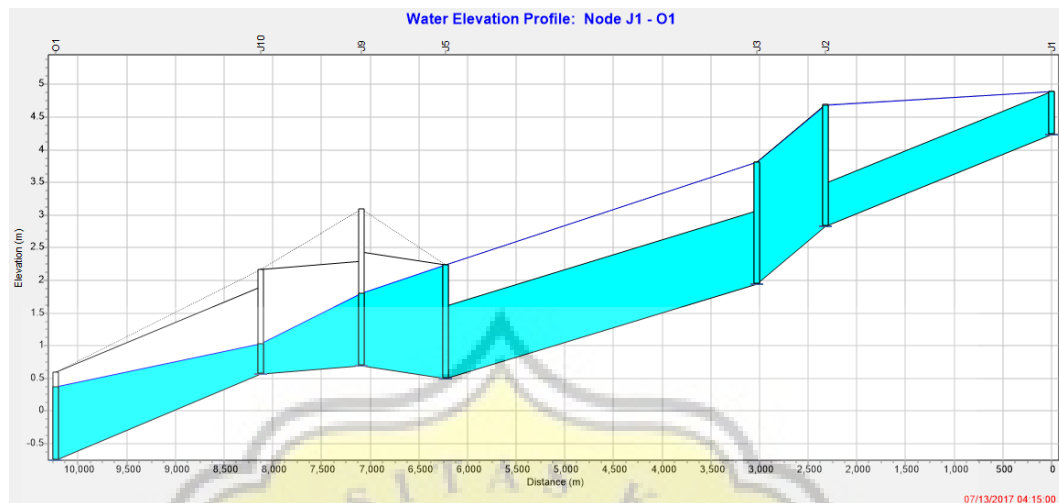
Gambar 4. 54 Profil Muka Air Periode Ulang 10 Tahunan

Gambar 4.54 diatas merupakan profil muka air kondisi eksisting dari *outfall* (O1) sampai *junction* 8 (J8), periode ulang 10 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru muda yang berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran seperti *junction* 7 (J7) sebesar 25,15 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $25,15 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* 8 (J8) sebesar 9,93 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $9,93 \text{ m}^3/\text{s}$, yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 6 dan *conduit* 7.



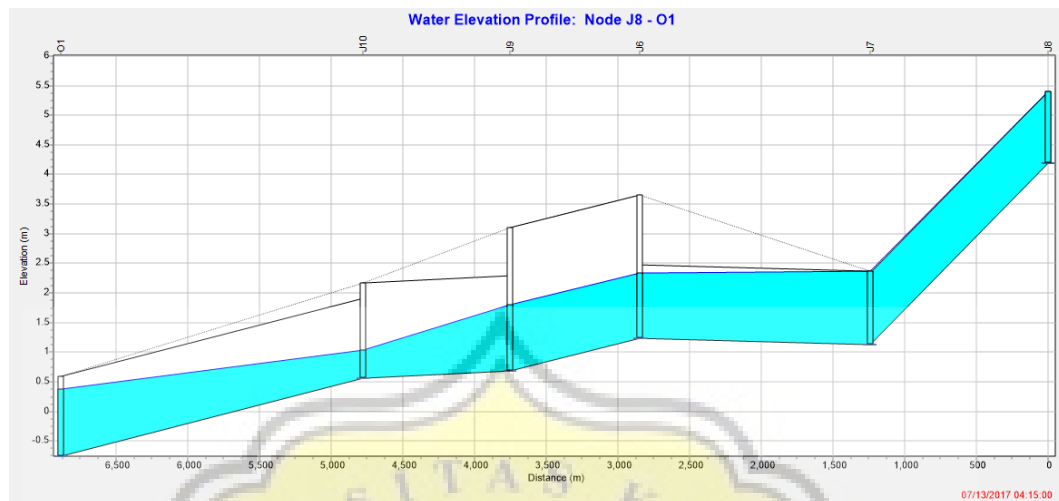
Gambar 4. 55 Profil Muka Air Periode Ulang 25 Tahunan

Gambar 4.55 diatas merupakan profil muka air kondisi eksisting dari *outfall* (O1) sampai *junction* (J1), periode ulang 25 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru muda yang berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran seperti *junction* 1 (J1) sebesar 25,20 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 25,20 m³/s, *junction* 3 (J3) sebesar 52,31 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 52,31 m³/s, *junction* 4 (J4) sebesar 25,91 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 25,91 m³/s, *junction* 5 (J5) sebesar 25,55 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 25,55 m³/s, yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 1, *conduit* 3 dan *conduit* 4.



Gambar 4. 56 Profil Muka Air Periode Ulang 25 Tahunan

Gambar 4.56 diatas merupakan profil muka air kondisi eksisting dari *outfall* (O1) sampai *junction* 1 (J1), periode ulang 25 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru muda yang berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran seperti *junction* 1 (J1) sebesar 25,20 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $25,20 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* 3 (J3) sebesar 52,31 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $52,31 \text{ m}^3/\text{s}$ *Junction* 5 (J5) sebesar 25,55 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $25,55 \text{ m}^3/\text{s}$ yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 1 dan *conduit* 5.



Gambar 4. 57 Profil Muka Air Periode Ulang 25 Tahunan

Gambar 4.57 diatas merupakan profil muka air kondisi eksisting dari *outfall* (O1) sampai *junction* 8 (J8), periode ulang 25 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru muda yang berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran seperti *junction* 7 (J7) sebesar 28,95 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 28,95 m³/s, *junction* 8 (J8) sebesar 11,76 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 11,76 m³/s, yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 6 dan *conduit* 7.

4.3.4 Pemodelan Kondisi Eksisting Setelah ada Tanggul Laut

1. Parameter Kondisi Eksisting

Pada pemodelan eksisting memiliki parameter *subcatchment*, *junction*, *conduit*, *outfall*, dan *rain gage* yang berbeda-beda.

A. *Subcatchment*

Subcatchment atau daerah tangkapan hujan merupakan suatu daerah yang memiliki topografi dan sistem drainase yang dapat



mengalirkan limpasan air permukaan ke titik *outfall*. Berikut parameter-parameter pada *subcatchment*:

Tabel 4. 27a Nilai Parameter pada *Subcatchment* 01 - *Subcatchment* 05

Data	Subcatchment 01	Subcatchment 02	Subcatchment 03	Subcatchment 04	Subcatchment 05
Area (Ha)	162.96	197.19	103.68	112.42	146.98
Width (m)	906.2610	954.7594	588.1439	549.8957	926.6784
% Slope	0.356	0.085	0.114	0.051	0.28
% Imperv	75	75	75	75	75
N-Impervious	0.014	0.014	0.014	0.011	0.011
N-Pervious	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Dstore-Impervious (mm)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Dstore-Pervious (mm)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
%Zero Impervious	25	25	25	25	25
Infiltration	HORTON	HORTON	HORTON	HORTON	HORTON
Outlet	J1	J2	J3	J3	J4

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Tabel 4. 27b Nilai Parameter pada *Subcatchment* 06 - *Subcatchment* 10

Data	Subcatchment 06	Subcatchment 07	Subcatchment 08	Subcatchment 09	Subcatchment 10
Area (Ha)	124.63	155.38	102.60	38.35	42.58
Width (m)	695.2623	787.8210	765.6061	317.2437	433.6531
% Slope	0.102	0.148	0.216	0.189	0.000
% Imperv	75	75	75	90	90
N-Impervious	0.011	0.011	0.060	0.011	0.011
N-Pervious	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Dstore-Impervious (mm)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Dstore-Pervious (mm)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
%Zero Impervious	25	25	25	25	25
Infiltration	HORTON	HORTON	HORTON	HORTON	HORTON
Outlet	J5	J7	J8	J6	J9

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Tabel 4. 27 c Nilai Parameter pada *Subcatchment 11 - Subcatchment 14*

Data	Subcatchment 11	Subcatchment 12	Subcatchment 13	Subcatchment 14
Area (Ha)	33.01	53.81	78.05	83.59
Width (m)	505.6399	540.3728	529.1283	629.3275
% Slope	0.129	0.341	0.136	0.357
% Imperv	90	90	90	90
N-Impervious	0.012	0.012	0.012	0.011
N-Pervious	0.1	0.1	0.1	0.1
Dstore-Impervious (mm)	0.05	0.05	0.05	0.05
Dstore-Pervious (mm)	0.05	0.05	0.05	0.05
%Zero Impervious	25	25	25	25
Infiltration	HORTON	HORTON	HORTON	HORTON
Outlet	J9	J10	J10	O1

Sumber: Hasil Analisis, 2017

B. Junction

Junction adalah titik pertemuan dari dua atau lebih aliran sungai. Parameter yang dimasukkan pada EPA-SWMM untuk *junction* ada 2 parameter yaitu elevasi dari *junction* dan kedalaman maksimum *junction* (*Max depth*)

Tabel 4. 28 Parameter pada *Junction*

Junction	Elevasi (m)	Max.Depth (m)
J1	4.230	0.628
J2	2.825	1.634
J3	1.943	1.158
J4	0.707	0.566
J5	0.490	1.120
J6	1.239	1.238
J7	1.130	1.205
J8	4.193	0.876
J9	0.688	2.410
J10	0.562	1.610

Sumber: Hasil Analisis, 2017



C. Conduit

Conduit adalah saluran terbuka maupun tertutup yang berfungsi sebagai penghubung antara satu junction ke junction yang lain. Parameter-parameter yang dimasukkan pada EPA-SWMM untuk *conduit* adalah :

Tabel 4. 29 Parameter pada *Conduit*

Data	Inlet Node	Outlet Node	Shape	Max Depth (m)	Bottom width (m)	Length (m)	Roughness	Left Slope	Right Slope
Conduit 1	J1	J2	Irregular	0.88	-	2323.43	0.017	-	-
Conduit 2	J2	J3	Irregular	1.88	-	703.22	0.013	-	-
Conduit 3	J3	J4	Rec_Open	0.566	1.9	1430.65	0.012	-	-
Conduit 4	J4	J5	Trapeziodal	1.12	1	1572.86	0.012	0.1	0.2
Conduit 5	J3	J5	Trapeziodal	1.12	4	3196.38	0.012	0.3	0.8
Conduit 6	J8	J7	Trapeziodal	1.205	2	1241.02	0.017	0.2	0.2
Conduit 7	J7	J6	Trapeziodal	1.238	3	1608.21	0.012	1	1
Conduit 8	J5	J9	Irregular	1.75	-	870.95	0.012	-	-
Conduit 9	J6	J9	Rec_Open	2.41	2.9	902.47	0.012	-	-
Conduit 10	J9	J10	Rec_Open	1.61	11.85	1030.50	0.012	-	-
Conduit 11	J10	O1	Trapeziodal	1.344	62.93	2105.54	0.012	0.69	0.69

Sumber: Hasil Analisis, 2017

D. Outfall

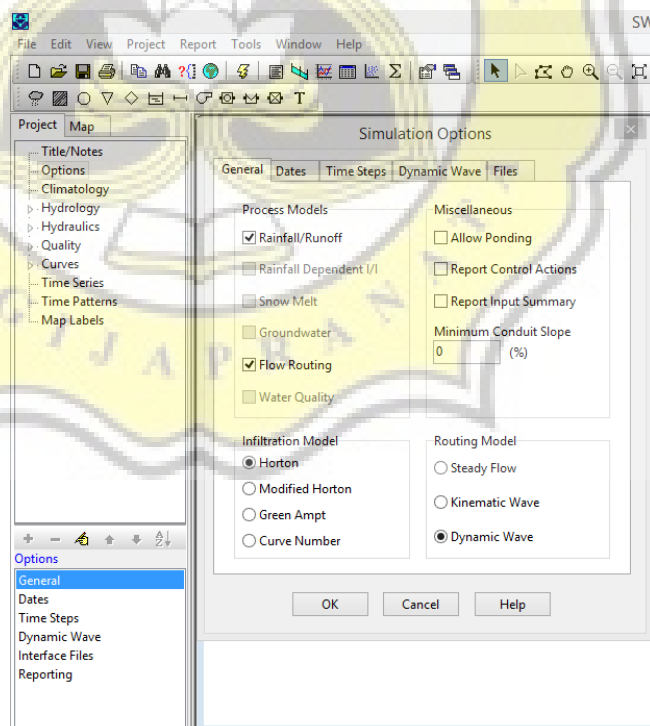
Outfall adalah titik yang menunjukkan batas hilir atau titik akhir dari sistem drainase. *Outfall* terletak di kawasan industri terboyo. Parameter yang akan dimasukkan dalam *Outfall* adalah elevasi. *Outfall* Sungai Sringin berada pada elevasi -0.754 m dari muka air laut rata-rata. Berbeda dengan kondisi eksisting sebelum ada tanggul laut pemodelan ini tidak memakai pasang surut air laut atau kondisi *free* pada *Outfall*.

E. Rain Gage

Dalam pemodelan EPA-SWMM, nilai parameter rain gage di sajikan dalam tabel time series. Parameter itu nantinya akan memberikan suplai area studi untuk memperoleh hasil pemodelan berupa hidrograf aliran permukaan, hidrograf aliran di tiap saluran dan profil muka air. Pada pemodelan ini time series atau data hujan yang digunakan sama dengan pemodelan sebelumnya yaitu data hujan 2 tahunan, 5 tahunan, 10 tahunan, dan 25 tahunan

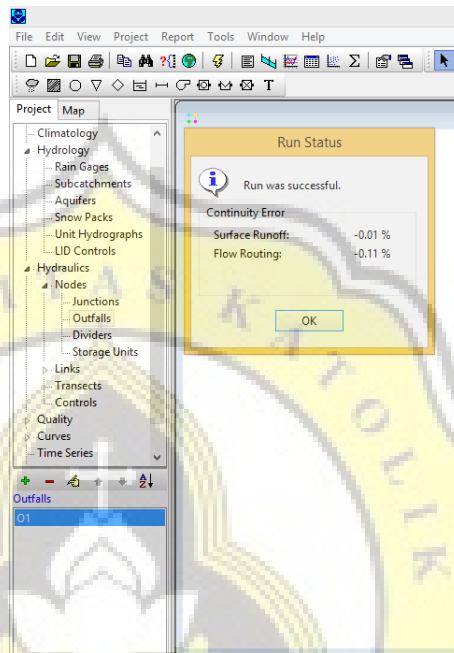
2. Proses Simulasi (*Run Simulation*)

Setelah parameter sudah dimasukkan dalam pemodelan pada EPA-SWMM dilakukan proses simulasi namun sebelumnya dilakukan pengaturan pada option. Pengaturan pada General adalah pengaturan *Infiltration Model* pilih *Horton* dan untuk *Routing Model* pilih *Dynamic Wave*. Selanjutnya pada pengaturan *Dates* ubah *End Analysis* sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 4. 58 Pengaturan *Option* EPA-SWMM

Setelah pengaturan selesai baru mulai simulasi dengan cara pilih *Project* lalu *Run Simulation*. Jika pemodelan sudah sesuai dan berhasil maka akan muncul seperti Gambar 4.59 dibawah ini.



Gambar 4. 59 Proses Simulasi

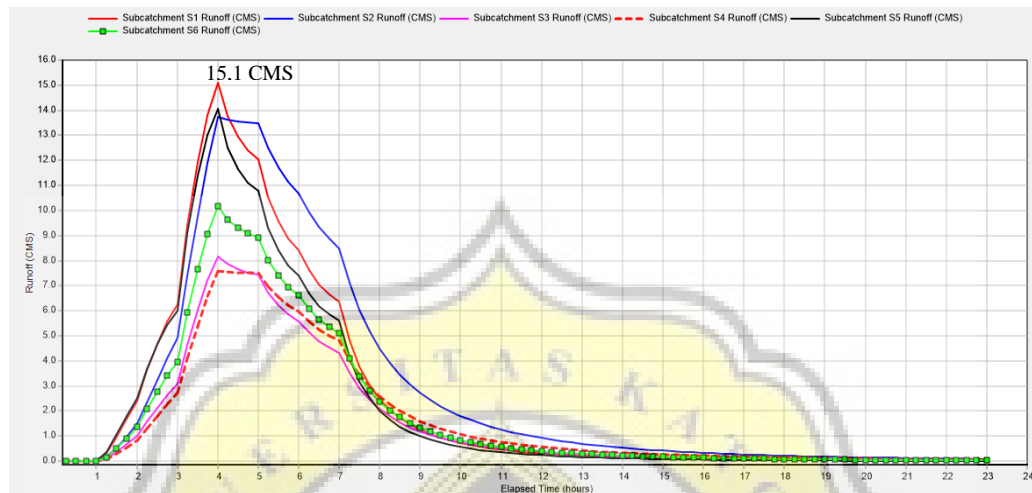
3. Hasil Pemodelan Sungai Sringin Kondisi Eksisting Setelah ada Tanggul Laut

Dalam melakukan pemodelan Sungai Sringin dengan menggunakan program EPA-SWMM yang tidak dipengaruhi data pasang surut air laut, diperoleh 3 hasil dalam bentuk aliran hidrograf aliran permukaan, hidrograf aliran tiap saluran dan profil muka air Sungai Sringin dalam kondisi eksisting.

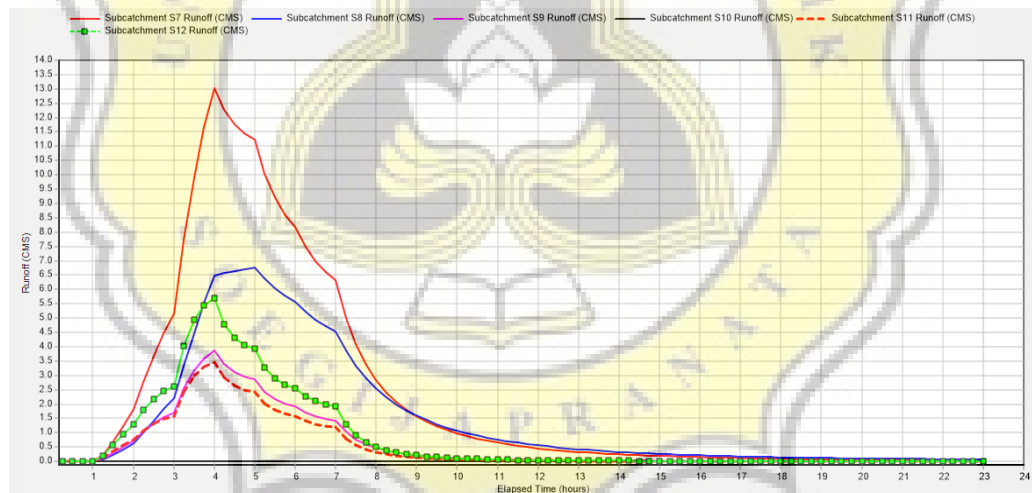
A. Hidrograf Aliran Permukaan

Hidrograf aliran permukaan adalah hasil pemodelan yang menampilkan hubungan antara aliran permukaan (*run off*) dengan interval waktu, sehingga bias diketahui puncak tertinggi maupun yang terendah suatu aliran. Gambar 4.60 berikut adalah hidrograf

aliran permukaan (*run off*) beberapa *subcatchment* dengan periode ulang 2 tahunan.



Gambar 4. 60 Hidrograf Aliran Permukaan (*Run Off*) Kondisi Eksisting Dengan Adanya Pengaruh Tanggul Laut Periode Ulang 2 Tahunan (S.1-S.6)

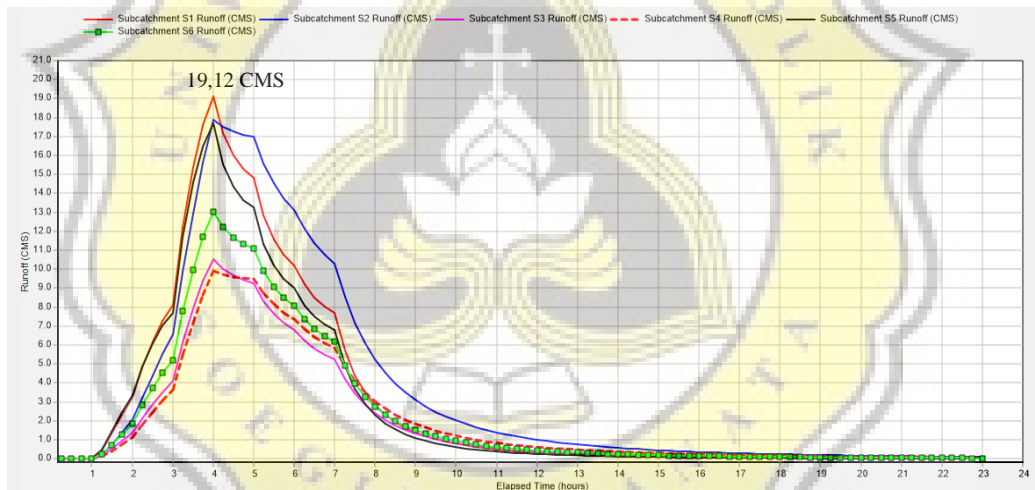


Gambar 4. 61 Hidrograf Aliran Permukaan (*Run Off*) Kondisi Eksisting Dengan Adanya Pengaruh Tanggul Laut Periode Ulang 2 Tahunan (S.7-S.12)

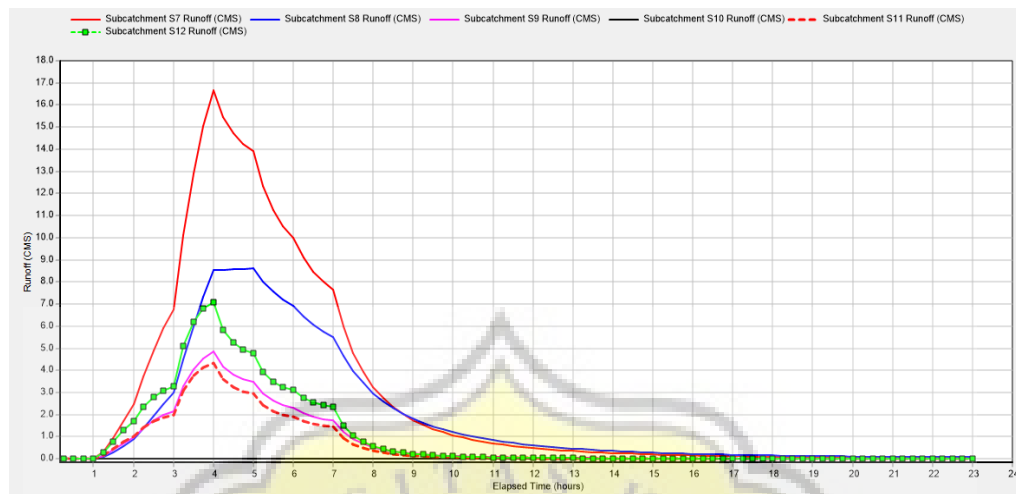
Pada Gambar 4.60 diatas S.1 – S.6 adalah hidrograf aliran permukaan dari *Subcatchment* 1 sampai *subcatchment* 6 dengan periode ulang 2 tahunan. Dari gambar dapat dilihat bahwa *subcatchment* 1 (S.1) yang memiliki garis berwarna merah memiliki *run off* paling besar pada periode ulang 2 tahunan. Nilai



run off pada S.1 tersebut sebesar 15,1 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 15,11 m³/s. faktor yang mempengaruhi besar *run off* adalah luas area dan kemiringan lereng. Luas *subcatchment* 1 sedikit lebih kecil dari S.5, namun kemiringan (*%slope*) lebih besar, sehingga nilai *run off* pada S.1 lebih besar dari 13 *subcatchment* lainnya. Sebagian besar wilayah kedap air sehingga menambah nilai *run off*. Jika dibanding dengan S.10 yang berwarna hitam yaitu tidak memiliki nilai *run off* sama sekali. Itu disebabkan karena kemiringan lereng (*%slope*) yang bernilai nol.



Gambar 4. 62 Hidrograf Aliran Permukaan (*Run Off*) Kondisi Eksisting Dengan Adanya Pengaruh Tanggul Laut Periode Ulang 5 Tahunan (S.1-S.6)



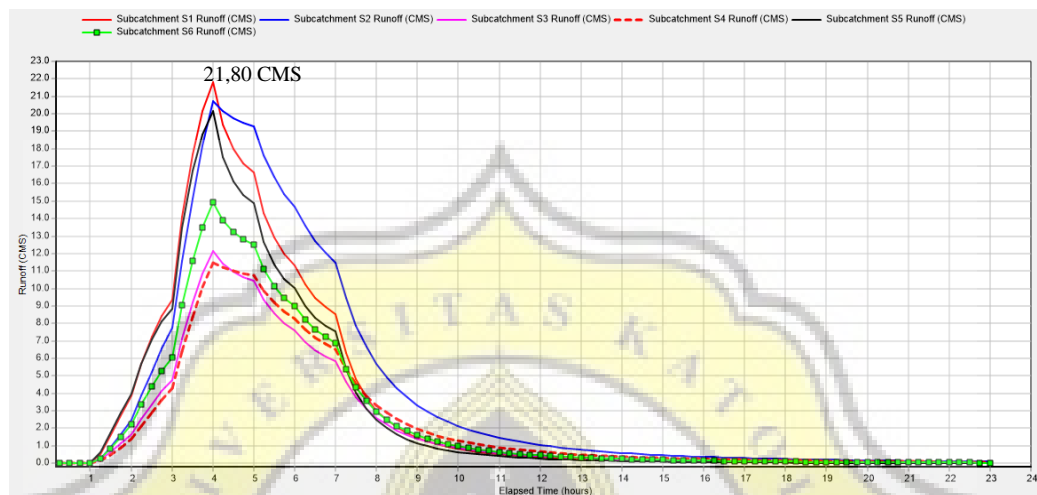
Gambar 4. 63 Hidrograf Aliran Permukaan (*Run Off*) Kondisi Eksisting Dengan Adanya Pengaruh Tanggul Laut Periode Ulang 5 Tahunan (S.7-S.12)

Pada Gambar 4.62 diatas S.1 – S.6 adalah hidrograf aliran permukaan (*run off*) dari *subcatchment* 1 sampai *subcatchment* 6 dengan periode ulang 5 tahunan. Dari Gambar 4.62 dapat dilihat bahwa *subcatchment* 1 (S.1) yang memiliki garis berwarna merah memiliki *run off* paling besar pada periode ulang 5 tahunan. Nilai *run off* pada S.1 tersebut memiliki puncak sebesar 19,12 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 19,12 m³/s.

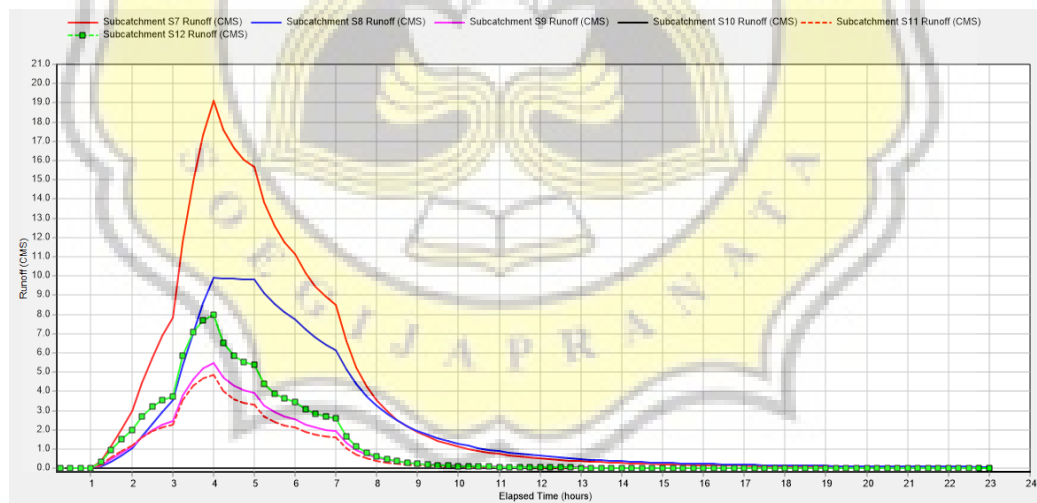
Sedangkan pada Gambar 4.63 diatas merupakan hidrograf aliran permukaan (*run off*) dari *Subcatchment* 7 sampai *subcatchment* 12 dengan periode ulang 5 tahunan. Dari Gambar 4.63 dapat dilihat bahwa *subcatchment* 10 (S.10) yang memiliki garis berwarna hitam tidak memiliki nilai *run off* sama sekali atau nol.

Jadi, faktor yang mempengaruhi besar *run off* adalah luas area dan kemiringan lereng. Luas *subcatchment* 1 sedikit lebih kecil dari S.5, namun kemiringan (*%slope*) lebih besar, sehingga nilai *run off* pada S.1 lebih besar dari 13 *subcatchment* lainnya. Sebagian besar wilayah kedap air sehingga menambah nilai *run off*.

Kesimpulanya adalah nilai puncak aliran tertinggi pada *subcatchment* 1 (S.1) sebesar 19,12 CMS dan puncak terendah pada *subcatchment* 10 (S.10) sebesar 0 CMS.



Gambar 4. 64 Hidrograf Aliran Permukaan (*Run Off*) Kondisi Eksisting Periode Ulang 10 Tahunan (S.1-S.6)



Gambar 4. 65 Hidrograf Aliran Permukaan (*Run Off*) Kondisi Eksisting Periode Ulang 10 Tahunan (S.7-S.12)

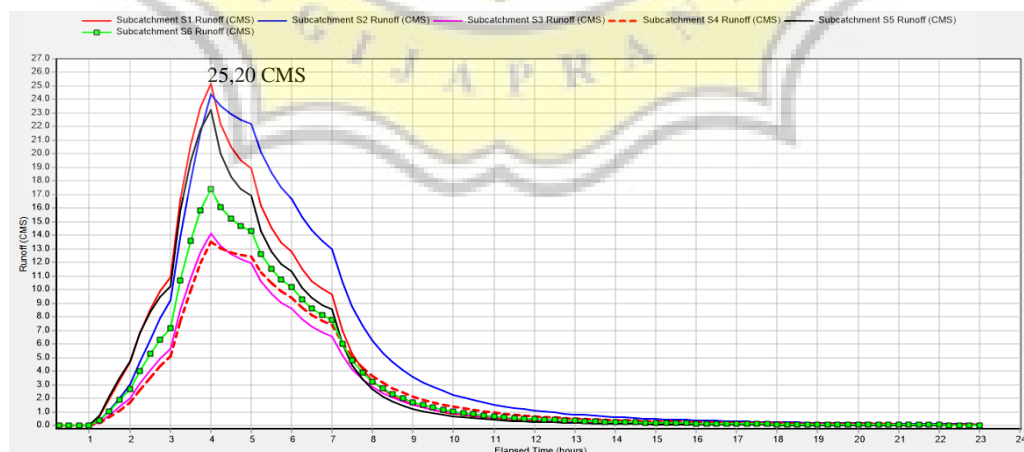
Pada Gambar 4.64 diatas S.1 – S.6 adalah hidrograf aliran permukaan (*run off*) dari *subcatchment* 1 sampai *subcatchment* 6 dengan periode ulang 10 tahunan. Dari Gambar 4.64 dapat dilihat



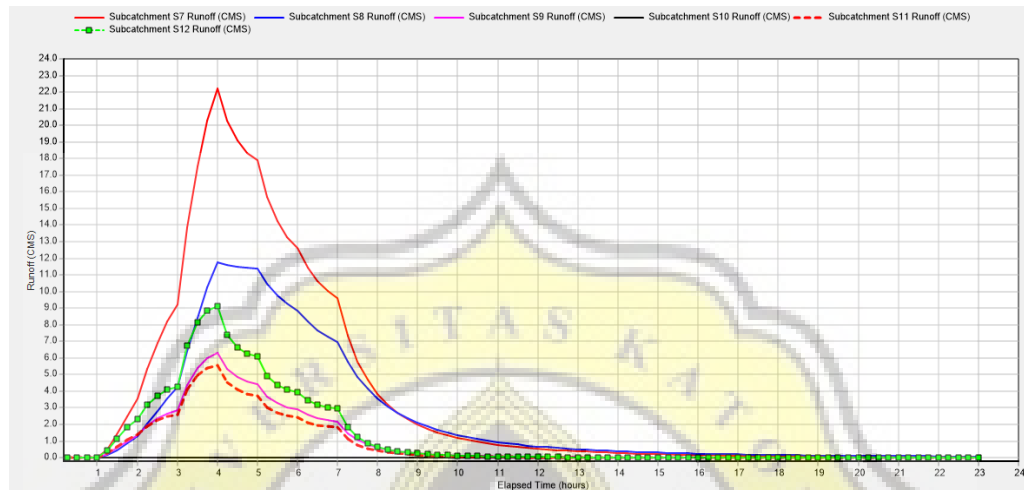
bahwa *subcatchment* 1 (S.1) yang memiliki garis berwarna merah memiliki *run off* paling besar pada periode ulang 10 tahunan. Nilai *run off* pada S.1 tersebut memiliki puncak sebesar 21,8 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $21,8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Sedangkan pada Gambar 4.65 diatas merupakan hidrograf aliran permukaan (*run off*) dari *Subcatchment* 7 sampai *subcatchment* 12 dengan periode ulang 10 tahunan. Dari Gambar 4.65 dapat dilihat bahwa *subcatchment* 10 (S.10) yang memiliki garis berwarna hitam tidak memiliki nilai *run off* sama sekali atau nol.

Jadi, faktor yang mempengaruhi besar *run off* adalah luas area dan kemiringan lereng. Luas *subcatchment* 1 sedikit lebih kecil dari S.2, yang berada di bawahnya. Namun, kemiringan (*%slope*) lebih besar, sehingga nilai *run off* pada S.1 lebih besar dari 13 *subcatchment* lainnya. Sebagian besar wilayah kedap air sehingga menambah nilai *run off*. Kesimpulannya adalah nilai puncak aliran tertinggi pada *subcatchment* 1 (S.1) sebesar 21,8 CMS dan puncak terendah pada *subcatchment* 10 (S.10) sebesar 0 CMS.



Gambar 4. 66 Hidrograf Aliran Permukaan (*Run Off*) Kondisi Eksisting Periode Ulang 25 Tahunan (S.1-S.6)



Gambar 4. 67 Hidrograf Aliran Permukaan (*Run Off*) Kondisi Eksisting Periode Ulang 25 Tahunan (S.7-S.12)

Pada Gambar 4.66 diatas S.1 – S.6 adalah hidrograf aliran permukaan (*run off*) dari *subcatchment* 1 sampai *subcatchment* 6 dengan periode ulang 10 tahunan. Dari Gambar 4.66 dapat dilihat bahwa *subcatchment* 1 (S.1) yang memiliki garis berwarna merah memiliki *run off* paling besar pada periode ulang 25 tahunan. Nilai *run off* pada S.1 tersebut memiliki puncak sebesar 25,20 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $25,20 \text{ m}^3/\text{s}$.

Sedangkan pada Gambar 4.67 diatas merupakan hidrograf aliran permukaan (*run off*) dari *Subcatchment* 7 sampai *subcatchment* 12 dengan periode ulang 25 tahunan. Dari Gambar 4.65 dapat dilihat bahwa *subcatchment* 10 (S.10) yang memiliki garis berwarna hitam tidak memiliki nilai *run off* sama sekali atau nol.

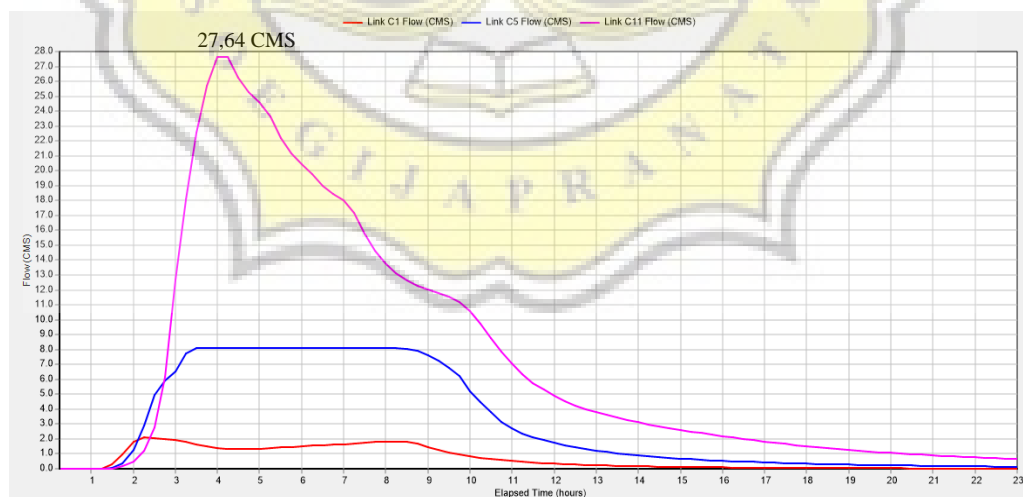
Jadi, faktor yang mempengaruhi besar *run off* adalah luas area dan kemiringan lereng. Luas *subcatchment* 1 sedikit lebih

kecil dari S.2, yang berada di bawahnya. Namun, kemiringan (*%slope*) lebih besar, sehingga nilai *run off* pada S.1 lebih besar dari 13 *subcatchment* lainnya. Sebagian besar wilayah kedap air sehingga menambah nilai *run off*. Kesimpulannya adalah nilai puncak aliran tertinggi pada *subcatchment* 1 (S.1) sebesar 25,20 CMS dan puncak terendah pada *subcatchment* 10 (S.10) sebesar 0 CMS.

B. Hidrograf Aliran Tiap Saluran

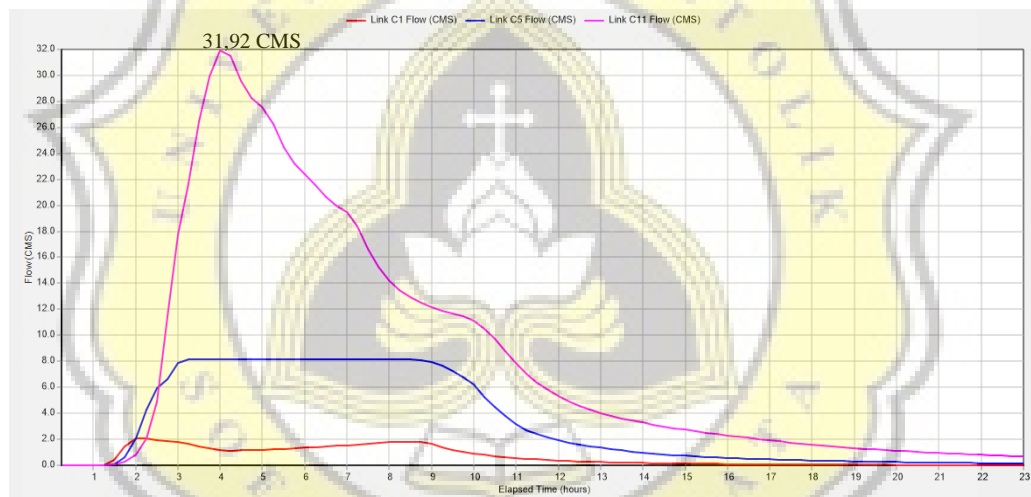
Hidrograf aliran tiap saluran adalah hasil pemodelan yang menampilkan hubungan antara debit dengan interval waktu. Sehingga dapat terlihat puncak paling rendah dan paling tinggi, yang secara tidak langsung menggambarkan letak saluran di bagian hulu, tengah dan hilir.

Berikut merupakan hidrograf aliran tiap saluran pada 3 *conduit* yaitu pada *conduit* 11 (C11) berada di bagian hilir sungai, *conduit* 5 (C5) pada bagian tengah sungai dan *conduit* 1 (C1) pada bagian hulu sungai.



Gambar 4. 68 Hidrograf Aliran Tiap Saluran Kondisi Eksisting Dengan Adanya Tanggul Laut Periode Ulang 2 Tahunan

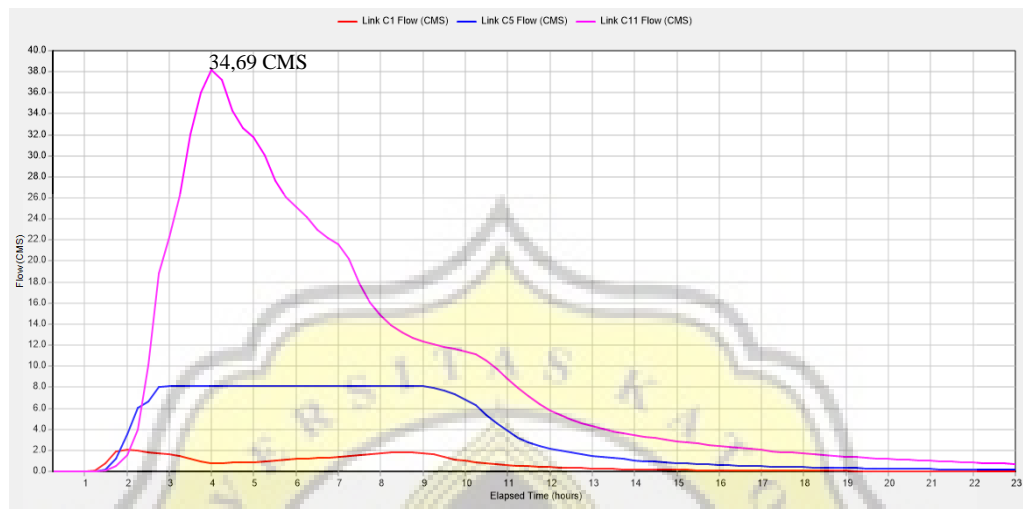
Gambar 4.68 diatas menunjukkan besarnya debit aliran pada masing-masing *conduit* dengan hujan rencana 2 tahunan. Aliran itu merupakan volume air yang mengalir persatuan waktu pada saluran. Gambar diatas dapat dilihat bahwa *conduit* 11 (C.11) yang terletak pada bagian muara memiliki debit sebesar 27,64 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 27,64 m³/s. Sedangkan pada *conduit* 5 (C.5) pada bagian tengah muara memiliki debit sebesar 8,13 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 8,13 m³/s. dan pada *conduit* 1 (C.1) pada bagian hulu muara memiliki debit sebesar 2,10 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 2,10 m³/s.



Gambar 4. 69 Hidrograf Aliran Tiap Saluran Kondisi Eksisting Dengan Pengaruh Tanggul Laut Periode Ulang 5 Tahunan

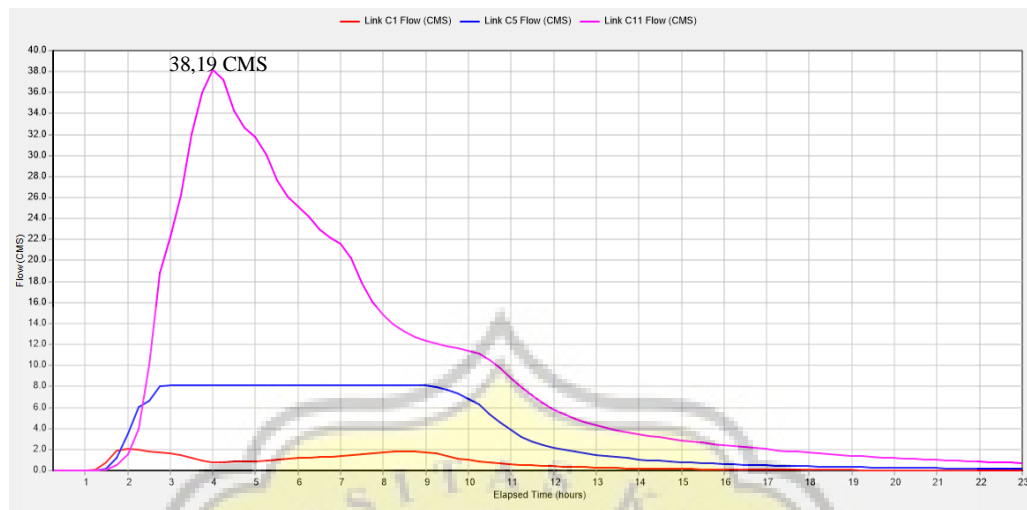
Gambar 4.69 diatas menunjukkan besarnya debit aliran pada masing-masing *conduit* dengan hujan rencana 5 tahunan. Aliran itu merupakan volume air yang mengalir persatuan waktu pada saluran. Gambar diatas dapat dilihat bahwa *conduit* 11 (C.11) yang terletak pada bagian muara memiliki debit sebesar 31,92 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 31,92 m³/s. Sedangkan pada *conduit* 5 (C.5) pada bagian tengah muara memiliki debit sebesar 8,13 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 8,13 m³/s. dan pada *conduit* 1 (C.1)

pada bagian hulu muara memiliki debit sebesar 2,05 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 2,05 m³/s.



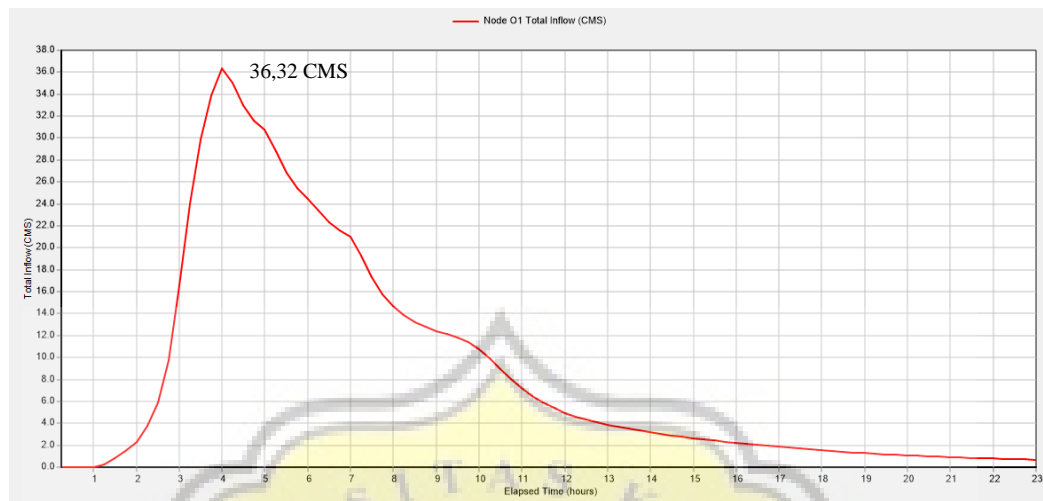
Gambar 4. 70 Hidrograf Aliran Tiap Saluran Kondisi Eksisting Dengan Pengaruh Tanggul Laut Periode Ulang 10 Tahunan

Gambar 4.70 diatas menunjukkan besarnya debit aliran pada masing-masing *conduit* dengan hujan rencana 10 tahunan. Aliran itu merupakan volume air yang mengalir persatuan waktu pada saluran. Gambar diatas dapat dilihat bahwa *conduit* 11 (C.11) yang terletak pada bagian muara memiliki debit sebesar 34,69 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 34,69 m³/s. Sedangkan pada *conduit* 5 (C.5) pada bagian tengah muara memiliki debit sebesar 8,13 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 8,13 m³/s. dan pada *conduit* 1 (C.1) pada bagian hulu muara memiliki debit sebesar 2,09 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 2,09 m³/s.



Gambar 4. 71 Hidrograf Aliran Tiap Saluran Kondisi Eksisting Dengan Pengaruh Tanggul Laut Periode Ulang 25 Tahunan

Gambar 4.71 diatas menunjukkan besarnya debit aliran pada masing-masing *conduit* dengan hujan rencana 25 tahunan. Aliran itu merupakan volume air yang mengalir persatuan waktu pada saluran. Gambar diatas dapat dilihat bahwa *conduit* 11 (C.11) yang terletak pada bagian muara memiliki debit sebesar 38,19 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 38,19 m³/s. Sedangkan pada *conduit* 5 (C.5) pada bagian tengah muara memiliki debit sebesar 8,13 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 8,13 m³/s. dan pada *conduit* 1 (C.1) pada bagian hulu muara memiliki debit sebesar 2,06 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 2,06 m³/s.



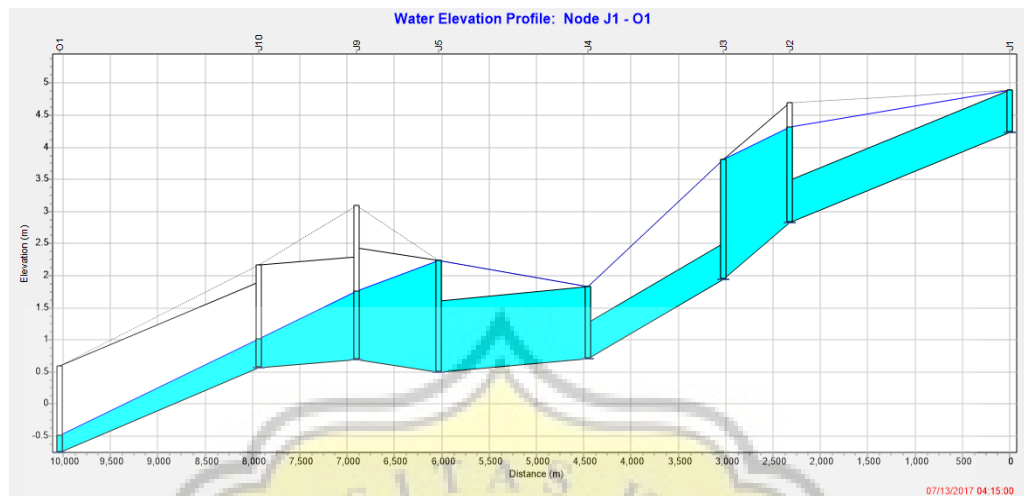
Gambar 4. 72 Hidrograf Aliran Saluran Kondisi Eksisting Dengan Pengaruh Tanggul Laut (*Outfall*)

Gambar 4.64 diatas menunjukkan besarnya debit aliran di *outfall* untuk hujan rencana dengan periode ulang 2 tahunan dengan adanya pengaruh tanggul laut. Berdasarkan gambar ini dapat dilihat bahwa puncak debit alirannya terjadi pada jam ke 4, yang memiliki debit aliran 36,320 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $36,320 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar periode ulangnya maka debitnya juga akan semakin besar. Semakin dekat dengan *outfall* maka debit alirannya di *conduit* juga semakin besar. Dalam gambar juga debit aliran berbeda-beda karena dimensi tiap saluran juga berbeda-beda.

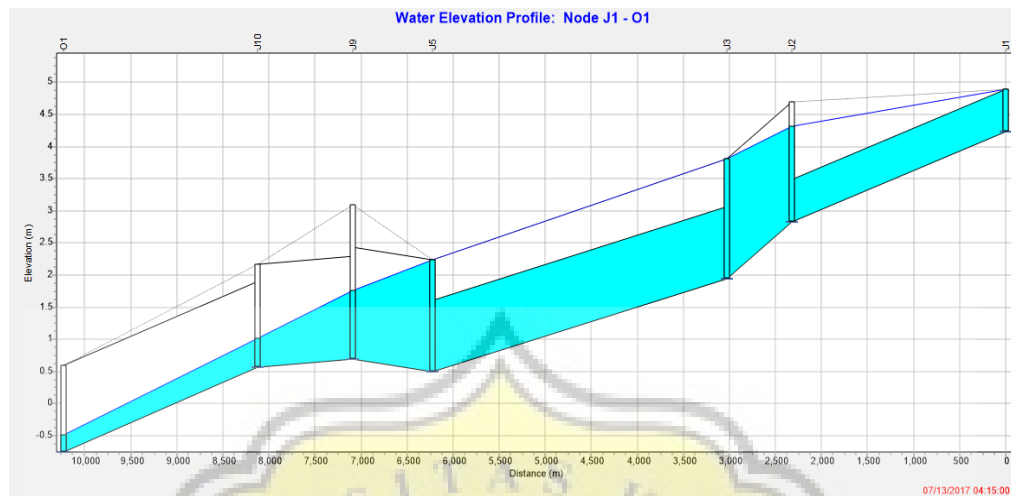
C. Profil Muka Air

Dalam pemodelan EPA-SWMM, dapat diketahui profil muka airnya setelah adanya tanggul laut. Dari profil itu, dapat terlihat suatu saluran bisa menampung atau tidak debit aliran yang ada.



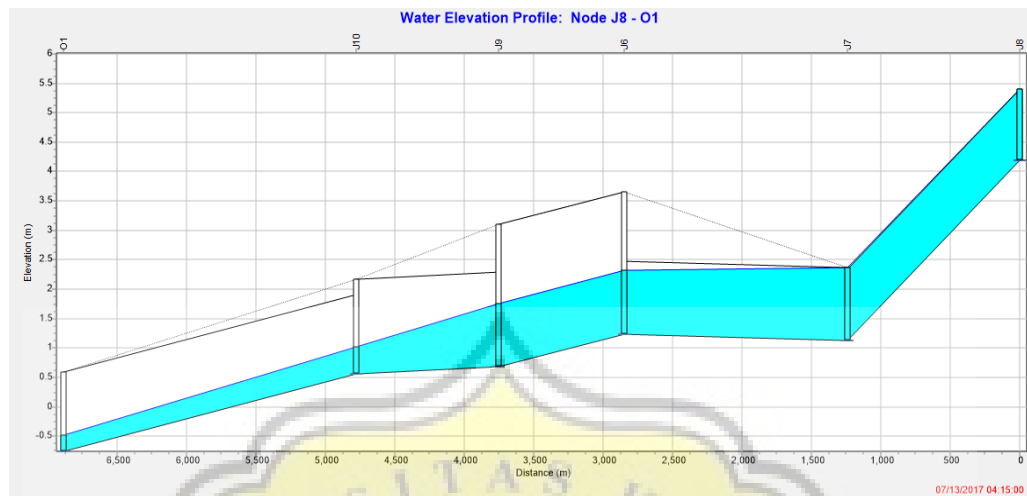
Gambar 4. 73 Profil Muka Air Dengan Pengaruh Tanggul Laut Periode Ulang 2 Tahunan

Gambar 4.73 diatas merupakan profil muka air kondisi eksisting dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* sampai *junction* (J1), periode ulang 2 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru yang berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran. Dari gambar dapat juga di lihat debit aliran maksimum aliran seperti *junction* 1 (J1) sebesar 15,11 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $15,11 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* (J3) sebesar 30,41 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $30,41 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* 4 (J4) sebesar 16,76 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $16,76 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* 5 (J5) sebesar 18,29 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $18,29 \text{ m}^3/\text{s}$, yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 1, *conduit* 3 dan *conduit* 4.



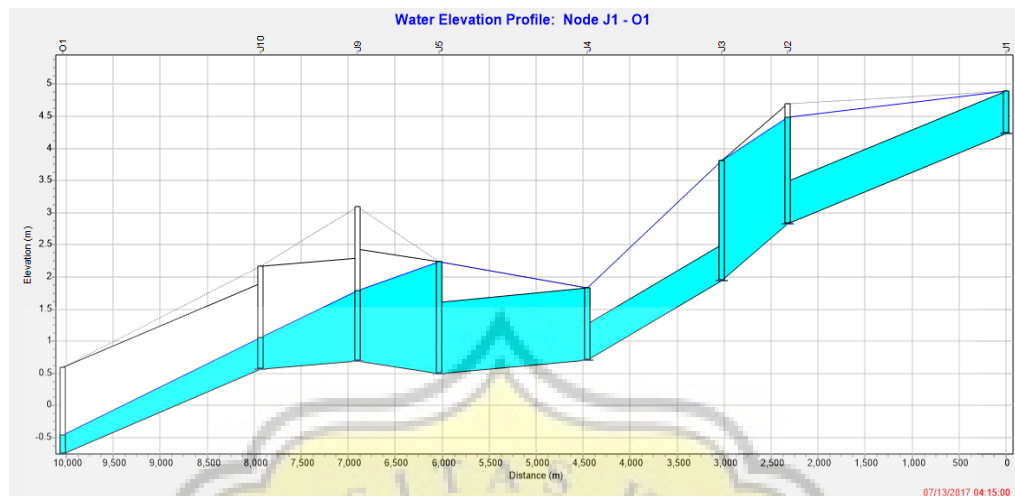
Gambar 4. 74 Profil Muka Air Dengan Pengaruh Tanggul Laut Periode Ulang 2 Tahunan

Gambar 4.74 diatas merupakan profil muka air kondisi eksisting dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* (O1) sampai *junction* (J1), periode ulang 2 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran. Dari gambar dapat juga di lihat debit aliran maksimum aliran seperti *junction* 1 (J1) sebesar 15,11 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $15,11 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* (J3) sebesar 30,41 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $30,41 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* 5 (J5) sebesar 18,29 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $18,29 \text{ m}^3/\text{s}$, yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 1 dan *conduit* 5.



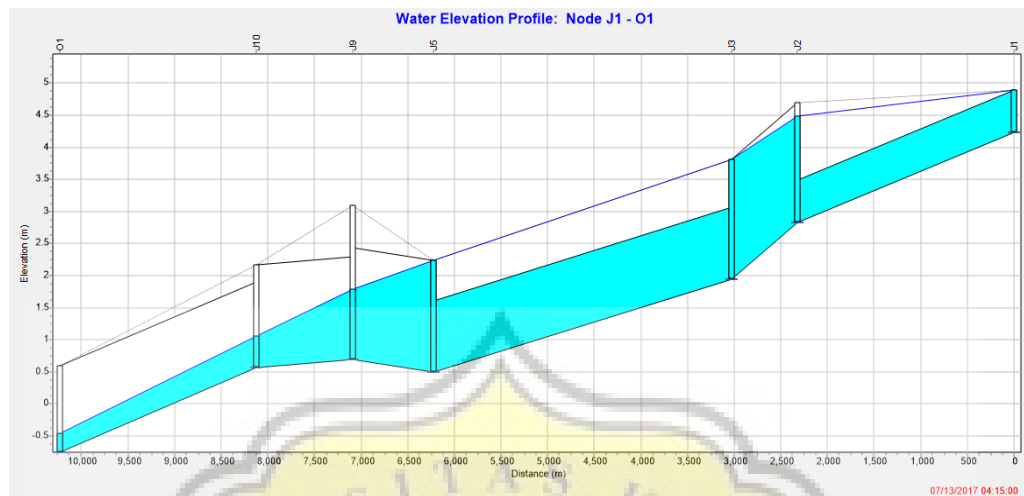
Gambar 4. 75 Profil Muka Air Dengan Pengaruh Tanggul Laut Periode Ulang 2 Tahunan

Gambar 4.75 diatas merupakan profil muka air kondisi eksisting dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* (O1) sampai *junction* (J8), periode ulang 2 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran. Dari gambar dapat juga di lihat debit aliran maksimum aliran seperti *junction* 8 (J8) sebesar 6,78 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $6,78 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* 7 (J7) sebesar 18,65 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $18,65 \text{ m}^3/\text{s}$, yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 6 dan *conduit* 7.



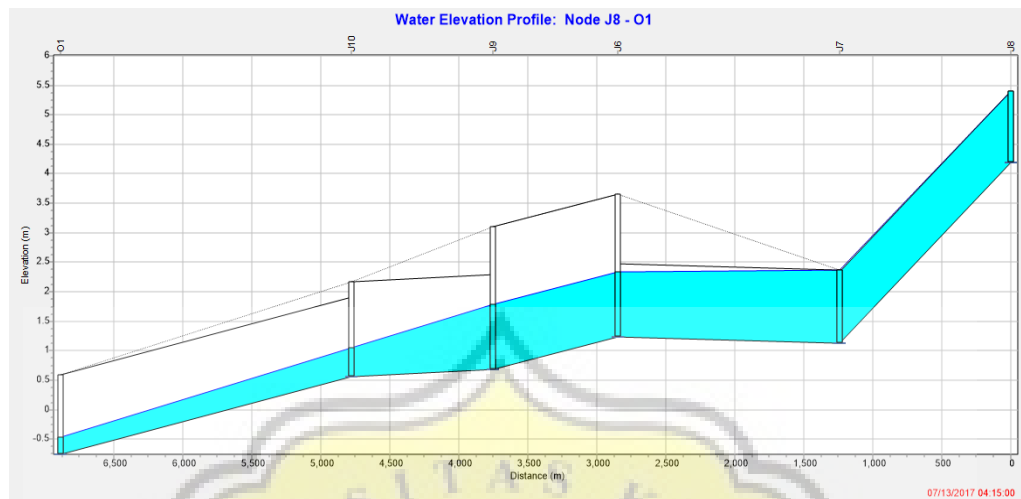
Gambar 4. 76 Profil Muka Air Periode Ulang 5 Tahunan

Gambar 4.76 diatas merupakan profil muka air kondisi eksisting dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* (O1) sampai *junction* (J1), periode ulang 5 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran. Dari gambar dapat juga di lihat debit aliran maksimum aliran seperti *junction* 1 (J1) sebesar 19,12 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 19,12 m³/s, *junction* 3 (J3) sebesar 38,89 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 38,89 m³/s, *Junction* 4 (J4) sebesar 20,40 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 20,40 m³/s, *Junction* 5 (J5) sebesar 21,15 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 21,15 m³/s, yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 1, *conduit* 3 dan *conduit* 4.



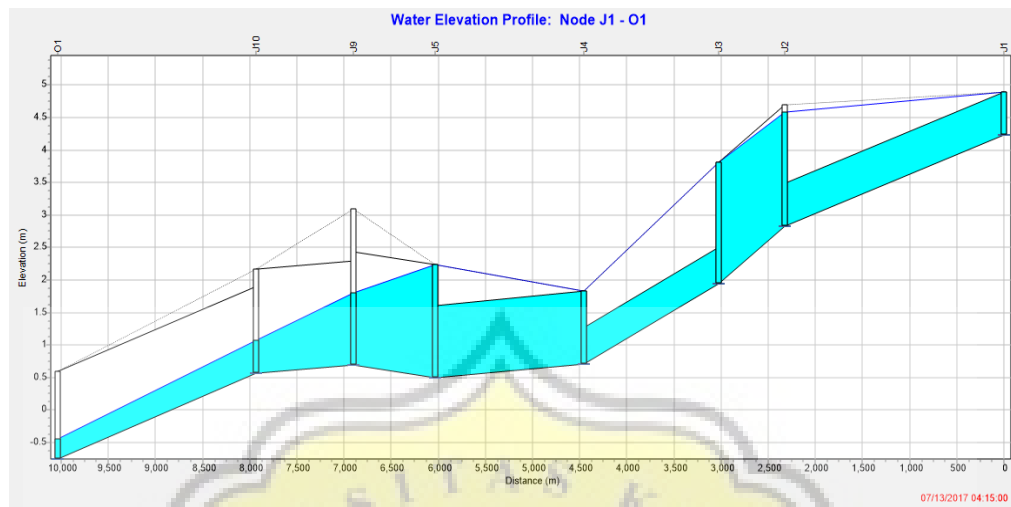
Gambar 4. 77 Profil Muka Air Periode Ulang 5 Tahunan

Gambar 4.77 diatas merupakan profil muka air kondisi eksisting dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* (O1) sampai *junction* (J1), periode ulang 5 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran. Dari gambar dapat juga di lihat debit aliran maksimum aliran seperti *junction* 1 (J1) sebesar 19,12 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 19,12 m³/s, *junction* 3 (J3) sebesar 38,89 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 38,89 m³/s, *junction* 5 (J5) sebesar 21,15 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 21,15 m³/s yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 1 dan *conduit* 5.



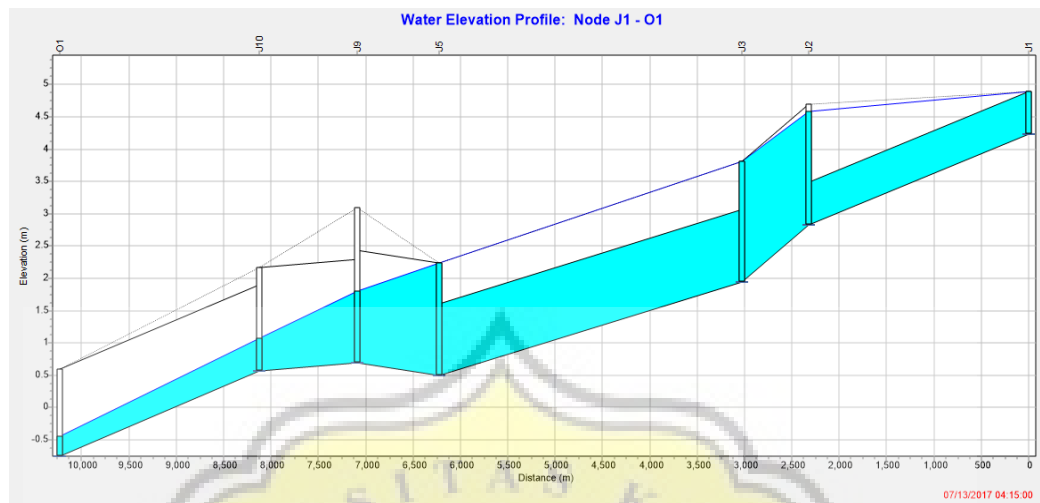
Gambar 4. 78 Profil Muka Air Periode Ulang 5 Tahunan

Gambar 4.78 diatas merupakan profil muka air kondisi eksisting dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* (O1) sampai *junction* 8 (J8), periode ulang 5 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran. Dari gambar dapat juga di lihat debit aliran maksimum aliran seperti *junction* 7 (J7) sebesar 22,28 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $22,28 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* 8 (J8) sebesar 8,61 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $8,61 \text{ m}^3/\text{s}$, yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 6 dan *conduit* 7.



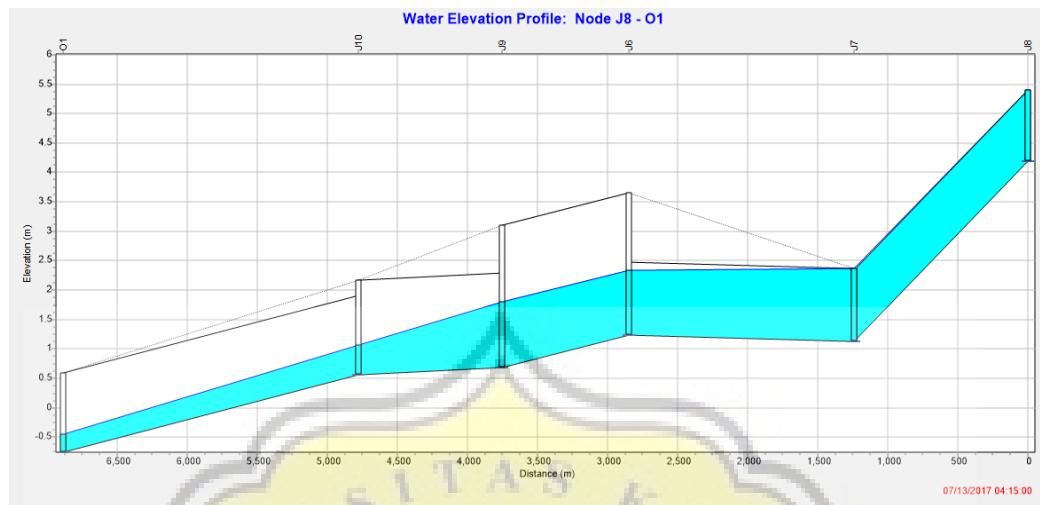
Gambar 4. 79 Profil Muka Air Periode Ulang 10 Tahunan

Gambar 4.79 di atas merupakan profil muka air kondisi eksisting dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* (O1) sampai *junction* (J1), periode ulang 10 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran. Dari gambar dapat juga di lihat debit aliran maksimum aliran seperti *junction* 1 (J1) sebesar 21,80 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 21,80 m³/s, *junction* 3 (J3) sebesar 44,80 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 44,80 m³/s, *junction* 4 (J4) sebesar 22,83 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 22,83 m³/s, *junction* 5 (J5) sebesar 23,08 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 23,08 m³/s, yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 1, *conduit* 3 dan *conduit* 4.



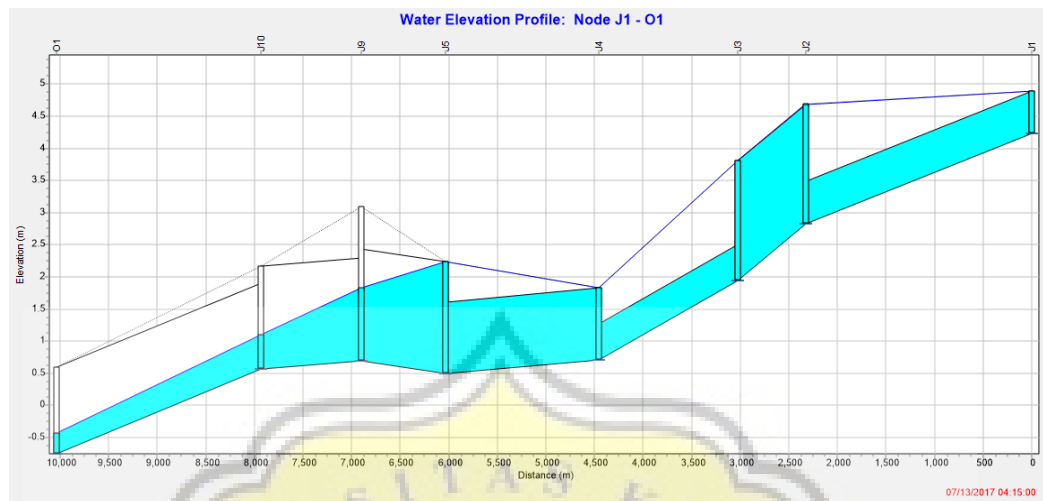
Gambar 4. 80 Profil Muka Air Periode Ulang 10 Tahunan

Gambar 4.80 diatas merupakan profil muka air kondisi eksisting dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* (O1) sampai *junction* 1 (J1), periode ulang 10 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran. Dari gambar dapat juga di lihat debit aliran maksimum aliran seperti *junction* 1 (J1) sebesar 21,80 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $21,80 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* 3 (J3) sebesar 44,80 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $44,80 \text{ m}^3/\text{s}$ *Junction* 5 (J5) sebesar 23,08 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $23,08 \text{ m}^3/\text{s}$ yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 1 dan *conduit* 5.



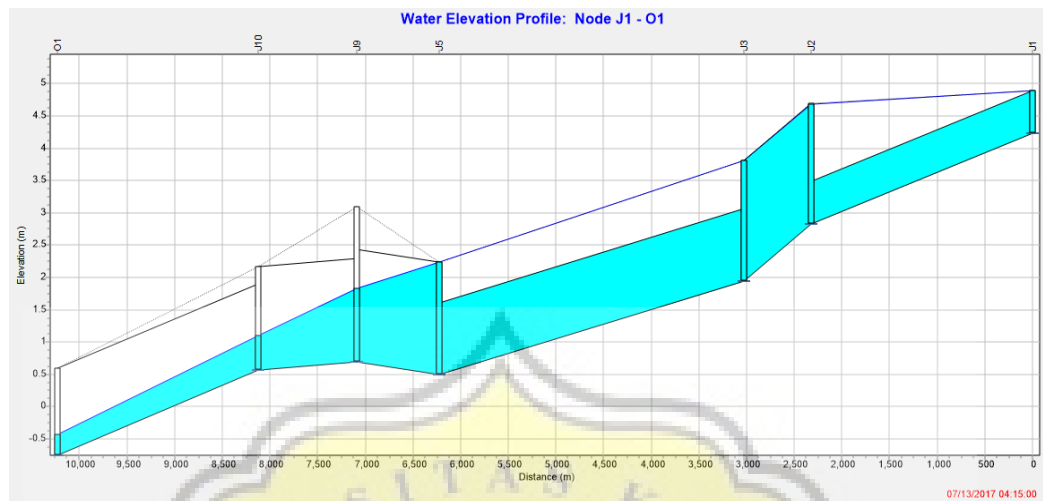
Gambar 4. 81 Profil Muka Air Periode Ulang 10 Tahunan

Gambar 4.81 diatas merupakan profil muka air kondisi eksisting dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* (O1) sampai *junction* 8 (J8), periode ulang 10 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran. Dari gambar dapat juga di lihat debit aliran maksimum aliran seperti *junction* 7 (J7) sebesar 25,16 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $25,16 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* 8 (J8) sebesar 9,93 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $9,93 \text{ m}^3/\text{s}$, yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 6 dan *conduit* 7.



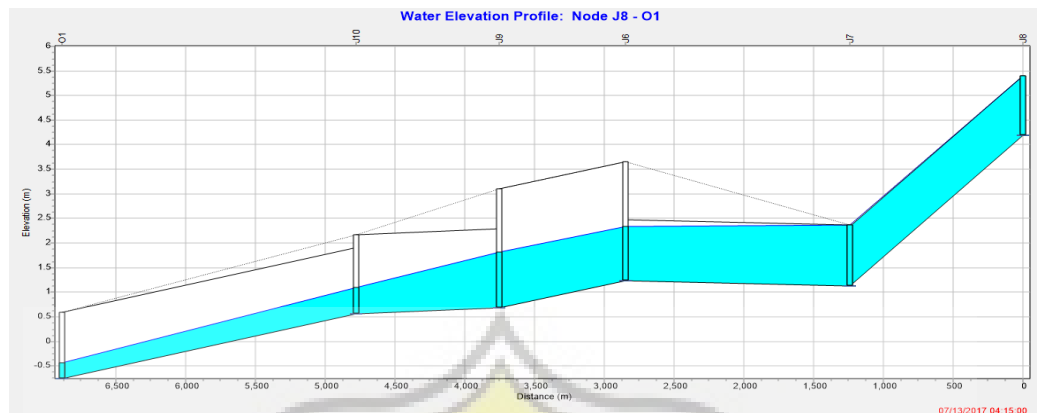
Gambar 4. 82 Profil Muka Air Periode Ulang 25 Tahunan

Gambar 4.82 diatas merupakan profil muka air kondisi eksisting dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* (O1) sampai *junction* (J1), periode ulang 25 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran. Dari gambar dapat juga di lihat debit aliran maksimum aliran seperti *junction* 1 (J1) sebesar 25,20 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 25,20 m³/s, *junction* 3 (J3) sebesar 52,31 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 52,31 m³/s, *junction* 4 (J4) sebesar 25,91 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 25,91 m³/s, *junction* 5 (J5) sebesar 25,55 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 25,55 m³/s, yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 1, *conduit* 3 dan *conduit* 4.



Gambar 4. 83 Profil Muka Air Periode Ulang 25 Tahunan

Gambar 4.83 di atas merupakan profil muka air kondisi eksisting dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* (O1) sampai *junction* 1 (J1), periode ulang 25 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran. Dari gambar dapat juga di lihat debit aliran maksimum aliran seperti *junction* 1 (J1) sebesar 25,20 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 25,20 m³/s, *junction* 3 (J3) sebesar 52,31 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 52,31 m³/s *Junction* 5 (J5) sebesar 25,55 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 25,55 m³/s yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 1 dan *conduit* 5.



Gambar 4. 84 Profil Muka Air Periode Ulang 25 Tahunan

Gambar 4.84 diatas merupakan profil muka air kondisi eksisting dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* (O1) sampai *junction* 8 (J8), periode ulang 25 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran. Dari gambar dapat juga di lihat debit aliran maksimum aliran seperti *junction* 7 (J7) sebesar 28,96 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 28,96 m³/s, *junction* 8 (J8) sebesar 11,76 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 11,76 m³/s, yang sudah tidak bisa menampung debit aliran. Bagian *conduit* yang tidak dapat menampung adalah *conduit* 6 dan *conduit* 7.

4.3.5 Pemodelan Kondisi Eksisting Setelah ada Tanggul Laut dan Normalisasi Sungai

1. Parameter Kondisi Eksisting

Pada pemodelan eksisting memiliki parameter *subcatchment*, *junction*, *conduit*, *outfall*, dan *rain gage* yang berbeda-beda.

A. *Subcatchment*

Subcatchment atau daerah tangkapan hujan merupakan suatu daerah yang memiliki topografi dan sistem drainase yang dapat



mengalirkan limpasan air permukaan ke titik *outfall*. Berikut parameter-parameter pada *subcatchment*:

Tabel 4. 30a Nilai Parameter pada *Subcatchment 01 - Subcatchment 05*

Data	Subcatchment 01	Subcatchment 02	Subcatchment 03	Subcatchment 04	Subcatchment 05
Area (Ha)	162.96	197.19	103.68	112.42	146.98
Width (m)	906.2610	954.7594	588.1439	549.8957	926.6784
% Slope	0.356	0.085	0.114	0.051	0.28
% Imperv	75	75	75	75	75
N-Impervious	0.014	0.014	0.014	0.011	0.011
N-Pervious	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Dstore-Impervious (mm)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Dstore-Pervious (mm)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
%Zero Impervious	25	25	25	25	25
Infiltration	HORTON	HORTON	HORTON	HORTON	HORTON
Outlet	J1	J2	J3	J3	J4

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Tabel 4. 30b Nilai Parameter pada *Subcatchment 06 - Subcatchment 10*

Data	Subcatchment 06	Subcatchment 07	Subcatchment 08	Subcatchment 09	Subcatchment 10
Area (Ha)	124.63	155.38	102.60	38.35	42.58
Width (m)	695.2623	787.8210	765.6061	317.2437	433.6531
% Slope	0.102	0.148	0.216	0.189	0.000
% Imperv	75	75	75	90	90
N-Impervious	0.011	0.011	0.060	0.011	0.011
N-Pervious	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Dstore-Impervious (mm)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Dstore-Pervious (mm)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
%Zero Impervious	25	25	25	25	25
Infiltration	HORTON	HORTON	HORTON	HORTON	HORTON
Outlet	J5	J7	J8	J6	J9

Sumber: Hasil Analisis, 2017

**Tabel 4. 30c** Nilai Parameter pada *Subcatchment 11 - Subcatchment 14*

Data	Subcatchment 11	Subcatchment 12	Subcatchment 13	Subcatchment 14
Area (Ha)	33.01	53.81	78.05	83.59
Width (m)	505.6399	540.3728	529.1283	629.3275
% Slope	0.129	0.341	0.136	0.357
% Imperv	90	90	90	90
N-Impervious	0.012	0.012	0.012	0.011
N-Pervious	0.1	0.1	0.1	0.1
Dstore-Impervious (mm)	0.05	0.05	0.05	0.05
Dstore-Pervious (mm)	0.05	0.05	0.05	0.05
%Zero Impervious	25	25	25	25
Infiltration	HORTON	HORTON	HORTON	HORTON
Outlet	J9	J10	J10	O1

Sumber: Hasil Analisis, 2017

B. Junction

Junction adalah titik pertemuan dari dua atau lebih aliran sungai. Parameter yang dimasukkan pada EPA-SWMM untuk *junction* ada 2 parameter yaitu elevasi dari *junction* dan kedalaman maksimum *junction* (*Max depth*)

Tabel 4. 31 Parameter pada *Junction*

Junction	Elevasi (m)	Max.Depth (m)
J1	3.2	2.8
J2	2.8	2.0
J3	2.0	1.8
J4	1.0	3.0
J5	0.7	2.3
J6	1.239	1.8
J7	1.5	2.5
J8	2.2	2.2
J9	0.688	2.0
J10	0.562	2.5

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Tabel 4. 32 Parameter pada *Conduit*

Data	Inlet Node	Outlet Node	Shape	Max Depth (m)	Bottom width (m)	Length (m)	Roughness	Left Slope	Right Slope
Conduit 1	J1	J2	Rec_Open	2.6	6	2323.43	0.012	-	-
Conduit 2	J2	J3	Rec_Open	2.5	7	703.22	0.012	-	-
Conduit 3	J3	J4	Rec_Open	2.9	5	1430.65	0.012	-	-
Conduit 4	J4	J5	Rec_Open	3.0	10	1572.86	0.012	-	-
Conduit 5	J3	J5	Rec_Open	3.0	10	3196.38	0.012	-	-
Conduit 6	J8	J7	Rec_Open	2.4	4	1241.02	0.012	-	-
Conduit 7	J7	J6	Rec_Open	2.5	8	1608.21	0.012	-	-
Conduit 8	J5	J9	Rec_Open	3.0	15	870.95	0.012	-	-
Conduit 9	J6	J9	Rec_Open	2.5	10	902.47	0.012	-	-
Conduit 10	J9	J10	Rec_Open	2.5	20	1030.50	0.012	-	-
Conduit 11	J10	O1	Rec_Open	2	62.93	2105.54	0.012	-	-

Sumber: Hasil Analisis, 2017

C. *Outfall*

Outfall adalah titik yang menunjukkan batas hilir atau titik akhir dari sistem drainase. *Outfall* terletak di kawasan industri terboyo. Parameter yang akan dimasukkan dalam *Outfall* adalah elevasi. *Outfall* Sungai Sringin berada pada elevasi -0.754 m dari muka air laut rata-rata. Berbeda dengan kondisi eksisting sebelum ada tanggul laut pemodelan ini tidak memakai pasang surut air laut atau kondisi *free* pada *Outfall*.

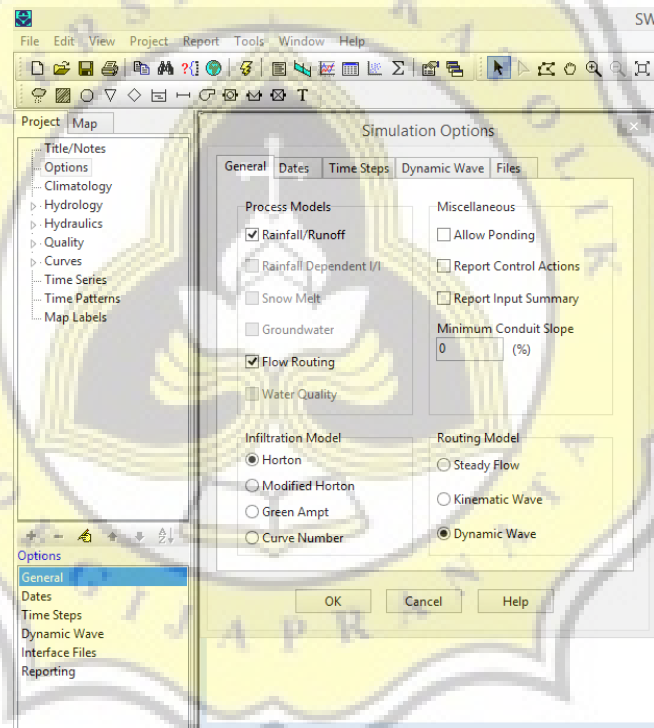
D. *Rain Gage*

Dalam pemodelan EPA-SWMM, nilai parameter rain gage di sajikan dalam tabel time series. Parameter itu nantinya akan memberikan suplai area studi untuk memperoleh hasil pemodelan berupa hidrograf aliran permukaan, hidrograf aliran di tiap saluran dan profil muka air. Pada pemodelan ini time series atau data hujan

yang digunakan sama dengan pemodelan sebelumnya yaitu data hujan 2 tahunan, 5 tahunan, 10 tahunan, dan 25 tahunan

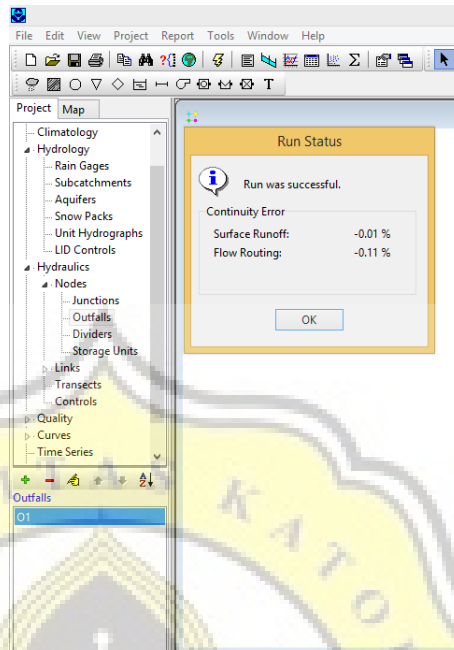
2. Proses Simulasi (*Run Simulation*)

Setelah parameter sudah dimasukkan dalam pemodelan pada EPA-SWMM dilakukan proses simulasi namun sebelumnya dilakukan pengaturan pada option. Pengaturan pada General adalah pengaturan *Infiltration Model* pilih *Horton* dan untuk *Routing Model* pilih *Dynamic Wave*. Selanjutnya pada pengaturan *Dates* ubah *End Analysis* sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 4.85 Pengaturan *Option* EPA-SWMM

Setelah pengaturan selesai baru mulai simulasi dengan cara pilih *Project* lalu *Run Simulation*. Jika pemodelan sudah sesuai dan berhasil maka akan muncul seperti gambar 4.86 dibawah ini.



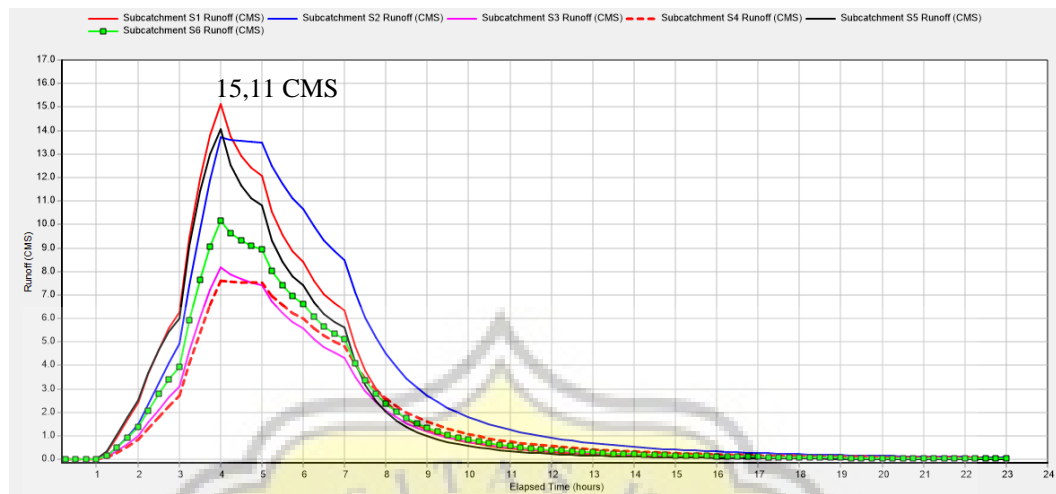
Gambar 4. 86 Proses Simulasi

3. Hasil Pemodelan Sungai Sringin Kondisi Eksisting Setelah ada Tanggul Laut dan Normalisasi Sungai

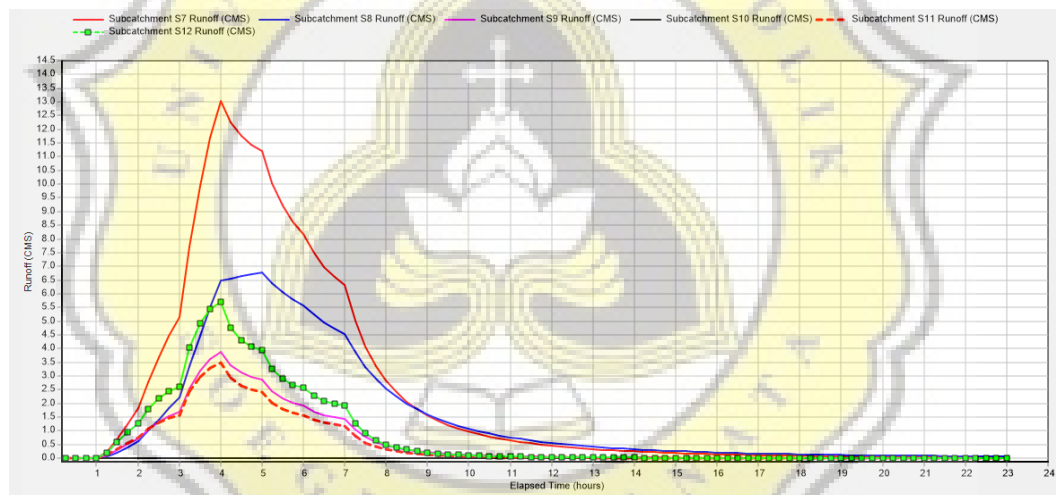
Dalam melakukan pemodelan Sungai Sringin dengan menggunakan program EPA-SWMM yang tidak dipengaruhi data pasang surut air laut, diperoleh 3 hasil dalam bentuk aliran hidrograf aliran permukaan, hidrograf aliran tiap saluran dan profil muka air Sungai Sringin dalam kondisi eksisting.

A. Hidrograf Aliran Permukaan

Hidrograf aliran permukaan adalah hasil pemodelan yang menampilkan hubungan antara aliran permukaan (*run off*) dengan interval waktu, sehingga bias diketahui puncak tertinggi maupun yang terendah suatu aliran. Gambar 4.87 berikut adalah hidrograf aliran permukaan (*run off*) beberapa subcatchment dengan periode ulang 2 tahunan.



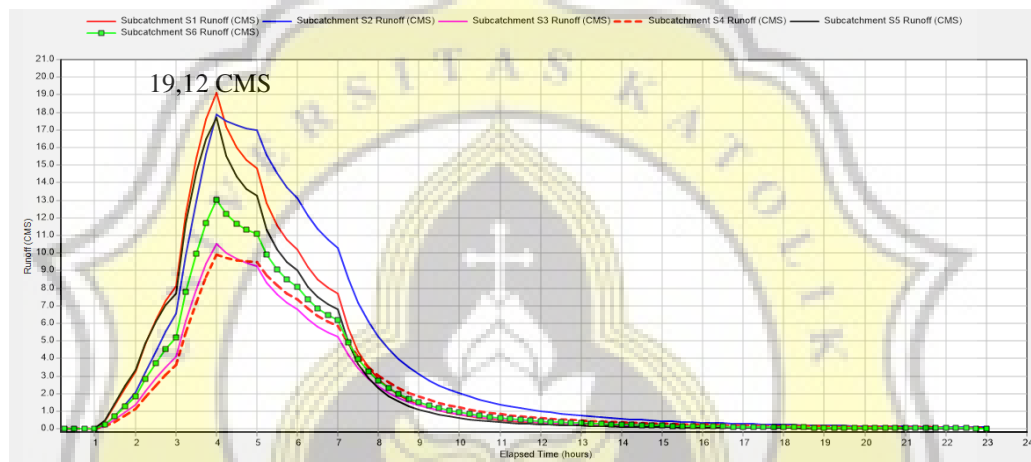
Gambar 4. 87 Hidrograf Aliran Permukaan (Run Off) Kondisi Normalisasi Periode Ulang 2 Tahunan (S.1-S.6)



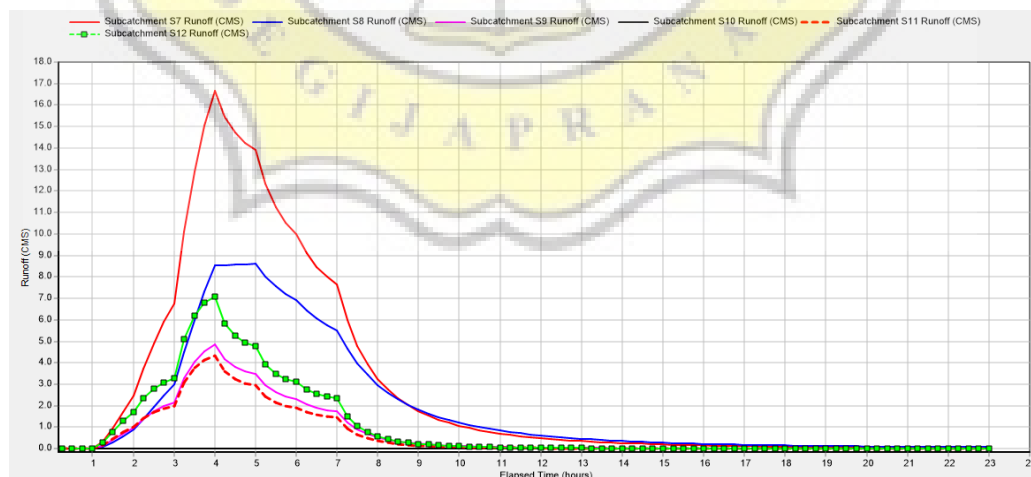
Gambar 4. 88 Hidrograf Aliran Permukaan (Run Off) Kondisi Normalisasi Periode Ulang 2 Tahunan (S.7-S.12)

Pada Gambar 4.87 diatas S.1 – S.6 adalah hidrograf aliran permukaan dari *Subcatchment* 1 sampai *subcatchment* 6 dengan periode ulang 2 tahunan. Dari gambar dapat dilihat bahwa *subcatchment* 1 (S.1) yang memiliki garis berwarna merah memiliki *run off* paling besar pada periode ulang 2 tahunan. Nilai *run off* pada S.1 tersebut sebesar 15,11 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $15,11 \text{ m}^3/\text{s}$. faktor yang mempengaruhi besar *run off* adalah

luas area dan kemiringan lereng. Luas *subcatchment* 1 sedikit lebih kecil dari S.5, namun kemiringan (*%slope*) lebih besar, sehingga nilai *run off* pada S.1 lebih besar dari 13 *subcatchment* lainnya. Sebagian besar wilayah kedap air sehingga menambah nilai *run off*. Jika dibanding dengan S.10 yang berwarna hitam yaitu tidak memiliki nilai *run off* sama sekali. Itu disebabkan karena kemiringan lereng (*%slope*) yang bernilai nol.



Gambar 4. 89 Hidrograf Aliran Permukaan (Run Off) Kondisi Eksisting Periode Ulang 5 Tahunan (S.1-S.6)



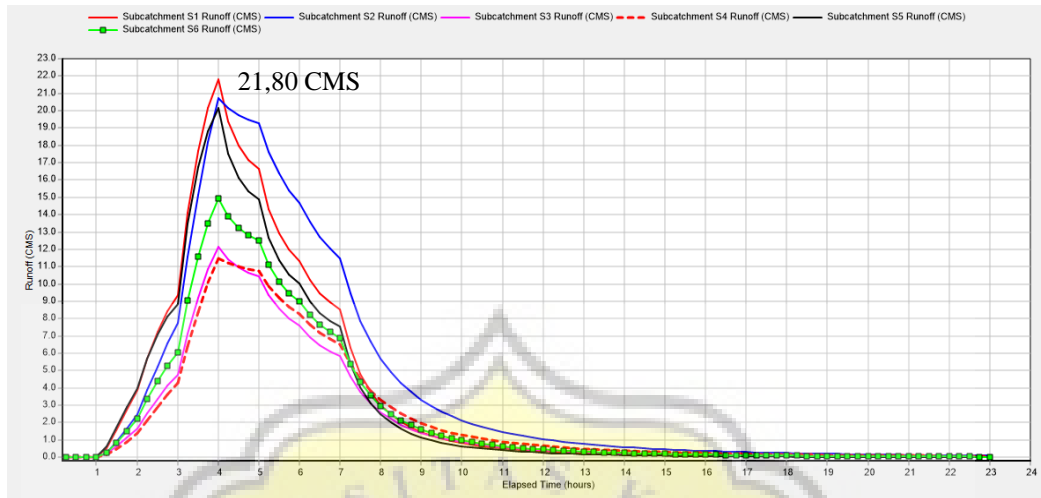
Gambar 4. 90 Hidrograf Aliran Permukaan (Run Off) Kondisi Eksisting Periode Ulang 5 Tahunan (S.7-S.12)



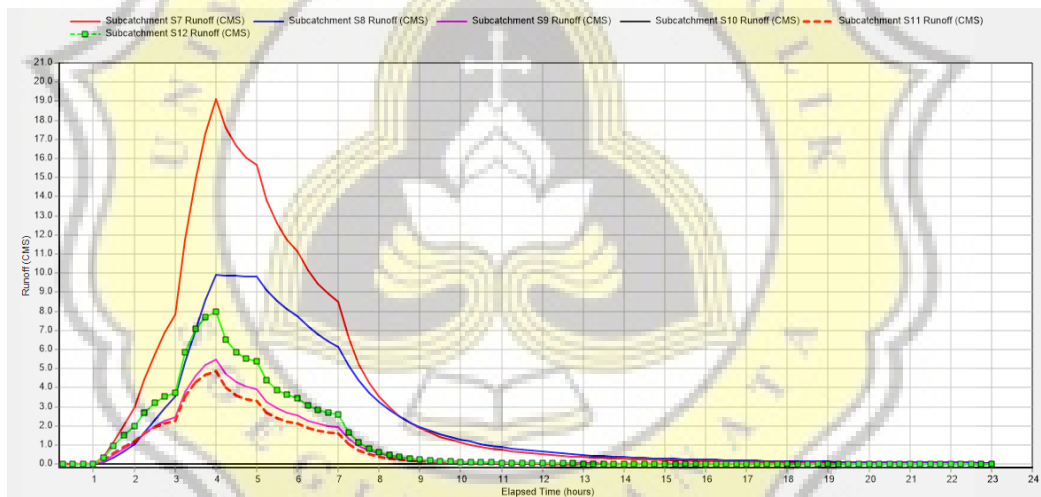
Pada Gambar 4.89 diatas S.1 – S.6 adalah hidrograf aliran permukaan (*run off*) dari *Subcatchment* 1 sampai *subcatchment* 6 dengan periode ulang 5 tahunan. Dari Gambar 4.89 dapat dilihat bahwa *subcatchment* 1 (S.1) yang memiliki garis berwarna merah memiliki *run off* paling besar pada periode ulang 5 tahunan. Nilai *run off* pada S.1 tersebut memiliki puncak sebesar 19,12 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 19,12 m³/s.

Sedangkan pada Gambar 4.90 diatas merupakan hidrograf aliran permukaan (*run off*) dari *Subcatchment* 7 sampai *subcatchment* 12 dengan periode ulang 5 tahunan. Dari gambar 4.90 dapat dilihat bahwa *subcatchment* 10 (S.10) yang memiliki garis berwarna hitam tidak memiliki nilai *run off* sama sekali atau nol.

Jadi, faktor yang mempengaruhi besar *run off* adalah luas area dan kemiringan lereng. Luas *subcatchment* 1 sedikit lebih kecil dari S.5, namun kemiringan (*%slope*) lebih besar, sehingga nilai *run off* pada S.1 lebih besar dari 13 *subcatchment* lainnya. Sebagian besar wilayah kedap air sehingga menambah nilai *run off*. Kesimpulanya adalah nilai puncak aliran tertinggi pada *subcatchment* 1 (S.1) sebesar 19,12 CMS dan puncak terendah pada *subcatcment* 10 (S.10) sebesar 0 CMS.



Gambar 4. 91 Hidrograf Aliran Permukaan (*Run Off*) Kondisi Eksisting Periode Ulang 10 Tahunan (S.1-S.6)



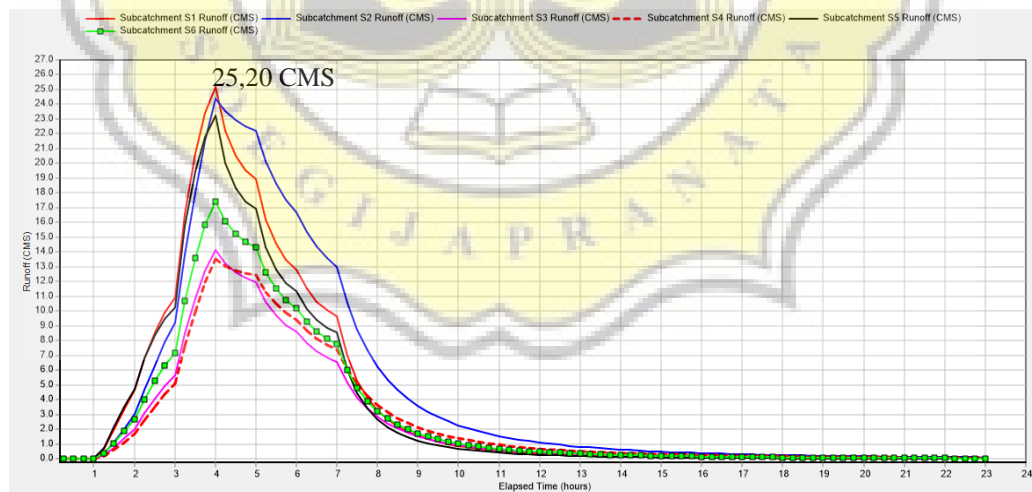
Gambar 4. 92 Hidrograf Aliran Permukaan (*Run Off*) Kondisi Eksisting Periode Ulang 10 Tahunan (S.7-S.12)

Pada Gambar 4.91 diatas S.1 – S.6 adalah hidrograf aliran permukaan (*run off*) dari *Subcatchment* 1 sampai *subcatchment* 6 dengan periode ulang 10 tahunan. Dari Gambar 4.91 dapat dilihat bahwa *subcatchment* 1 (S.1) yang memiliki garis berwarna merah memiliki *run off* paling besar pada periode ulang 10 tahunan. Nilai

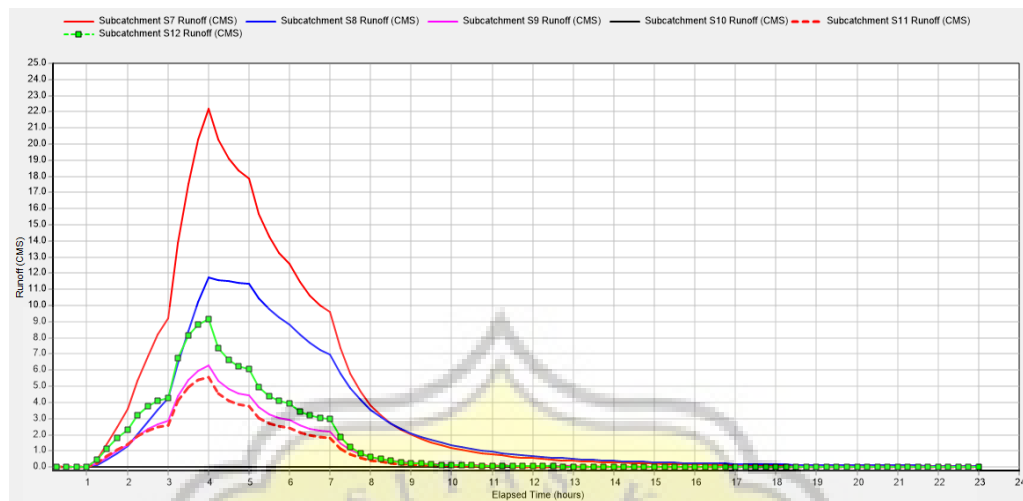
run off pada S.1 tersebut memiliki puncak sebesar 21,8 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $21,8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Sedangkan pada Gambar 4.92 diatas merupakan hidrograf aliran permukaan (*run off*) dari *Subcatchment* 7 sampai *subcatchment* 12 dengan periode ulang 10 tahunan. Dari Gambar 4.92 dapat dilihat bahwa *subcatchment* 10 (S.10) yang memiliki garis berwarna hitam tidak memiliki nilai *run off* sama sekali atau nol.

Jadi, faktor yang mempengaruhi besar *run off* adalah luas area dan kemiringan lereng. Luas *subcatchment* 1 sedikit lebih kecil dari S.2, yang berada di bawahnya. Namun, kemiringan (*%slope*) lebih besar, sehingga nilai *run off* pada S.1 lebih besar dari 13 *subcatchment* lainnya. Sebagian besar wilayah kedap air sehingga menambah nilai *run off*. Kesimpulanya adalah nilai puncak aliran tertinggi pada *subcatchment* 1 (S.1) sebesar 21,8 CMS dan puncak terendah pada *subcatchment* 10 (S.10) sebesar 0 CMS.



Gambar 4. 93 Hidrograf Aliran Permukaan (*Run Off*) Kondisi Eksisting Periode Ulang 25 Tahunan (S.1-S.6)



Gambar 4. 94 Hidrograf Aliran Permukaan (*Run Off*) Kondisi Eksisting Periode Ulang 25 Tahunan (S.7-S.12)

Pada Gambar 4.93 diatas S.1 – S.6 adalah hidrograf aliran permukaan (*run off*) dari *Subcatchment* 1 sampai *subcatchment* 6 dengan periode ulang 25 tahunan. Dari Gambar 4.93 dapat dilihat bahwa *subcatchment* 1 (S.1) yang memiliki garis berwarna merah memiliki *run off* paling besar pada periode ulang 25 tahunan. Nilai *run off* pada S.1 tersebut memiliki puncak sebesar 25,20 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $25,20 \text{ m}^3/\text{s}$.

Sedangkan pada Gambar 4.94 diatas merupakan hidrograf aliran permukaan (*run off*) dari *Subcatchment* 7 sampai *subcatchment* 12 dengan periode ulang 25 tahunan. Dari gambar 4.94 dapat dilihat bahwa *subcatchment* 10 (S.10) yang memiliki garis berwarna hitam tidak memiliki nilai *run off* sama sekali atau nol.

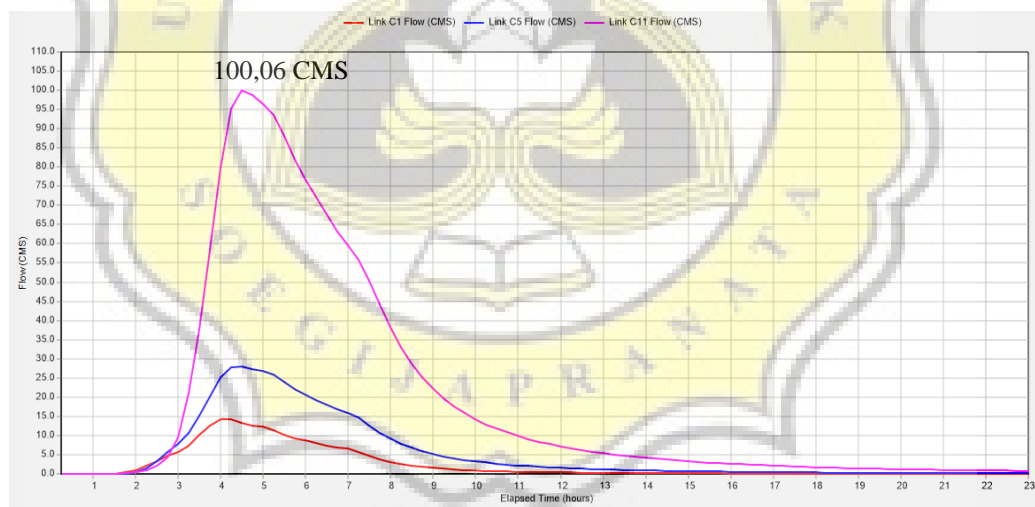
Jadi, faktor yang mempengaruhi besar *run off* adalah luas area dan kemiringan lereng. Luas *subcatchment* 1 sedikit lebih kecil dari S.2, yang berada di bawahnya. Namun, kemiringan (*%slope*) lebih besar, sehingga nilai *run off* pada S.1 lebih besar dari 13 *subcatchment* lainnya. Sebagian besar wilayah kedap air sehingga

menambah nilai *run off*. Kesimpulannya adalah nilai puncak aliran tertinggi pada *subcatchment* 1 (S.1) sebesar 25,20 CMS dan puncak terendah pada *subcatchment* 10 (S.10) sebesar 0 CMS.

B. Hidrograf Aliran Tiap Saluran

Hidrograf aliran tiap saluran adalah hasil pemodelan yang menampilkan hubungan antara debit dengan interval waktu. Sehingga dapat terlihat puncak paling rendah dan paling tinggi, yang secara tidak langsung menggambarkan letak saluran di bagian hulu, tengah dan hilir.

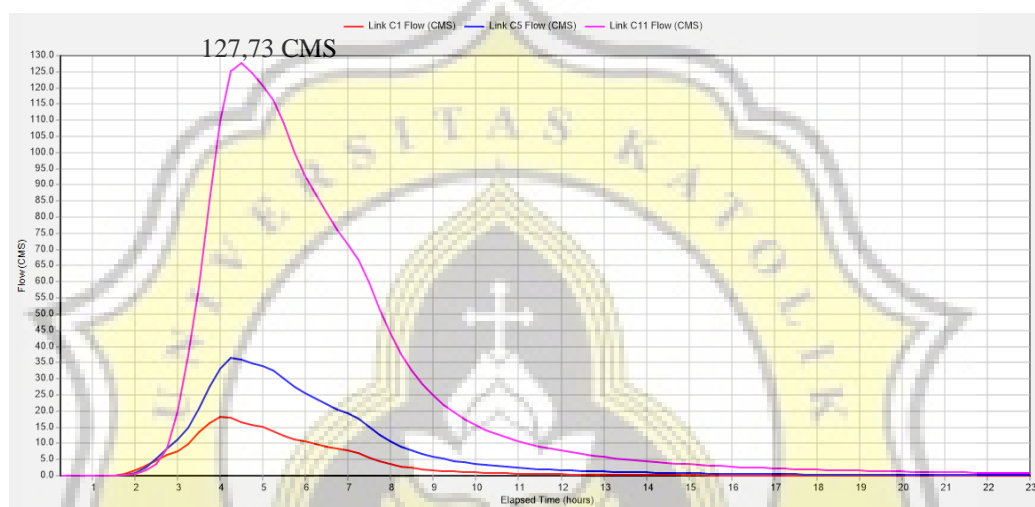
Berikut merupakan hidrograf aliran tiap saluran pada 3 conduit yaitu pada *conduit* 11 (C11) berada di bagian hilir sungai, *conduit* 5 (C5) pada bagian tengah sungai dan *conduit* 1 (C1) pada bagian hulu sungai.



Gambar 4. 95 Hidrograf Aliran Tiap Saluran Kondisi Setelah Normalisasi Periode Ulang 2 Tahunan

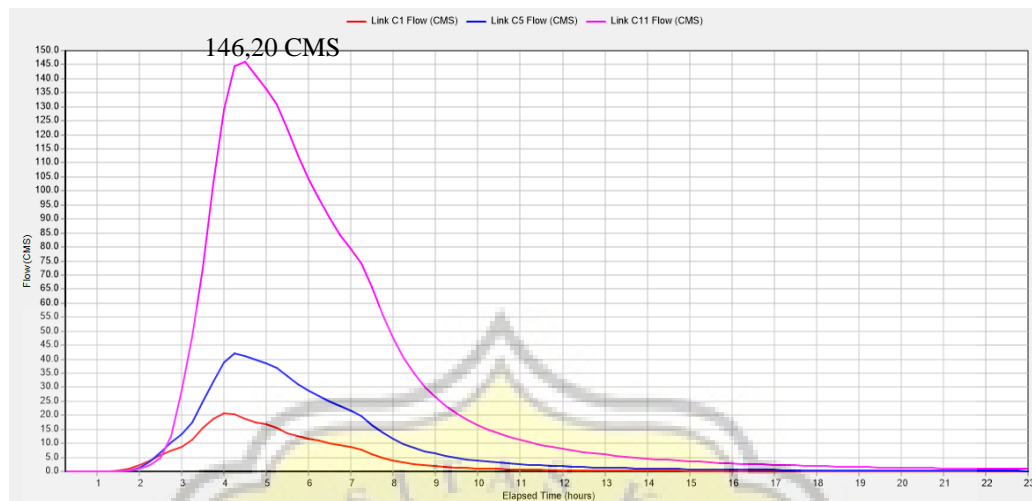
Gambar 4.95 diatas menunjukkan besarnya debit aliran pada masing-masing *conduit* dengan hujan rencana 2 tahunan. Aliran itu merupakan volume air yang mengalir persatuan waktu pada saluran. Gambar diatas dapat dilihat bahwa *conduit* 11 (C.11) yang

terletak pada bagian muara memiliki debit sebesar 100,06 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $100,06 \text{ m}^3/\text{s}$. Sedangkan pada *conduit* 5 (C.5) pada bagian tengah muara memiliki debit sebesar 28,03 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $28,03 \text{ m}^3/\text{s}$. dan pada *conduit* 1 (C.1) pada bagian hulu muara memiliki debit sebesar 14,32 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $14,32 \text{ m}^3/\text{s}$.



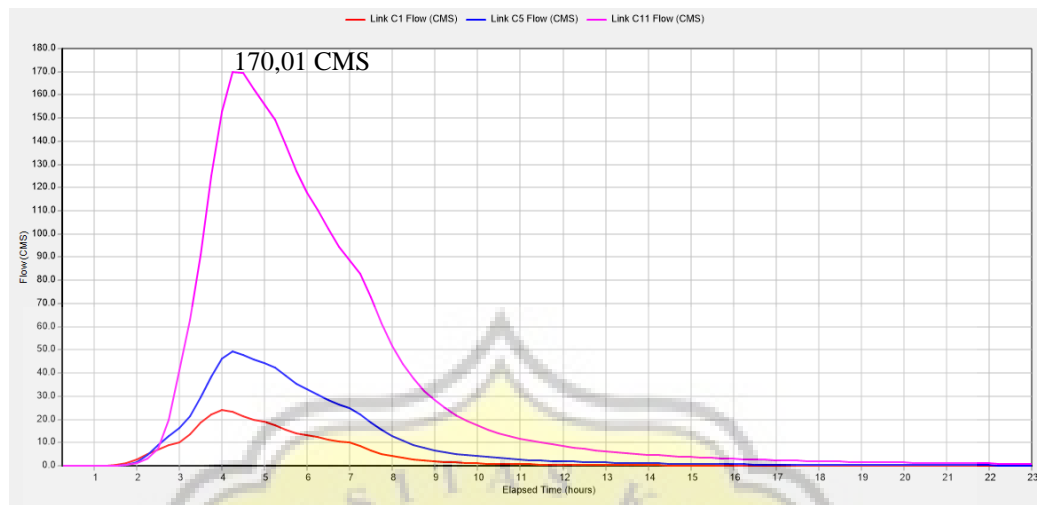
Gambar 4. 96 Hidrograf Aliran Tiap Saluran Kondisi Setelah Normalisasi Periode Ulang 5 Tahunan

Gambar 4.96 diatas menunjukkan besarnya debit aliran pada masing-masing *conduit* dengan hujan rencana 5 tahunan. Aliran itu merupakan volume air yang mengalir persatuan waktu pada saluran. Gambar diatas dapat dilihat bahwa *conduit* 11 (C.11) yang terletak pada bagian muara memiliki debit sebesar 127,73 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $127,73 \text{ m}^3/\text{s}$. Sedangkan pada *conduit* 5 (C.5) pada bagian tengah muara memiliki debit sebesar 36,42 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $36,42 \text{ m}^3/\text{s}$. dan pada *conduit* 1 (C.1) pada bagian hulu muara memiliki debit sebesar 18,27 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $18,27 \text{ m}^3/\text{s}$.



Gambar 4. 97 Hidrograf Aliran Tiap Saluran Kondisi Setelah Normalisasi Periode Ulang 10 Tahunan

Gambar 4.97 diatas menunjukkan besarnya debit aliran pada masing-masing conduit dengan hujan rencana 10 tahunan. Aliran itu merupakan volume air yang mengalir persatuan waktu pada saluran. Gambar diatas dapat dilihat bahwa *conduit* 11 (C.11) yang terletak pada bagian muara memiliki debit sebesar 146,20 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $146,20 \text{ m}^3/\text{s}$. Sedangkan pada *conduit* 5 (C.5) pada bagian tengah muara memiliki debit sebesar 42,13 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $42,13 \text{ m}^3/\text{s}$. dan pada *conduit* 1 (C.1) pada bagian hulu muara memiliki debit sebesar 20,89 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $20,89 \text{ m}^3/\text{s}$.

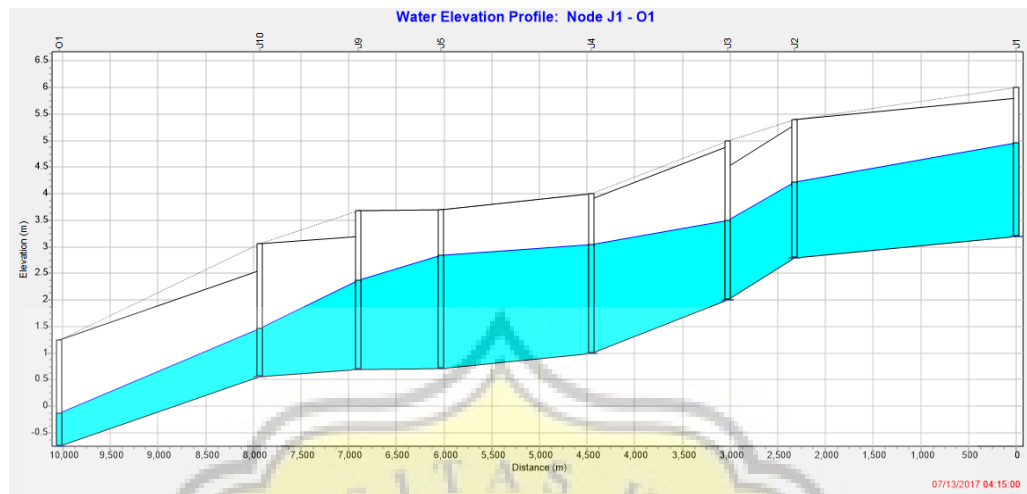


Gambar 4. 98 Hidrograf Aliran Tiap Saluran Kondisi Setelah Normalisasi Periode Ulang 25 Tahunan

Gambar 4.98 diatas menunjukkan besarnya debit aliran pada masing-masing conduit dengan hujan rencana 25 tahunan. Aliran itu merupakan volume air yang mengalir persatuan waktu pada saluran. Gambar diatas dapat dilihat bahwa *conduit* 11 (C.11) yang terletak pada bagian muara memiliki debit sebesar 170,01 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 170,01 m³/s. Sedangkan pada *conduit* 5 (C.5) pada bagian tengah muara memiliki debit sebesar 49,40 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 49,40 m³/s. dan pada *conduit* 1 (C.1) pada bagian hulu muara memiliki debit sebesar 24,22 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 24,22 m³/s.

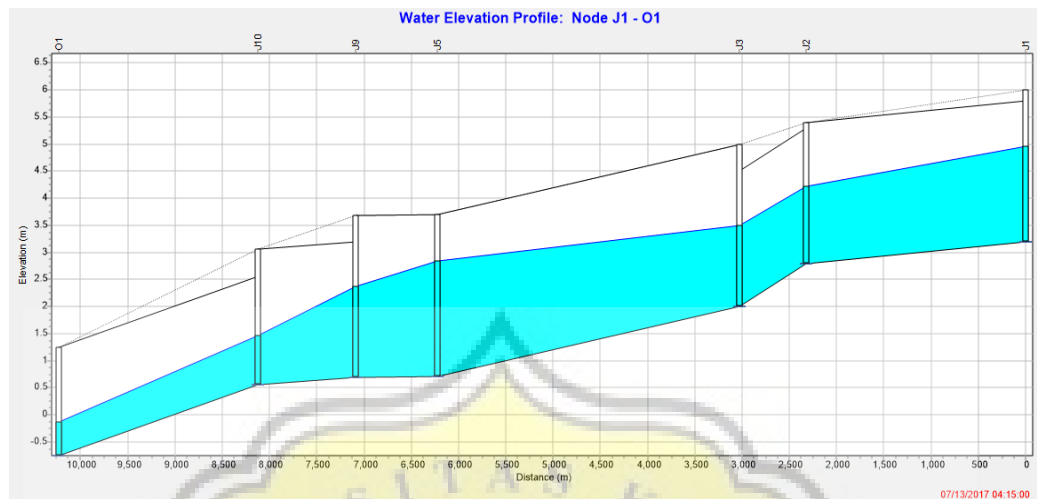
C. Profil Muka Air

Dalam pemodelan EPA-SWMM, dapat diketahui profil muka airnya setelah adanya tanggul laut. Dari profil itu, dapat terlihat suatu saluran bisa menampung atau tidak debit aliran yang ada.



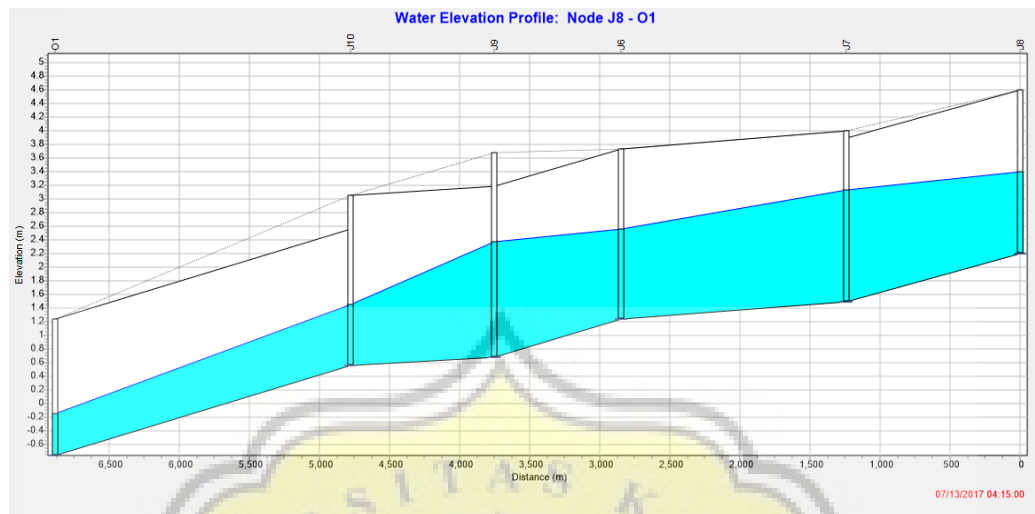
Gambar 4. 99 Profil Muka Air Setelah Normalisasi Periode Ulang 2 Tahunan

Gambar 4.99 diatas merupakan profil muka air kondisi normalisasi dan dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* sampai *junction* (J1), periode ulang 2 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang sudah dapat menampung debit aliran sehingga tidak terjadi limpasan. Dari gambar dapat juga di lihat debit aliran maksimum aliran seperti *junction* 1 (J1) sebesar 15,11 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 15,11 m³/s, *junction* 2 (J2) sebesar 28,04 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 28,04 m³/s, *junction* 3 (J3) sebesar 43,51 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 43,51 m³/s, *junction* 4 (J4) sebesar 27,55 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 27,55 m³/s.



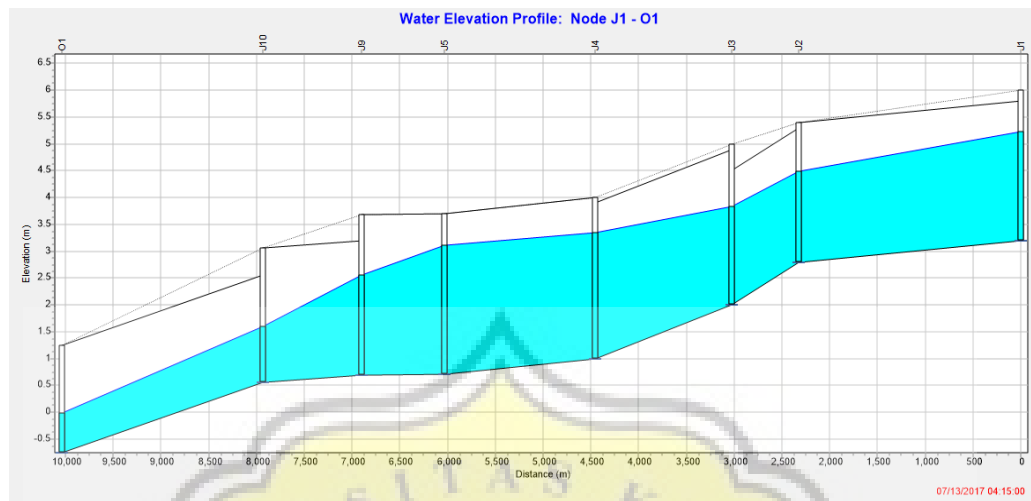
Gambar 4. 100 Profil Muka Air Dengan Pengaruh Tanggul Laut Periode Ulang 2 Tahunan

Gambar 4.100 diatas merupakan profil muka air kondisi normalisasi dan dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* sampai *junction* (J1), periode ulang 2 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang sudah dapat menampung debit aliran sehingga tidak terjadi limpasan. Dari gambar dapat juga di lihat debit aliran maksimum aliran seperti *junction* 5 (J5) sebesar 64,19 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $64,19 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* 9 (J9) sebesar 88,98 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $88,98 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* 10 (J10) sebesar 99,95 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $99,95 \text{ m}^3/\text{s}$, *outfall* sebesar 106,83 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $106,83 \text{ m}^3/\text{s}$.



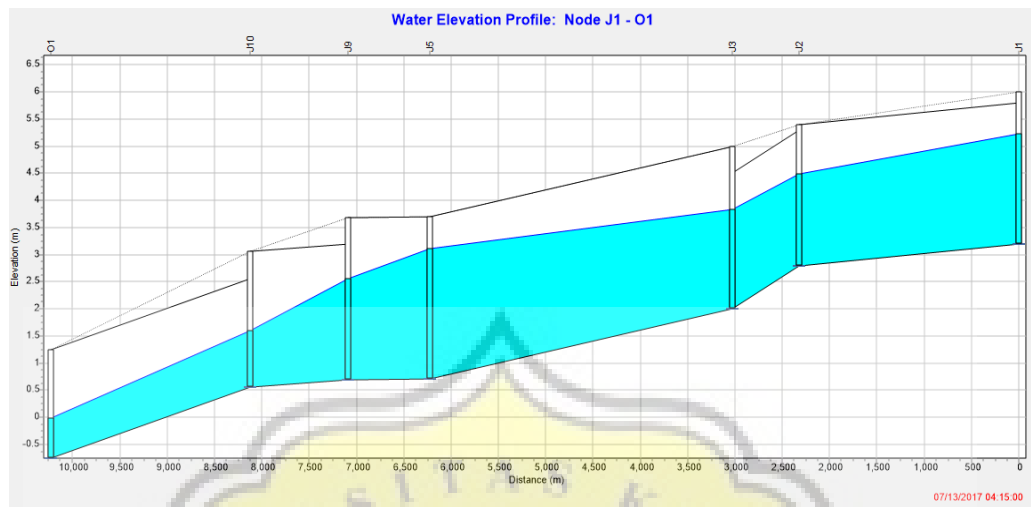
Gambar 4. 101 Profil Muka Air Dengan Pengaruh Tanggul Laut Periode Ulang 2 Tahunan

Gambar 4.101 diatas merupakan profil muka air kondisi normalisasi dan dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* sampai *junction* (J8), periode ulang 2 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang sudah dapat menampung debit aliran sehingga tidak terjadi limpasan. Dari gambar dapat juga di lihat debit aliran maksimum aliran seperti *junction* 8 (J8) sebesar 6,78 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $6,78 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* 7 (J7) sebesar 19,12 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $19,12 \text{ m}^3/\text{s}$.



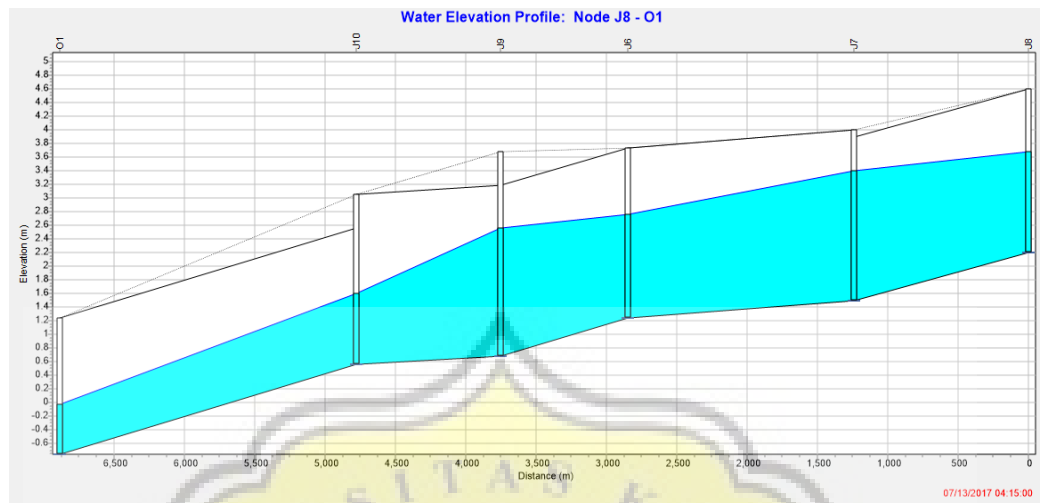
Gambar 4. 102 Profil Muka Air Setelah Normalisasi Tanggul Laut Periode Ulang 5 Tahunan

Gambar 4.102 diatas merupakan profil muka air kondisi normalisasi dan dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* sampai *junction* (J1), periode ulang 5 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang sudah dapat menampung debit aliran sehingga tidak terjadi limpasan. Dari gambar dapat juga di lihat debit aliran maksimum aliran seperti *junction* 1 (J1) sebesar 19,12 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 19,12 m³/s, *junction* 2 (J2) sebesar 36,15 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 36,15 m³/s, *junction* 3 (J3) sebesar 55,53 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 55,53 m³/s, *junction* 4 (J4) sebesar 34,87 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 34,87 m³/s.



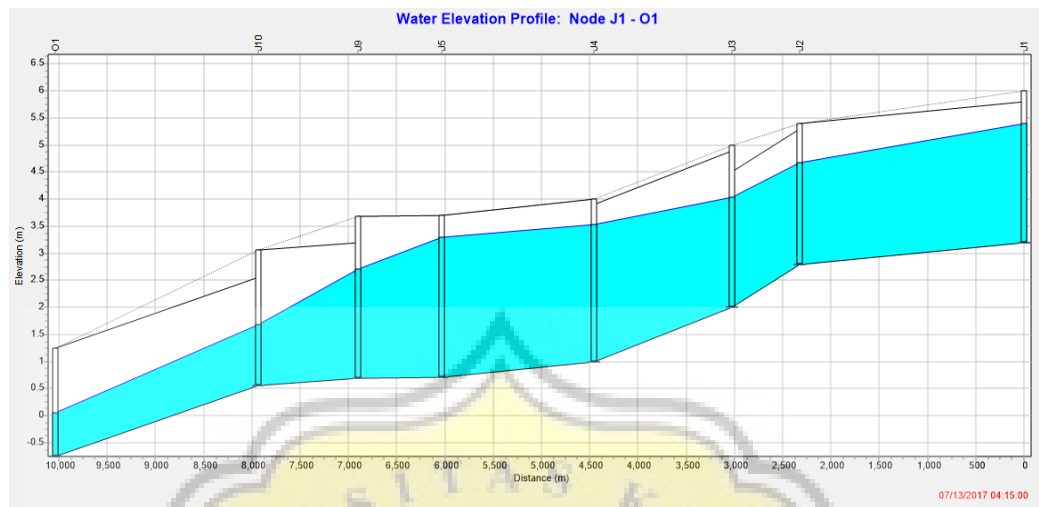
Gambar 4. 103 Profil Muka Air Dengan Pengaruh Tanggul Laut Periode Ulang 5 Tahunan

Gambar 4.103 diatas merupakan profil muka air kondisi normalisasi dan dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* sampai *junction* (J1), periode ulang 5 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang sudah dapat menampung debit aliran sehingga tidak terjadi limpasan. Dari gambar dapat juga di lihat debit aliran maksimum aliran seperti *junction* 5 (J5) sebesar 82,77 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 82,77 m³/s, *junction* 9 (J9) sebesar 113,73 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 113,73 m³/s, *junction* 10 (J10) sebesar 127,46 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 127,46 m³/s, *outfall* sebesar 135,98 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 135,98 m³/s.



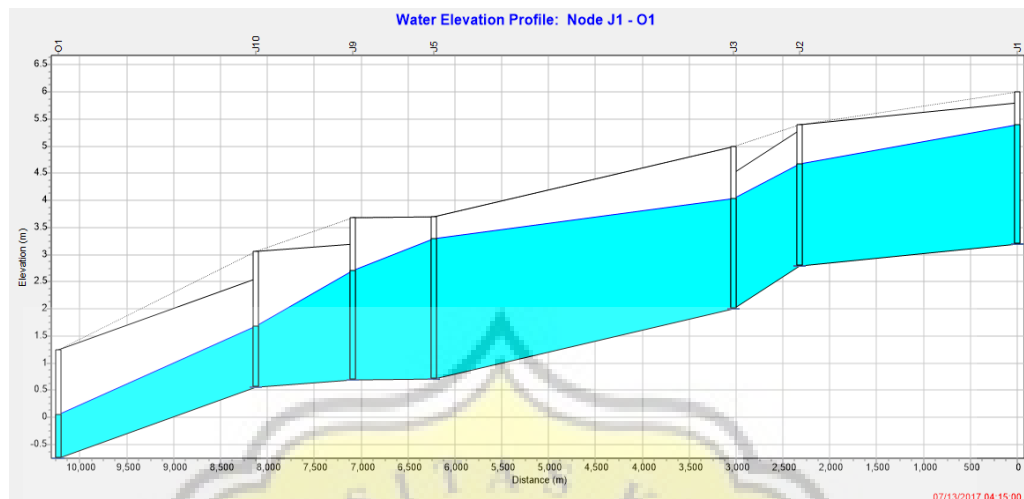
Gambar 4. 104 Profil Muka Air Dengan Pengaruh Tanggul Laut Periode Ulang 5 Tahunan

Gambar 4.104 diatas merupakan profil muka air kondisi normalisasi dan dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* sampai *junction* (J8), periode ulang 5 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang sudah dapat menampung debit aliran sehingga tidak terjadi limpasan. Dari gambar dapat juga di lihat beberapa debit aliran maksimum seperti *junction* 8 (J8) sebesar 8,61 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $8,61 \text{ m}^3/\text{s}$, *junction* 7 (J7) sebesar 24,76 CMS (*Cubic Meter Second*) atau $24,76 \text{ m}^3/\text{s}$.



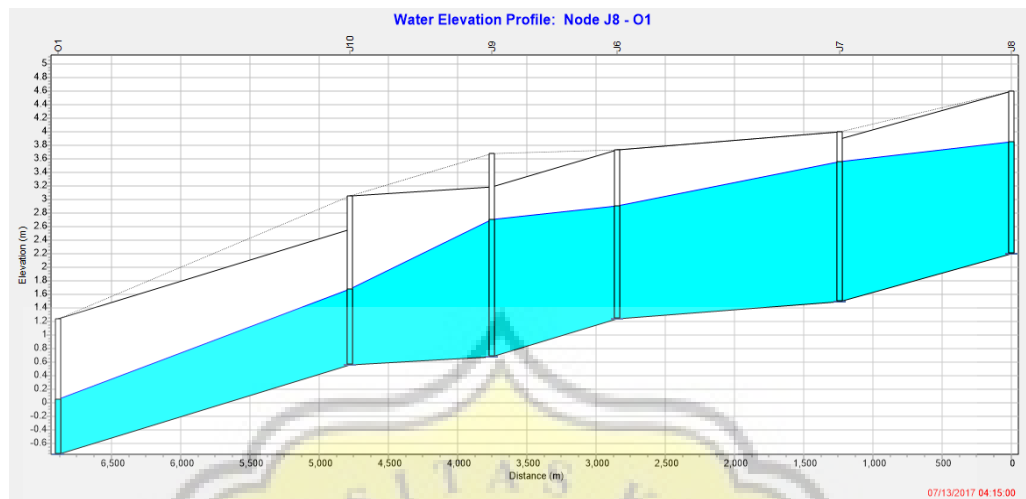
Gambar 4. 105 Profil Muka Air Setelah Normalisasi Tanggul Laut Periode Ulang 10 Tahunan

Gambar 4.105 diatas merupakan profil muka air kondisi normalisasi dan dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* sampai *junction* (J1), periode ulang 10 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang sudah dapat menampung debit aliran sehingga tidak terjadi limpasan. Dari gambar dapat juga di lihat debit aliran maksimum aliran seperti *junction* 1 (J1) sebesar 21,80 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 21,80 m³/s, *junction* 2 (J2) sebesar 41,62 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 41,62 m³/s, *junction* 3 (J3) sebesar 63,66 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 63,66 m³/s, *junction* 4 (J4) sebesar 40,04 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 40,04 m³/s.



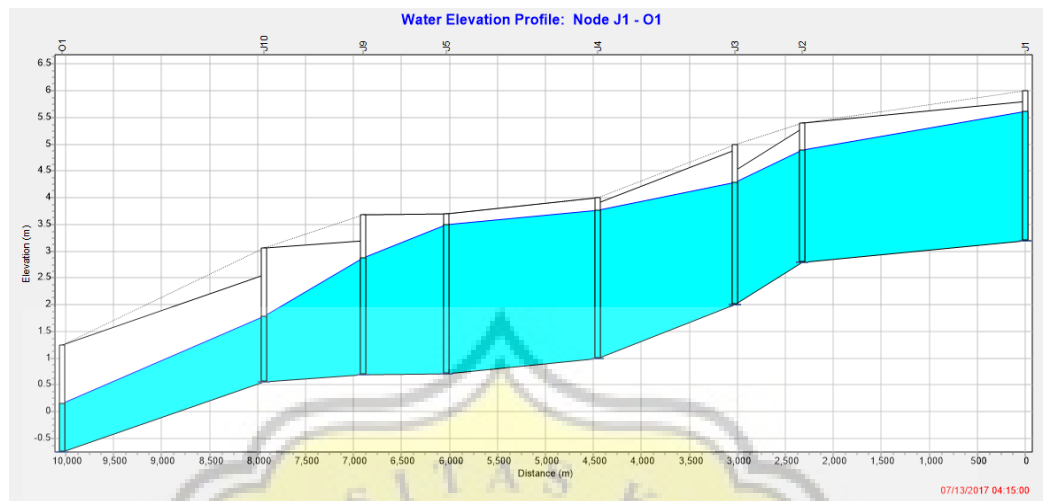
Gambar 4. 106 Profil Muka Air Dengan Pengaruh Tanggul Laut Periode Ulang 10 Tahunan

Gambar 4.106 diatas merupakan profil muka air kondisi normalisasi dan dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* sampai *junction* (J1), periode ulang 10 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang sudah dapat menampung debit aliran sehingga tidak terjadi limpasan. Dari gambar dapat juga di lihat debit aliran maksimum aliran seperti *junction* 5 (J5) sebesar 94,94 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 94,94 m³/s, *junction* 9 (J9) sebesar 131,02 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 131,02 m³/s, *junction* 10 (J10) sebesar 146,57 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 146,57 m³/s, *outfall* sebesar 155,42 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 155,42 m³/s.



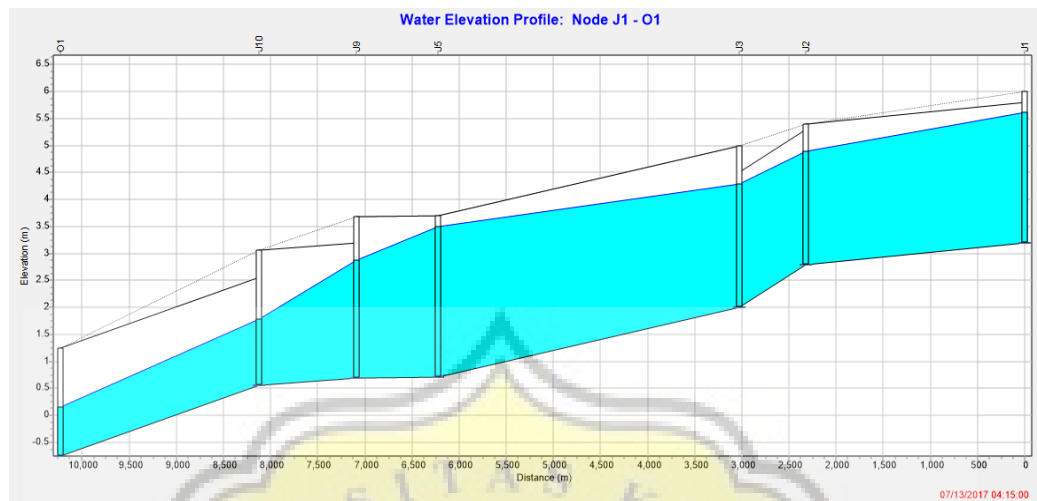
Gambar 4. 107 Profil Muka Air Dengan Pengaruh Tanggul Laut Periode Ulang 10 Tahunan

Gambar 4.107 diatas merupakan profil muka air kondisi normalisasi dan dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* sampai *junction* (J8), periode ulang 10 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang sudah dapat menampung debit aliran sehingga tidak terjadi limpasan. Dari gambar dapat juga di lihat beberapa debit aliran maksimum seperti *junction* 8 (J8) sebesar 9,93 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 9,93 m³/s, *junction* 7 (J7) sebesar 28,60 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 28,60 m³/s.



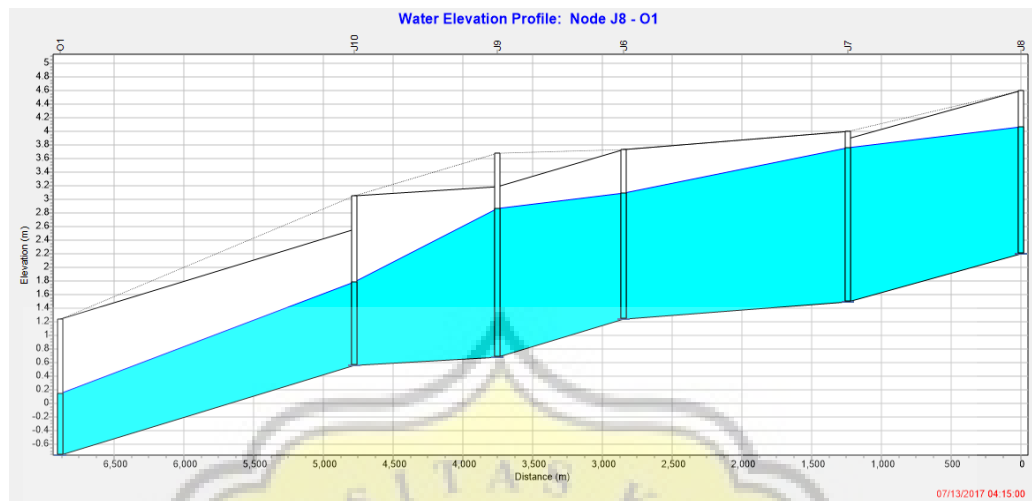
Gambar 4. 108 Profil Muka Air Setelah Normalisasi Tanggul Laut Periode Ulang 25 Tahunan

Gambar 4.108 diatas merupakan profil muka air kondisi normalisasi dan dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* sampai *junction* (J1), periode ulang 25 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang sudah dapat menampung debit aliran sehingga tidak terjadi limpasan. Dari gambar dapat juga di lihat debit aliran maksimum aliran seperti *junction* 1 (J1) sebesar 25,20 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 25,20 m³/s, *junction* 2 (J2) sebesar 48,61 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 48,61 m³/s, *junction* 3 (J3) sebesar 74,60 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 74,60 m³/s, *junction* 4 (J4) sebesar 46,65 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 46,65 m³/s.



Gambar 4. 109 Profil Muka Air Dengan Pengaruh Tanggul Laut Periode Ulang 25 Tahunan

Gambar 4.109 diatas merupakan profil muka air kondisi normalisasi dan dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* sampai *junction* (J1), periode ulang 25 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang sudah dapat menampung debit aliran sehingga tidak terjadi limpasan. Dari gambar dapat juga di lihat debit aliran maksimum aliran seperti *junction 5* (J5) sebesar 110,56 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 110,56 m³/s, *junction 9* (J9) sebesar 153,26 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 153,26 m³/s, *junction 10* (J10) sebesar 171,39 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 171,39 m³/s, *outfall* sebesar 181,60 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 181,60 m³/s.



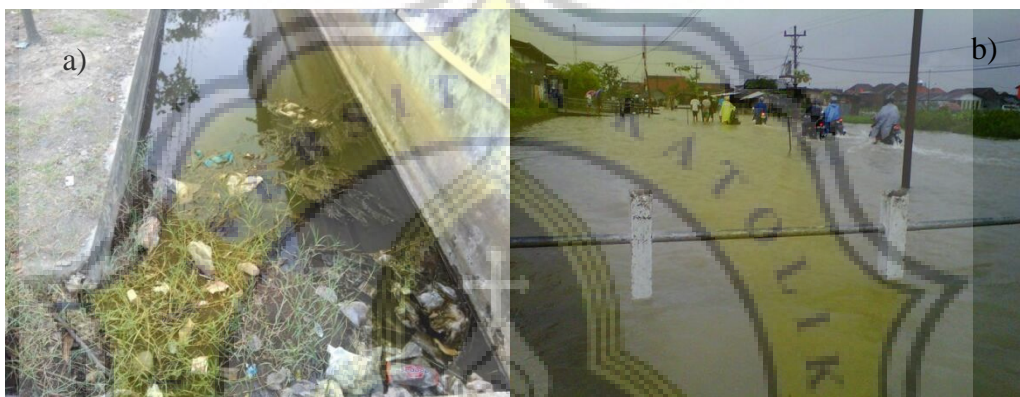
Gambar 4. 110 Profil Muka Air Dengan Pengaruh Tanggul Laut Periode Ulang 25 Tahunan

Gambar 4.110 diatas merupakan profil muka air kondisi normalisasi dan dengan adanya pengaruh tanggul laut dari *outfall* sampai *junction* (J8), periode ulang 25 tahunan. Dari gambar dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang sudah dapat menampung debit aliran sehingga tidak terjadi limpasan. Dari gambar dapat juga di lihat beberapa debit aliran maksimum seperti *junction* 8 (J8) sebesar 11,76 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 11,76 m³/s, *junction* 7 (J7) sebesar 33,53 CMS (*Cubic Meter Second*) atau 33,53 m³/s.

4.4 Kalibrasi Pemodelan EPA-SWMM

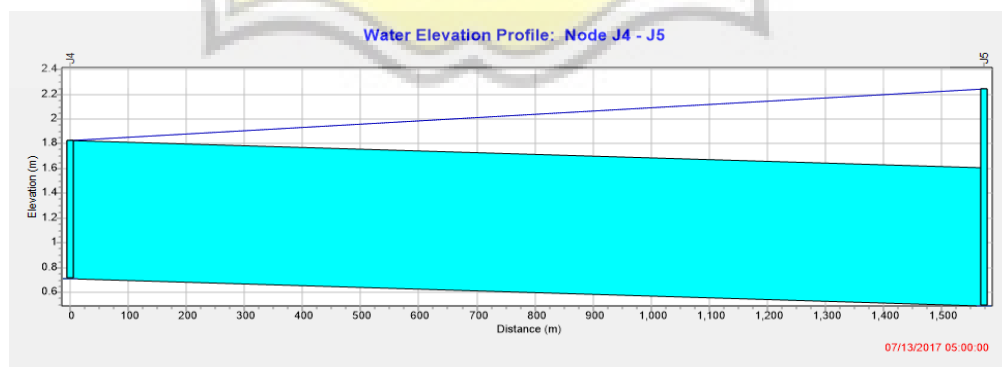
Proses kalibrasi ini harus dilakukan untuk menguji atau mengecek parameter-parameter pada pemodelan sudah sesuai dengan kondisi dilapangan atau tidak. Proses ini dilakukan setelah proses pemodelan kondisi eksisting sebelum ada tanggul laut. Sebelum dilakukan proses ini harus mencari informasi elevasi muka air banjir yang pernah terjadi dilapangan dan mencari elevasi muka air banjir pada pemodelan kondisi eksisting, karena proses ini membandingkan elevasi muka air banjir dilapangan dengan muka air banjir simulasi pada kondisi eksisting. saluran yang digunakan untuk proses kalibrasi adalah *conduit* 4 yang memiliki elevasi

muka air banjir tertinggi menurut hasil simulasi. Gambar 4.111 menggambarkan kondisi eksisting dilapangan saluran drainase di Jalan Gebang Anom Raya yang menunjukkan *conduit* 4 yang menghubungkan *junction* 4 dan *junction* 5 gambar 4.111 diabadikan tanggal 24 Juli 2017 kurang lebih pukul 15.30 WIB walaupun tidak terjadi hujan namun pada dinding rumah berada disamping saluran dapat terlihat bekas dari banjir yang ada dilapangan.



Gambar 4. 111 a) Kondisi Eksisting Sungai Sringin (*Conduit* 4), b) Pembuktian Muka Air Banjir di Lapangan

Gambar 4.112 dibawah ini adalah potongan memanjang saluran yang pemodelannya menggunakan EPA-SWMM pada *Conduit* 4 yang menggunakan periode ulang 2 tahunan dikarenakan daerah ini sering terjadi banjir sehingga menggunakan periode ulang 2 tahunan. Tabel 4.33 menunjukkan proses kalibrasi pada *conduit* 4.



Gambar 4. 112 Potongan Memanjang *Conduit* 4 periode ulang 2 tahunan



Tabel 4. 33 Kalibrasi Pemodelan EPA-SWMM

<i>Conduit</i>	Elevasi Muka Air Hasil Simulasi Pemodelan (m)	Elevasi Muka Air Banjir di Lapangan (m)	Error
<i>Conduit 4</i>	0.63	0.63	0.000

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Tabel 4.33 diatas menunjukkan perbandingan elevasi muka air banjir hasil simulasi pemodelan kondisi eksisting berada pada ketinggian 0.63 meter dan elevasi muka air banjir di lapangan berada ketinggian 0.63 meter. Perbandingan ini mempunyai angka eror yaitu 0. Angka eror didapatkan melalui perhitungan dibawah ini.

$$Error = \left| \frac{Elev.muka\ air\ hasil\ simulasi\ pemodelan - Elev.muka\ air\ banjir\ di\ lapangan}{Elev.muka\ air\ hasil\ simulasi\ pemodelan} \right|$$

$$Error = \left| \frac{0.6 - 0.6}{0.6} \right|$$

$$Error = 0$$

Dengan angka error 0 maka membuktikan bahwa parameter-parameter yang digunakan dalam pemodelan kondisi eksisting sesuai dengan kondisi yang ada dilapangan karena tidak ada selisih antara elevasi muka air banjir hasil simulasi pemodelan dengan elevasi muka air banjir dilapangan. Sehingga pemodelan kondisi eksisting sesudah ada tanggul laut dapat dilakukan.

4.5 Verifikasi pemodelan EPA-SWMM

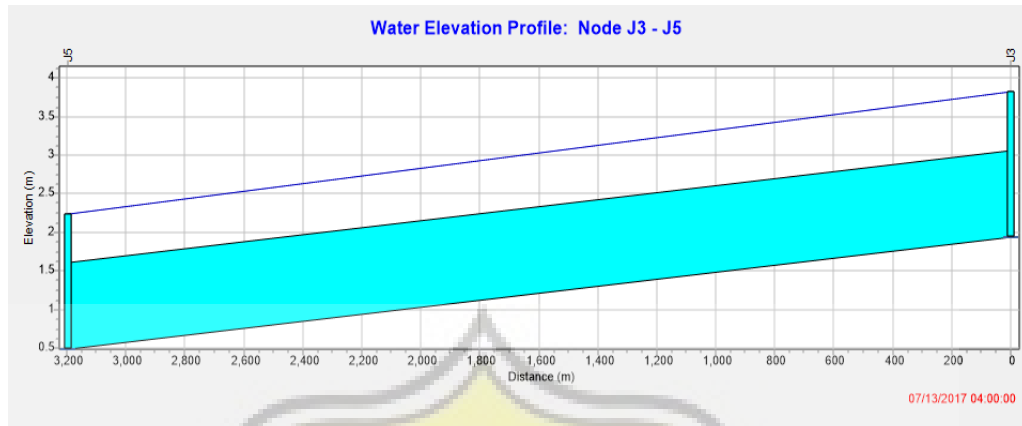
Proses verifikasi pemodelan ini sama seperti halnya kalibrasi namun proses ini membandingkan hal yang berbeda serta menguji lagi atau mengecek parameter-parameter yang sudah lolos proses kalibrasi pemodelan. Seharusnya proses ini membandingkan antara data aliran Sungai Sringin dengan elevasi muka air hasil simulasi pemodelan kondisi eksisting, tetapi karena tidak memiliki data aliran dari Sungai Sringin sehingga verifikasi pemodelan dilakukan sama seperti

proses kalibrasi pemodelan dengan membandingkan elevasi muka air banjir hasil simulasi pemodelan menggunakan EPA-SWMM dengan elevasi muka air banjir di lapangan. Perbedaan proses ini dengan proses kalibrasi pemodelan adalah tidak boleh menggunakan saluran yang sama dengan proses kalibrasi yang dibandingkan elevasi muka air banjirnya. Gambar 4.113 kondisi eksisting di Jalan Industri 3 atau *conduit 5* yang menghubungkan *junction 3* dan *junction 5* lewat kondisi lapangan bisa mendapatkan elevasi muka air banjir di lapangan yang akan dibandingkan dengan elevasi muka air banjir hasil simulasi pemodelan.



Gambar 4. 113 a) Kondisi Eksisting Sungai Sringin (*Conduit 5*), b) Pembuktian Muka Air Banjir di Lapangan

Gambar 4.114 dibawah ini adalah potongan memanjang saluran yang pemodelannya menggunakan EPA-SWMM pada *Conduit 5* yang menggunakan periode ulang 2 tahunan dikarenakan daerah ini sering terjadi banjir sehingga menggunakan periode ulang 2 tahunan. Tabel 4.34 menunjukkan proses kalibrasi pada *conduit 5*.



Gambar 4. 114 Potongan Memanjang *Conduit 4* periode ulang 2 tahunan

Tabel 4. 34 Verifikasi Pemodelan EPA-SWMM

<i>Conduit</i>	Elevasi Muka Air Hasil Simulasi Pemodelan (m)	Elevasi Muka Air Banjir di Lapangan (m)	Error
<i>Conduit 5</i>	0.63	0.64	0.016

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Tabel 4.34 diatas menunjukkan perbandingan elevasi muka air banjir hasil simulasi pemodelan kondisi eksisting berada pada ketinggian 0.63 meter dan elevasi muka air banjir di lapangan berada ketinggian 0.63 meter. Perbandingan ini mempunyai angka eror yaitu 0.016 atau 1.6%. Angka eror didapatkan melalui perhitungan dibawah ini.

$$Error = \left| \frac{Elev.muka\ air\ hasil\ simulasi\ pemodelan - Elev.muka\ air\ banjir\ di\ lapangan}{Elev.muka\ air\ hasil\ simulasi\ pemodelan} \right|$$

$$Error = \left| \frac{0.63 - 0.64}{0.63} \right|$$

$$Error = 0.016$$

Dengan angka error 0.016 atau 1.6% maka membuktikan bahwa parameter-parameter yang digunakan dalam pemodelan kondisi eksisting sesuai dengan



kondisi yang ada dilapangan karena error dari selisih antara elevasi muka air banjir hasil simulasi pemodelan dengan elevasi muka air banjir dilapangan kurang dari maksimum 4 %. Sehingga pemodelan kondisi eksisting sesudah ada tanggul laut dapat dilakukan.

4.6 Pembahasan

Tujuan dari penelitian ini yang menggunakan pemodelan EPA-SWMM akan dibahas dalam sub bab pembahasan ini. Tujuan dari pemodelan ini adalah mengetahui kondisi eksisting saluran drainase Sungai Sringin, mengetahui kapasitas saluran eksisting, pengaruh tanggul laut terhadap banjir di sistem drainase Sungai Sringin. Namun dalam pembahasan tujuan terakhir dibedakan menjadi 2 yaitu pengaruh tanggul laut tanpa adanya normalisasi dan dengan adanya normalisasi.

4.6.1 Kondisi Eksisting Sistem Drainase Sungai Sringin

Sungai Sringin Merupakan salah Satu Sungai di Kota Semarang dengan luas daerah aliran sungai $\pm 14 \text{ Km}^2$. Aliran Sungai Sringin melewati Rawa, Perumahan penduduk akses jalan raya, serta kawasan industri. Sungai Sringin berada pada daerah yang langsung terkena dampak pasan surut yang besar, sehingga sangat sering terjadi banjir dan rob di daerah alirannya. Tinggi banjir dan rob di beberapa titik mencapai 60 cm seperti di daerah Jalan Gebang Anom Raya. Jika dilihat kondisi eksistingnya, sungai sringin sebagian besar dinding sungai sudah terbuat dari plesteran namun juga ada yang masih alami terbuat dari tanah yang alirannya melewati rawa-rawa. Berdasarkan karakteristik sungai sringin, elevasi sungai berkisar antara 0,490 m sampai 4,230 m. kedalaman sungi berkisar antar (*Max. Depth*) dari hulu ke hilir setiap *junction* berkisar dari 0,566 m –2,410 m dengan lebar sungai (*bottom width*) berkisar antara 1 m sampai 62,93 m. Elevasi muara sungai (*outfall*) di laut adalah -0,754 m dari muka air laut rata-rata. Ada 3 macam bentuk penampang saluran di Sungai Sringin yaitu trapziodal (trapezium),



rect_open (rectangular open), dan ireegular (tidak beraturan) dengan panjang saluran berkisar antara 703,22 m sampai 2323,43 m.

4.6.2 Kapasitas Saluran Sungai Sringin dalam Kondisi Eksisting

Setelah kondisi eksisting dan karakteristik sungai Sringin pemodelan mulai dilakukan dengan menggunakan software EPA-SWMM. Pemodelan akan menghasilkan hidrograf aliran permukaan, hidrograf aliran tiap saluran serta profil tiap saluran. Melalui hidrograf aliran permukaan dan saluran maka dapat diketahui puncak tertinggi dan puncak terendah, berdasarkan hasil penelitian sebagian besar puncak tertinggi terjadi pada jam ke 4. Debit aliran tiap saluran juga dapat dilihat dari hidrograf alirannya. Selain itu run off tiap subcatchment juga dapat dilihat melalui hidrograf tersebut. Dalam profil aliran juga dapat dilihat aliran yang melimpas sehingga mengakibatkan banjir pada periode ulang tertentu mulai dari 2, 5, 10, dan 25 tahunan.

Tabel 4.35 berikut adalah tabel menunjukkan debit maksimum kondisi eksisting sebelum adanya tanggul laut dan pada tabel 4.35 merupakan sampel *conduit* yang mengalami *flooding* atau banjir dengan periode ulang 2 tahunan, 5 tahunan, 10 tahunan, dan 25 tahunan

Tabel 4. 35 *Max Flow* Kondisi Eksisting

Conduit	Max Flow Kondisi Eksisting (CMS)			
	R2	R5	R10	R25
C1	2,10	2,05	2,09	2,06
C3	1,73	1,73	1,73	1,73
C4	0,89	0,87	0,89	0,89
C5	8,13	8,13	8,13	8,13
C7	3,34	3,33	3,51	3,34
C8	7,37	7,39	7,39	7,41

Sumber: Hasil Analisis, 2017



Tabel 4.35 diatas menunjukkan debit aliran saluran pada setiap periode ulangnya ada yang mengalami kenaikan pada periode ulang 2 tahunan ke 5 tahunan namun turun pada periode ulang 25 tahunan yang terjadi pada *conduit* 1, *conduit* 8. Tetapi ada mengalami peningkatan debit maksimum pada setiap periode ulangnya seperti *conduit* 11. Serta ada juga yang tidak mengalami kenaikan sama sekali setiap periode ulangnya seperti *conduit* 3, *conduit* 5.

Tabel 4.36 berikut adalah tabel menunjukkan debit maksimum kondisi eksisting sebelum adanya tanggul laut dan pada tabel 4.36 merupakan sampel *junction* yang mengalami *flooding* atau banjir dengan periode ulang 2 tahunan, 5 tahunan, 10 tahunan, dan 25 tahunan

Tabel 4. 36 Maksimum Total Inflow Kondisi Eksisting

Node	Max Total Inflow Kondisi Eksisting(CMS)			
	R2	R5	R10	R25
J1	15,11	19.12	21.80	25,20
J3	30,41	38,89	44,80	52,31
J4	16,76	20,40	22,83	25,91
J5	18,29	21,15	23.08	25,55
J7	18,65	22.28	25.15	28,95
J8	6.78	8,61	9.93	11,76

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Tabel 4.36 diatas menunjukkan debit aliran masuk pada *junction*, semua *junction* mengalami kenaikan pada setiap periode ulangnya seperti mulai dari *junction* 1 sampai *outfall* 1.



4.6.3 Pengaruh Tanggul Laut Terhadap Banjir di Sistem Drainase Sungai Sringin

Setelah kondisi eksisting dan karakteristik sungai Sringin pemodelan mulai dilakukan dengan menggunakan software EPA-SWMM. Pemodelan akan menghasilkan hidrograf aliran permukaan, hidrograf aliran tiap saluran serta profil tiap saluran. Melalui hidrograf aliran permukaan dan saluran maka dapat diketahui puncak tertinggi dan puncak terendah, berdasarkan hasil penelitian bagian besar puncak tertinggi terjadi pada jam ke 4. Debit aliran tiap saluran juga dapat dilihat dari hidrograf alirannya. Selain itu run off tiap subcatchment juga dapat dilihat melalui hidrograf tersebut. Dalam profil aliran juga dapat dilihat aliran yang melimpas sehingga mengakibatkan banjir pada periode ulang tertentu mulai dari 2, 5, 10, dan 25 tahunan.

Tabel 4.37 dan tabel 4.38 berikut adalah tabel perbandingan Max Flow pada beberapa conduit dan Maksimum Total Flow pada beberapa node/junction pada kondisi eksisting dengan kondisi setelah ada tanggul laut.

Tabel 4. 37 Perbandingan *Max Flow* Kondisi Eksisting dengan Kondisi Pengaruh Tanggul Laut

Conduit	Max Flow Kondisi Eksisting (CMS)				Max Flow Kondisi Setelah Ada Tanggul Laut (CMS)			
	R2	R5	R10	R25	R2	R5	R10	R25
C1	2,10	2,05	2,09	2,06	2,10	2,05	2,09	2,06
C3	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73
C4	0,89	0,87	0,89	0,89	0,89	0,87	0,89	0,89
C5	8,13	8,13	8,13	8,13	8,13	8,13	8,13	8,13
C7	3,34	3,33	3,51	3,34	3,34	3,33	3,51	3,34
C8	7,37	7,39	7,39	7,41	7,37	7,39	7,39	7,41

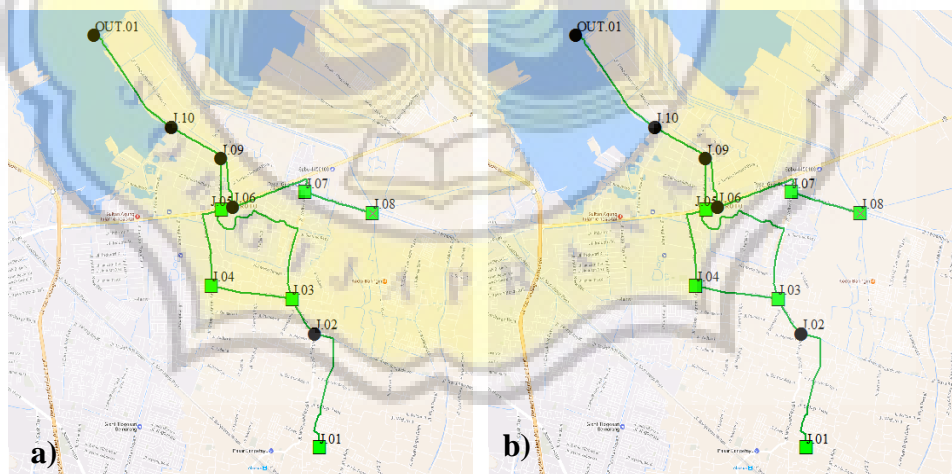
Sumber: Hasil Analisis, 2017

Tabel 4. 38 Perbandingan *Maksimum Total Inflow* Kondisi Eksisting dengan Kondisi Pengaruh Tanggul Laut

Node	Max Total Inflow Kondisi Eksisting (CMS)				Max Total Inflow Kondisi Setelah Ada Tanggul Laut (CMS)			
	R2	R5	R10	R25	R2	R5	R10	R25
J1	15,11	19,12	21,80	25,20	15,11	19,12	21,80	25,20
J3	30,41	38,89	44,80	52,31	30,41	38,89	44,80	52,31
J4	16,76	20,40	22,83	25,91	16,76	20,40	22,83	25,91
J5	18,29	21,15	23,08	25,55	18,29	21,15	23,08	25,55
J7	18,65	22,28	25,15	28,95	18,65	22,28	25,15	28,95
J8	6,78	8,61	9,93	11,76	6,78	8,61	9,93	11,76

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Karena hasil dari pemodelan antara kondisi eksisting dengan kondisi eksisting yang dipengaruhi tanggul laut masih tetap terjadi banjir (flooding) maka dilakukan normalisasi sungai. Berikut adalah gambar 4.115 letak flooding pada pemodelan.



Gambar 4. 115 Perbandingan *Junction* yang Mengalami Banjir a) Kondisi Eksisting Sebelum ada Tanggul Laut, b) Kondisi Eksisting Setelah ada Tanggul Laut

- = *Junction* yang tidak mengalami banjir
- = *Junction* yang mengalami banjir



Melalui Gambar 4.115 dapat dilihat letak *junction* yang mengalami banjir dan tidak banjir pada kondisi eksisting sebelum ada tanggul laut dan setelah ada tanggul laut tidak mengalami perubahan sama sekali yang terlihat pada Gambar 4.115

Dari Tabel 4.38 dapat dilihat bahwa tidak ada perubahan yang signifikan sehingga pada node tersebut masih terjadi banjir, maka salah satu upaya terakhir yaitu normalisasi sungai dengan di tambah juga tanggul laut. Sebelum direncanakan dimensi sungai Sringin yang sesuai maka dilakukan verifikasi dan kalibrasi untuk mengetahui nilai parameter yang digunakan sudah sesuai atau belum. Pada proses verifikasi dan kalibrasi, diperoleh nilai error 1.6% pada proses verifikasi dan 0 % pada proses kalibrasi saat membandingkan elevasi sungai hasil simulasi dengan elevasi muka banjir di lapangan. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi eksisting dapat digunakan dalam pemodelan kondisi rencana awal hingga rencana akhir.

Dimensi sungai yang direncanakan menggunakan periode ulang 25 tahunan karena didaerah tersebut sering terjadi banjir dan rob yang cukup tinggi. Dimensi sungai harus dapat menerima debit, debit aliran maksimum kondisi eksisting dapat dikatakan sangat jauh dari harapan untuk dapat menampung debit yang ada. Maka dari itu dilakukan pemodelan dengan membuat tanggul laut. Dalam pemodelan yang berbeda adalah batas hilir yang di ubah dari pasang surut menjadi *free outfall*. Namun kondisinya tidak jauh berbeda dan tetap terjadi banjir. Sehingga langkah terakhir untuk mengatasinya adalah normalisasi hingga tidak akan terjadi banjir dalam pemodelan.



Tabel 4. 39 Perbandingan *Max Flow* Antara Kondisi Eksisting, Kondisi Pengaruh Tanggul Laut, dan Normalisasi

Conduit	Max Flow Kondisi Eksisting (CMS)				Max Flow Kondisi Setelah Ada Tanggul Laut (CMS)				Max Flow Kondisi Setelah Normalisasi (CMS)			
	R2	R5	R10	R25	R2	R5	R10	R25	R2	R5	R10	R25
C1	2,10	2,05	2,09	2,06	2,10	2,05	2,09	2,06	14,32	18,27	20,89	24,22
C3	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	14,80	18,86	21,64	25,10
C4	0,89	0,87	0,89	0,89	0,89	0,87	0,89	0,89	26,74	34,15	38,90	45,10
C5	8,13	8,13	8,13	8,13	8,13	8,13	8,13	8,13	28,03	36,42	42,13	49,40
C7	3,34	3,33	3,51	3,34	3,34	3,33	3,51	3,34	18,85	24,33	27,88	32,48
C8	7,37	7,39	7,39	7,41	7,37	7,39	7,39	7,41	64,50	82,30	94,34	110,63

Sumber: Hasil Analisis, 2017



Tabel 4. 40 Perbandingan *Maksimum Total Inflow* Antara Kondisi Eksisting, Kondisi Pengaruh Tanggul Laut, dan Normalisasi

Node	Max Total Inflow Kondisi Eksisting (CMS)				Max Total Inflow Kondisi Setelah Ada Tanggul Laut (CMS)				Max Total Inflow Kondisi Setelah Normalisasi (CMS)			
	R2	R5	R10	R25	R2	R5	R10	R25	R2	R5	R10	R25
J1	15,11	19,12	21,80	25,20	15,11	19,12	21,80	25,20	15,11	19,12	21,80	25,20
J3	30,41	38,89	44,80	52,31	30,41	38,89	44,80	52,31	43,51	55,53	63,66	74,60
J4	16,76	20,40	22,83	25,91	16,76	20,40	22,83	25,91	27,55	34,87	40,04	46,65
J5	18,29	21,15	23,08	25,55	18,29	21,15	23,08	25,55	64,19	82,77	94,94	110,56
J7	18,65	22,28	25,15	28,95	18,65	22,28	25,15	28,95	19,12	24,76	28,60	33,53
J8	6,78	8,61	9,93	11,76	6,78	8,61	9,93	11,76	6,78	8,61	9,93	11,76

Sumber: Hasil Analisis, 2017