

**EVALUASI SALURAN DRAINASE AUDITORIUM, CH, REKTORAT, PERPUSTAKAAN DAN
GEDUNG PERKULIAHAN UNIVERSITAS ANDALAS MENGGUNAKAN *SOFTWARE EPA-SWMM*
v5.1 (*STORM WATER MANAGEMENT MODEL*)**

***EVALUATION OF DRAINAGE CHANNELS AT THE AUDITORIUM, CH, REKTORATE, LIBRARY,
AND LECTURE BUILDINGS OF ANDALAS UNIVERSITY USING EPA-SWMM v5.1 (STORM WATER
MANAGEMENT MODEL)***

**Verryn Aisha Uzhelia^{*1}, Ahmad Junaidi², Februarman³, Vero Gusri Vernando⁴, Ronny Eka Putra⁵,
Lidiya Annisa⁶**

^{1,5,6}Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang

^{2,3,4}Dosen, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

Korespondensi: verrynuzhelia@gmail.com

ABSTRAK

Universitas Andalas berada di Provinsi Sumatera Barat tepatnya di Kota Padang dan memiliki gedung perkuliahan, auditorium, convention hall, serta fasilitas lainnya. Universitas Andalas memiliki siklus hujan yang berbeda dari daerah sekitarnya karena berada di daerah yang tinggi, sehingga perlu diperhatikan kondisi saluran drainase eksisting agar tidak terjadi banjir dan genangan air saat musim hujan. Penelitian ini menggunakan EPA Storm Water Management Model untuk mengevaluasi saluran drainase eksisting. Metode yang digunakan adalah metode aritmatik dengan data curah hujan selama 20 tahun dari Stasiun Batu Busuk dan Ladang Padi. Distribusi yang digunakan adalah distribusi normal dengan uji kecocokan Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov. Hasil observasi menunjukkan adanya saluran tertutup tanaman, dimensi saluran tidak simetris, dan saluran yang tidak berfungsi dengan baik. Area penelitian seluas 20 Ha terdiri dari 10 subcatchment, 31 junction, 30 conduit, dan 2 outfall. Hasil simulasi menunjukkan terdapat limpasan pada junction J13, namun setelah evaluasi dimensi saluran dilakukan, limpasan pada titik tersebut tidak lagi terjadi.

Kata Kunci: Evaluasi, Limpasan, Sistem Drainase, *Software EPA-SWMM v5.1*

ABSTRACT

Universitas Andalas is located in West Sumatra Province, precisely in Padang City, and has lecture buildings, an auditorium, a convention hall, and other facilities. Universitas Andalas has a different rainfall cycle compared to surrounding areas because it is located in a highland area. Therefore, the existing drainage system needs special attention to prevent flooding and water ponding during the rainy season. This study uses EPA Storm Water Management Model to evaluate the existing drainage channels. The method used is the arithmetic method with 20 years of rainfall data obtained from Batu Busuk and Ladang Padi stations. The rainfall distribution used is the normal distribution with Chi-Square and Smirnov-Kolmogorov goodness-of-fit tests. Field observations showed drainage channels covered by vegetation, asymmetric channel dimensions, and channels that no longer function properly. The study area covers 20 hectares, consisting of 10 subcatchments, 31 junctions, 30 conduits, and 2 outfalls. Simulation results indicated overflow at junction J13; however, after evaluating and improving the channel dimensions, no overflow occurred at that point.

Keywords: Drainage System, Evaluation, EPA-SWMM v5.1 Software, Runoff

PENDAHULUAN

Universitas merupakan institusi pendidikan tinggi yang terdiri atas berbagai fakultas dan menyelenggarakan pendidikan akademik maupun profesional dalam berbagai bidang ilmu. Sebagai tempat berlangsungnya kegiatan pendidikan, universitas perlu menyediakan fasilitas yang mampu memberikan kenyamanan bagi mahasiswa serta seluruh civitas akademika. Salah satu fasilitas penting yang harus diperhatikan adalah sistem drainase. Sistem drainase berfungsi untuk mengalirkan air hujan agar tidak menimbulkan genangan, terutama pada saat musim hujan. Apabila sistem drainase di lingkungan kampus tidak direncanakan dengan baik, maka potensi terjadinya banjir akan semakin besar. Di era perkembangan infrastruktur yang semakin pesat saat ini, pembangunan sering kali lebih difokuskan pada sarana fisik, sementara permasalahan drainase kurang mendapat perhatian utama. Padahal, sistem drainase yang baik perlu dirancang sejalan dengan pembangunan infrastruktur agar keseimbangan antara aliran permukaan (runoff) dan daerah resapan (infiltrasi) tetap terjaga.

Universitas Andalas merupakan salah satu perguruan tinggi terbaik di Provinsi Sumatera Barat yang berlokasi di Padang. Universitas ini memiliki berbagai fasilitas pendukung kegiatan akademik, seperti gedung perkuliahan, auditorium, dan convention hall. Kondisi curah hujan di lingkungan Universitas Andalas memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan daerah sekitarnya karena lokasinya berada pada kawasan dengan elevasi yang relatif tinggi. Oleh karena itu, kondisi saluran drainase eksisting, khususnya di area gedung perkuliahan, auditorium, convention hall, dan sekitarnya, perlu mendapat perhatian agar mampu mengalirkan air hujan dengan baik sehingga dapat mencegah terjadinya banjir maupun genangan saat musim hujan.

Untuk menganalisa saluran drainase eksisting tersebut digunakan *Software EPA-SWMM v.51* sebagai alat bantu untuk melakukan evaluasi saluran drainase dan menganalisa data tersebut. Tujuan dari penelitian ini, yaitu untuk mengidentifikasi kondisi saluran drainase pada kawasan auditorium, convention hall (CH), rektorat, perpustakaan, dan gedung perkuliahan Universitas Andalas. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besarnya limpasan yang terjadi serta kesesuaiannya dengan kapasitas jaringan drainase yang ada. Selanjutnya, penelitian ini juga bertujuan untuk mensimulasikan kinerja jaringan drainase eksisting menggunakan

software EPA Storm Water Management Model (SWMM) versi 5.1.

Lokasi penelitian terletak di Gedung auditorium, CH, rektorat, perpustakaan dan Gedung perkuliahan Universitas Andalas, Kecamatan Pauh, Kota Padang. Dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Lokasi Penelitian
Sumber : *Google Earth Pro* Tahun 2021

TINJAUAN PUSTAKA

Analisa Frekuensi Curah Hujan

Analisa data hujan ditujukan untuk mendapatkan besaran curah hujan, pada saat perhitungan curah hujan diperlukan penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendali banjir.

Metoda yang digunakan dalam analisa frekuensi curah hujan adalah :

Metoda rata-rata aritmatik (aljabar)

$$\bar{R} = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad (1)$$

Keterangan:

$\bar{R}$ = Curah hujan rata-rata rendah

N = Jumlah titik atau pos pengamatan

$R_1, R_2, \dots, R_n$ = Curah hujan tiap titik pengamatan

Perhitungan Debit Rencana

Pada perencanaan drainase diperlukan analisa data hidrolika yang dapat ditinjau yaitu :

1. Membutuhkan data kecepatan maksimum satu aliran tidak boleh melebihi kecepatan maksimum yang diizinkan agar tidak menimbulkan kerusakan penampang.
2. Untuk mengatasi daya mengendap dan tumbuhnya tanaman di kawasan tersebut diperlukan kecepatan minimum aliran dan tidak boleh melebihi dari kecepatan minimum yang diizinkan.

3. Pada pemilihan penampang saluran bisa terdiri dari segiempat, segitiga lingkaran, trapesium atau gabungan.
4. Untuk mengatasi pemeliharaan saluran diperlukan bentuk saluran yang terdiri dari saluran kecil dan saluran besar (berbentuk majemuk)
5. Untuk pengaliran air dari jalan ke saluran drainase agar lancar, diperlukan lubang dengan data ukuran atau jarak maupun bentuk dan perletakannya

Kecepatan Maximum yang Diizinkan

Kecepatan minimum yang diizinkan merupakan kecepatan paling kecil dan tidak mengakibatkan pengendapan lalu tidak memancing tumbuhnya tanaman disekitar saluran seperti lumut. Batas kecepatan yang dipakai $\pm 0,60 - 0,90$ m/detik, batas ini merupakan aman terhadap lumut karena aliran air kecil. Pada batas kecepatan $0,75$ m/detik, dengan daya angkut saluran kecil karena batas ini dapat menghambat pertumbuhan tumbuhan.

Kemiringan Saluran

Kemiringan saluran adalah kemiringan berasal di dinding dan juga kemiringan dari dasar saluran, beserta kondisi topografi yang juga mempengaruhi kemiringan saluran.

Kapasitas Saluran

Dalam menghitung kapasitas saluran penelitian digunakan rumus Manning :

$$R = \frac{A}{P} \quad (2)$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

Keterangan :

Q	= kapasitas saluran	(m ³ /dtk)
n	= koefisien kekasaran Manning	
R	= jari-jari hidrolis saluran	(m)
S	= kemiringan dasar saluran	
A	= luas basah	(m ²)
V	= kecepatan aliran rata-rata	(m/dtk)
P	= Penampang basah	(m)

Koefisien Kekasaran Manning

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap koefisien Manning adalah :

- a. Kekasaran permukaan

- b. Ketidakteraturan saluran
- c. Pengendapan pengerusan
- d. Taraf air dan debit

Penampang Hidrolis Terbaik

Pada buku Hidraulika II, pada debit aliran tertentu, luas tampang lintang saluran akan minimum apabila saluran mempunyai nilai jari-jari hidrolis maksimum atau nilai keliling basah penampang minimum. Ini juga disebut sebagai saluran efisien atau ekonomis untuk luas tampang tertentu.

Tinggi Jagaan

Pada buku Hidraulika, tinggi jagaan ini digunakan sebagai antisipasi naiknya muka air pada suatu saluran akibat adanya gelombang, perubahan aliran dimana data secara tiba-tiba, sedimentasi dan perubahan kekasaran saluran.

EPA-SWMM v5.1

EPA SWMM v5.1 (*Environmental Protection Agency Storm Water Management Model version 5.1*) adalah ofware yang didesain untuk membuat model simulasi hujan-runoff dinamik. Software ini mampu mensimulasikan pengaruh hujan-runoff dari suatu wilayah pada *system drainasenya* untuk jangka panjang sekaligus memiliki fasilitas alternatif untuk mengantisipasi masalah banjir.

Persamaan yang mendasar digunakan dalam software ini adalah persamaan differensial terdiri dari 2 variasi :

Persamaan Saint Venant

Persamaan yang ditujukan untuk *unsteady flow* dengan rumus ;

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (5)$$

Persamaan Kontinuitas

Persamaan yang menghitung tinggi energy (H) untuk *node* yang ada, dengan rumus :

$$H_{t+\Delta t} = H_t + \sum Q_t \Delta t / A_{St} \quad (6)$$

Persamaan Momentum

Persamaan yang berlandaskan dengan pilihan yang sesuai atas variabel yang ada. Persamaan ini menghitung besarnya arus yang ada dalam *conduit*,

dengan rumus :

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = gA \frac{\partial H}{\partial x} + gASf \frac{\partial (Q^2/A)}{\partial x} \quad (7)$$

METODE

Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan agar mendapatkan informasi mengenai konsep, prosedur, dan hal lainnya yang berhubungan dengan permasalahan yang akan diteliti. Dalam studi pustaka ini, penulis mengumpulkan informasi bisa berupa buku-buku tentang aspek tersebut, publikasi media sosial, jurnal dan karya ilmiah atau laporan penelitian yang berkaitan dengan permasalahan tersebut.

Survey Lapangan

Survei ini dilakukan untuk mengetahui kondisi asli di lapangan terkait objek penelitian.

Pengumpulan Data

Data dan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang diperlukan adalah data primer berupa data dimensi saluran serta data elevasi saluran drainase
2. data sekunder berupa data curah hujan harian pada stasiun Batu Busuk dan Stasiun Ladang Padi (20 tahun).

Alat :

1. *Software EPA Storm Water Management Model v5.1*
2. *Software Microsoft Excel*

Pengolahan Data

Setelah data-data yang akan diteliti telah didapatkan selanjutnya perlu menganalisis, yaitu data analisa frekuensi (perhitungan intensitas hujan, data curah hujan untuk menghitung limpasan yang terjadi di daerah tersebut. Penentuan daerah yang dilalui air hujan (*pervious*) dan yang tidak bisa dilalui air hujan (*impervious*). Dalam menentukan hal tersebut perlu mengamati daerah tangkapan air hujan pada kawasan tersebut,

Analisa Data Permodelan EPA SWMM 5.1

Analisa ini dapat dilakukan permodelan data-data drainase pada daerah tersebut menggunakan *Software* EPA SWMM 5.1 sesuai kondisi lapangan. Lalu memasukkan data debit yang direncanakan dengan menggunakan rumus manning. Ketika data-data telah diinputkan maka analisa menggunakan permodelan *Software* EPA SWMM 5.1 dapat digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Daerah Fakultas Teknik

Penelitian ini dilakukan di Universitas Andalas khususnya auditorium, CH, rektorat, perpustakaan dan Gedung perkuliahan dengan luas area penelitian ± 20 Ha (*Google Earth*).



Gambar 2 Kondisi Drainase Yang Tertutup Tanaman
Sumber : Foto Observasi Tahun 2021

Ketika observasi dilapangan terdapat beberapa saluran drainase yang tidak lagi berfungsi dengan baik, ini dikarenakan masih banyaknya saluran drainase yang masih tertutupi oleh tanaman (**Gambar 2**) seperti rumput, tertutup oleh tanah dan drainase tidak diselesaikan dengan baik, banyak juga terdapat saluran drainase yang perencanaan nya tidak benar sehingga drainase tersebut tidak berfungsi dengan semestinya. Pada kawasan penelitian ini terdapat 2 outfall yang langsung terhubung dengan saluran primer.

Analisa Curah Hujan Rencana

Penelitian ini dibutuhkan data curah hujan dari dua stasiun terdekat yaitu stasiun Batu Busuk dan stasiun Ladang Padi. Dari stasiun ini dibutuhkan 20 tahun data curah hujan. Dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Data Curah Hujan

No.	Tahun	R (Ladang Padi)	R (Batu Busuk)
		(mm)	(mm)
1	2000	116	221
2	2001	110	258
3	2002	110	145
4	2003	105	155
5	2004	95	155
6	2005	96	193
7	2006	155	155
8	2007	75	175
9	2008	80	155
10	2009	145	87
11	2010	109	56
12	2011	118	115
13	2012	117	145
14	2013	125	169
15	2014	125	133
16	2015	76	191
17	2016	118	199
18	2017	122	158
19	2018	192	142
20	2019	99	140

Sumber : Data Curah Hujan BWS-Sumatra V Tahun 2000 - 2019

Pada Pos stasiun hujan Batu Busuk ke lokasi penelitian adalah 0,81 km dan jarak Pos stasiun hujan Ladang Padi ke lokasi penelitian adalah 7,94 km.

Analisa Frekuensi

Tabel 2 Pengujian Dispersi(penyebaran) Data Data Curah Hujan Maksimum Pos Stasiun Batu Busuk dan Ladang Padi Secara Manual

No.	Tahun	R (Aritmatik) (mm)	(R-R')	(R-R') ²	(R-R') ³	(R-R') ⁴
1	2000	168.5	32.63	1064.39	34725.74	1132927.40
2	2001	184	48.13	2316.02	111458.25	5363928.38
3	2002	127.5	-8.38	70.14	-587.43	4919.71
4	2003	130	-5.88	34.52	-202.78	1191.33
5	2004	125	-10.88	118.27	-1286.14	13986.76
6	2005	144.5	8.63	74.39	641.62	5533.97
7	2006	155	19.13	365.77	6995.27	133784.49
8	2007	125	-10.88	118.27	-1286.14	13986.76
9	2008	117.5	-18.38	337.64	-6204.15	114001.19
10	2009	116	-19.88	395.02	-7850.94	156037.34
11	2010	82.5	-53.38	2848.89	-152059.54	8116177.79
12	2011	116.5	-19.38	375.39	-7273.19	140918.12
13	2012	131	-4.88	23.77	-115.86	564.80
14	2013	147	11.13	123.77	1376.89	15317.93
15	2014	129	-6.88	47.27	-324.95	2234.04
16	2015	133.5	-2.38	5.64	-13.40	31.82
17	2016	158.5	22.63	511.89	11581.53	262032.01
18	2017	140	4.13	17.02	70.19	289.53
19	2018	167	31.13	968.77	30152.83	938506.84
20	2019	119.5	-16.38	268.14	-4390.80	71899.39
Total		2717.5	0	10084.94	15407.02	16488269.60
Rata-Rata (R')		135.875	a =	901.00	Jumlah Data (n)	20
Standar Deviasi (S)		23.03879737	Koefisien Kurtosis (Ck)		2.93	
Koefisien Skewness (Cs)		0.073678877	Koefisien Variasi (Cv)		0.17	

Data dari **Tabel 2** didapatkan :

Standar Deviasi (S) : 23,04
 Koefisien Keruncingan (Ck) : 2,93
 Koefisien *Skewness* (Cs) : 0,07
 Koefisien Variasi (Cv) : 0,17

Tabel 3 Pengujian Penentuan Jenis Distribusi Data Curah Hujan Maksimum Pos Stasiun Batu Busuk dan Ladang Padi Secara Manual

Persyaratan Distribusi			
No	Jenis Distribusi	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Distribusi Normal	2.93	Memenuhi
2	Distribusi Log-Normal	0.07	Tidak Memenuhi
3	Distribusi Gumbel	0.17	Tidak Memenuhi
4	Distribusi Log-Person Tipe III	0.17	Memenuhi

Distribusi Normal

Pengolahan data **Tabel 4** merupakan hasil pengolahan menggunakan metode distribusi normal dengan menggunakan *Microsoft Excel* sebagai berikut :

Tabel 4 Perhitungan Manual Distribusi Normal Data Curah Hujan Maksimum

Periode Ulang (T)	R' (mm)	K _T	S _x	Curah Hujan Rencana
2	135.875	0.000	23.039	135.875
5	135.875	0.840	23.039	155.228
10	135.875	1.280	23.039	165.365
20	135.875	1.640	23.039	173.659

Distribusi Log Pearson Type III

Pengolahan data **Tabel 5** merupakan hasil pengolahan menggunakan metode distribusi Log Pearson Type III dengan menggunakan *excel* sebagai berikut :

Tabel 5 Perhitungan Manual Distribusi Log Pearson Type III Data Curah Hujan Maksimum

Periode Ulang T	Log R _r	S Log R	K _r	Log R _t	Curah Hujan Rencana
2	2.127	0.076	-0.003	2.127	133.881
5	2.127	0.076	0.857	2.192	155.753
10	2.127	0.076	1.302	2.226	168.440
20	2.127	0.076	1.613	2.250	177.904

Uji Kecocokan

Metoda Chi-Square

Tabel 6 Perhitungan Manual Uji Kecocokan Chi-Square

No	Nilai Batas Tiap kelas			Jumlah data	Jumlah nilai teoritis	OF-E	(OF-E) ²	(OF-E) ² /E
				(Of)	(E)			
1	72.350	< x <	92.650	1	3.33	-2.3333	5.444	1.633
2	92.650	< x <	112.950	0	3.33	-3.3333	11.111	3.333
3	112.950	< x <	133.250	10	3.33	6.6667	44.444	13.333
4	133.250	< x <	153.550	4	3.33	0.6667	0.444	0.133
5	153.550	< x <	173.850	4	3.33	0.6667	0.444	0.133
6	173.850	< x <	194.150	1	3.33	-2.3333	5.444	1.633
Jumlah				20	20.00	0.00	67.333	20.2

Dari perhitungan menggunakan metoda *Chi-Square* secara manual di *Microsoft Excel* untuk uji kecocokan data distribusi untuk *Log Pearson Type III*, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 7 Syarat Uji Metode Chi-Square

χ^2	<	χ^2_{cr}
1.633	<	7.815
Memenuhi		

Dari **Tabel 7** kita simpulkan bahwa pengujian uji kecocokan data distribusi dengan metoda distribusi Normal dapat digunakan karena metoda *Chi-Square* memenuhi persyaratan.

Metoda Smirnov Kolmogorov

Pengolahan pengujian kecocokan dengan metoda Smirnov Kolmogorov menggunakan *Microsoft Excel* maka diperoleh data pada table dibawah ini :

Tabel 8 Perhitungan manual Uji Kecocokan Metode Smirnov Kolmogrof

Metode Smirnov Kolmogorov								
No.	R	M	P(x)	P(x<)	f(t)	P'(x)	P'(x<)	D
1	184	1	0.048	0.952	2.328	0.053	0.947	0.005
2	168.5	2	0.095	0.905	1.656	0.105	0.895	0.010
3	167	3	0.143	0.857	1.590	0.158	0.842	0.015
4	158.5	4	0.190	0.810	1.222	0.211	0.789	0.020
5	155	5	0.238	0.762	1.070	0.263	0.737	0.025
6	147	6	0.286	0.714	0.722	0.316	0.684	0.030
7	144.5	7	0.333	0.667	0.614	0.368	0.632	0.035
8	140	8	0.381	0.619	0.419	0.421	0.579	0.040
9	133.5	9	0.429	0.571	0.136	0.474	0.526	0.045
10	131	10	0.476	0.524	0.028	0.526	0.474	0.050
11	130	11	0.524	0.476	-0.016	0.579	0.421	0.055
12	129	12	0.571	0.429	-0.059	0.632	0.368	0.060
13	127.5	13	0.619	0.381	-0.124	0.684	0.316	0.065
14	125	14	0.667	0.333	-0.233	0.737	0.263	0.070
15	125	15	0.714	0.286	-0.233	0.789	0.211	0.075
16	119.5	16	0.762	0.238	-0.471	0.842	0.158	0.080
17	117.5	17	0.810	0.190	-0.558	0.895	0.105	0.085
18	116.5	18	0.857	0.143	-0.601	0.947	0.053	0.090
19	116	19	0.905	0.095	-0.623	1.000	0.000	0.095
20	82.5	20	0.952	0.048	-2.077	1.053	-0.053	0.100
n	20				Dmax			0.100
R _α	130				Dmin			0.005
S _d	23.04				Dkritis			0.29

Tabel 9 Syarat Uji Metode Smirnov

dmax	<	dkritis
0.100	<	0.290
Memenuhi		

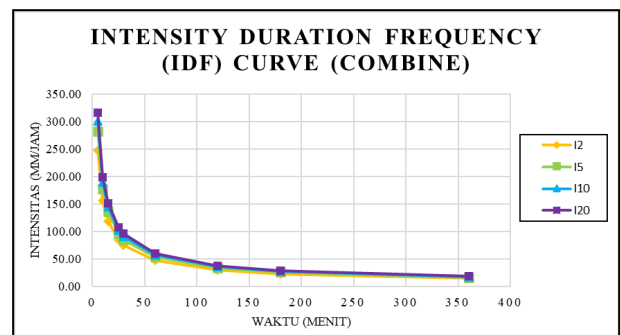
Pada **Tabel 9** dapat kita simpulkan bahwa pengujian uji kecocokan data distribusi menggunakan metoda distribusi Normal dapat digunakan karena persyaratan dengan metoda *Smirnov Kolmogorv* terpenuhi.

Intensitas Curah Hujan Rencana

Pada penelitian ini menggunakan rumus *mononobe*, dalam pengolahan data menghitung jumlah hujan yang terjadi, data yang akan diperoleh berbentuk kurva *IDF* (*Intensity Duration Frequency*) dengan mnegggunakan data curah hujam metoda *POT* dan data *Hyetograph* menggunakan metoda *ABM* (*Alternating Block Method*).

Tabel 10 Perhitungan Intesitas Curah Hujan Rumus *Mononobe*

Rt 2 (mm)	Rt 5 (mm)	Rt 10 (mm)	Rt 20 (mm)	I2 (mm/jam)	I5 (mm/jam)	I10 (mm/jam)	I1 (mm/jam)
135.875	155.228	165.365	173.659	246.901	282.067	300.488	31
135.875	155.228	165.365	173.659	155.538	177.691	189.295	19
135.875	155.228	165.365	173.659	118.698	135.604	144.459	15
135.875	155.228	165.365	173.659	84.439	96.466	102.765	10
135.875	155.228	165.365	173.659	74.775	85.425	91.004	9
135.875	155.228	165.365	173.659	47.105	53.814	57.329	6
135.875	155.228	165.365	173.659	29.674	33.901	36.115	3
135.875	155.228	165.365	173.659	22.646	25.871	27.561	2
135.875	155.228	165.365	173.659	14.266	16.298	17.362	1

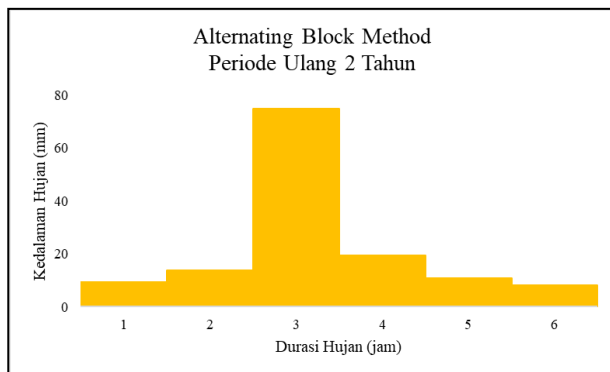


Gambar 3 Gabungan Kurva *Intesity Duration Frequency* (IDF)

Dapat disimpulkan dari **Tabel 10** bahwa semakin lama waktu berjalan maka nilai intensitas curah hujan akan semakin berkurang, ini juga berlaku pada semua periode ulang. Dapat juga dilihat pada **Gambar 3** bahwa nilai intensitas terhadap waktu adalah berbanding terbalik.

Tabel 11 Perhitungan Hyetograph Metode ABM
Periode Ulang 2 Tahun

PERIODE ULANG 2 TAHUN							
Td (jam)	Δt (jam)	It (mm/jam)	It Td (mm)	Δp (mm)	Pi (%)	Hyetograph	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0 1	47.105	47.105	47.105	55.032	6.746	9.166
2	1 2	29.674	59.349	12.244	14.304	10.034	13.634
3	2 3	22.646	67.938	8.589	10.034	55.032	74.775
4	3 4	18.694	74.775	6.837	7.988	14.304	19.436
5	4 5	16.110	80.549	5.774	6.746	7.988	10.854
6	5 6	14.266	85.596	5.047	5.896	5.896	8.012
Jumlah				85.596	100	100	135.875

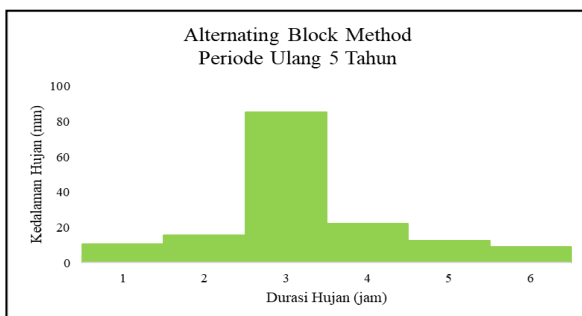


Gambar 4 Grafik ABM Periode Ulang 2 Tahun

Dapat dilihat pada **Tabel 11** persentase pada nilai *hyetograph* tertinggi berada pada durasi 0 - 1 jam, sebesar 47.105 mm/jam, dan pada metoda ABM datayang diperoleh 74.775 mm ini berada ditengah dan data yang terkecil mengikutinya terlihat pada **Gambar 4**.

Tabel 12 Perhitungan Hyetograph Metode ABM
Periode Ulang 5 Tahun

PERIODE ULANG 5 TAHUN							
Td (jam)	Δt (jam)	It (mm/jam)	It Td (mm)	Δp (mm)	Pi (%)	Hyetograph	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0 1	53.814	53.814	53.814	55.032	6.746	10.471
2	1 2	33.901	67.802	13.987	14.304	10.034	15.575
3	2 3	25.871	77.614	9.812	10.034	55.032	85.425
4	3 4	21.356	85.425	7.811	7.988	14.304	22.204
5	4 5	18.404	92.021	6.596	6.746	7.988	12.400
6	5 6	16.298	97.787	5.766	5.896	5.896	9.153
Jumlah				97.787	100	100	155.228

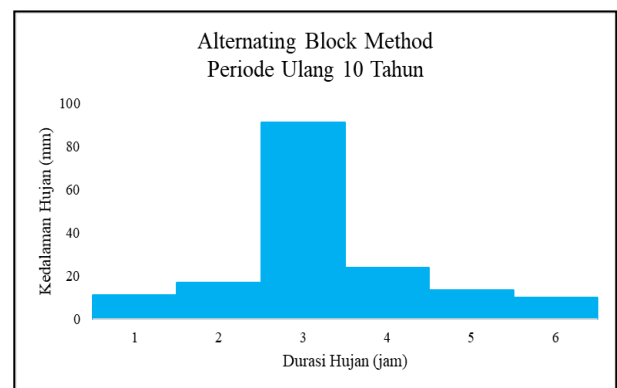


Gambar 5 Grafik ABM Periode Ulang 5 Tahun

Dapat dilihat pada **Tabel 12** persentase yang didapat dari nilai *hyetograph* tertinggi adalah pada durasi 0 - 1 jam, sebesar 53.814 mm/jam, dan pada metoda ABM data 85.425 mm berada ditengah dan data yang terkecil mengikutinya terlihat pada **Gambar 5**.

Tabel 13 Perhitungan Hyetograph Metode ABM
Periode Ulang 10 Tahun

PERIODE ULANG 10 TAHUN							
Td (jam)	Δt (jam)	It (mm/jam)	It Td (mm)	Δp (mm)	Pi (%)	Hyetograph	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0 1	57.329	57.329	57.329	55.032	6.746	11.155
2	1 2	36.115	72.230	14.901	14.304	10.034	16.593
3	2 3	27.561	82.682	10.453	10.034	55.032	91.004
4	3 4	22.751	91.004	8.321	7.988	14.304	23.654
5	4 5	19.606	98.031	7.027	6.746	7.988	13.209
6	5 6	17.362	104.173	6.142	5.896	5.896	9.751
Jumlah				104.173	100	100	165.365

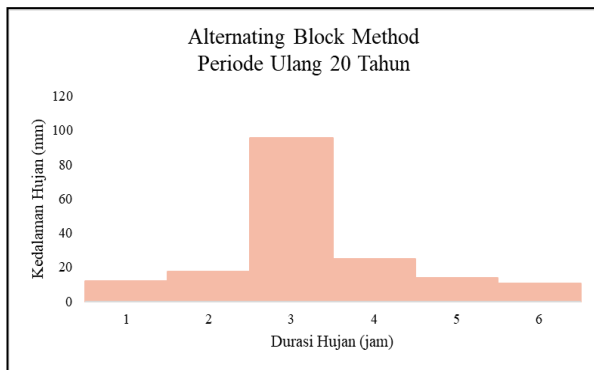


Gambar 6 Grafik ABM Periode Ulang 10 Tahun

Dapat dilihat pada **Tabel 13** persentase yang didapat dari nilai *hyetograph* tertinggi adalah pada durasi 0 - 1 jam, sebesar 57.329 mm/jam, dan pada metoda ABM data 91.004 mm ini berada ditengah sedangkan data yang terkecil mengikutinya terlihat pada **Gambar 6**.

Tabel 14 Perhitungan Hyetograph Metode ABM
Periode Ulang 20 Tahun

PERIODE ULANG 20 TAHUN							
Td (jam)	Δt (jam)	It (mm/jam)	It Td (mm)	Δp (mm)	Pi (%)	Hyetograph	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0 1	60.204	60.204	60.204	55.032	6.746	11.714
2	1 2	37.926	75.852	15.648	14.304	10.034	17.425
3	2 3	28.943	86.829	10.977	10.034	55.032	95.568
4	3 4	23.892	95.568	8.739	7.988	14.304	24.840
5	4 5	20.590	102.948	7.380	6.746	7.988	13.872
6	5 6	18.233	109.398	6.451	5.896	5.896	10.240
Jumlah				109.398	100	100	173.659



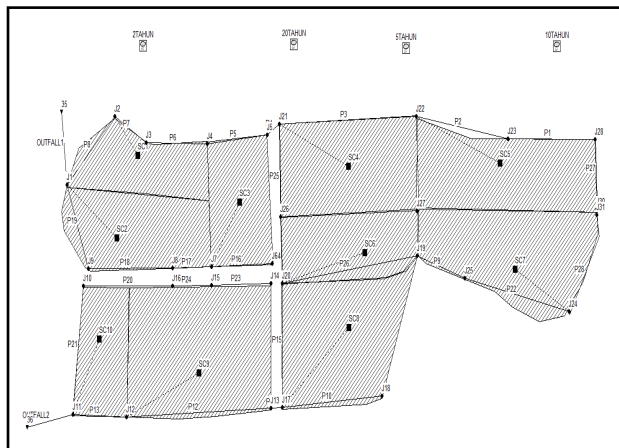
Gambar 7 Grafik ABM Periode Ulang 20 Tahun

Dapat dilihat pada **Tabel 14** persentase yang didapat dari nilai *hyetograph* tertinggi adalah pada durasi 0 - 1 jam, sebesar 60.204 mm/jam, dan pada metoda ABM data 95.568 mm ini berada ditengah dan data yang terkecil mengikutinya terlihat pada **Gambar 7**.

Hasil dan Pembahasan Permodelan Menggunakan *Software EPA-SWMM v5.1*

Skema Sistemn Jaringan Drainase

Pada penelitian kali ini dilakukan dikawasan auditorium, CH, rektorat, perpustakaan dan Gedung perkulihaan Universitas Andalas, Kota Padang. Berikut adalah skema jaringan drainase yang telah diinputkan ke dalam *Software EPA-SWMM v5.1*.



Gambar 8 Skema Sistem Jaringan Drainase Auditorium, CH, rektorat, perpustakaan dan Gedung perkuliahan

Pada permodelan ini menggunakan *Software EPA-SWMM v5.1* ini terdapat 10 *subcatchment*, 31 *junction*, 30 *conduit*, dan 2 *outfall*.

Pada **Tabel 15** terdapat data dimensi saluran drainase yang terdapat di lapangan.

Tabel 15 Saluran Drainase Eksisting

No	Kode	Panjang Saluran (m)	Dimensi (m)			Kekasaran (Roughness)
			W	H	D	
1	P1	130.000	0.550	0.500		0.013
2	P2	150.000	0.550	0.500		0.013
3	P3	213.000	0.550	0.500		0.013
4	P4	24.000	0.590	0.420		0.013
5	P5	93.200	0.590	0.420		0.013
6	P6	93.500	0.590	0.420		0.013
7	P7	65.400	0.590	0.420		0.013
8	P8	100.000	0.950	1.110		0.013
9	P9	70.200	0.970	1.020		0.013
10	P10	144.000	0.550	0.590		0.013
11	P11	18.500	0.550	0.590		0.013
12	P12	207.000	0.510	0.320		0.013
13	P13	77.300	0.870	0.840		0.013
14	P14	64.700	0.580	0.610		0.013
15	P15	120.000	0.410	0.530		0.013
16	P16	91.300	0.960	1.000		0.013
17	P17	57.500	0.620	0.530		0.013
18	P18	127.000	0.620	0.530		0.013
19	P19	98.700	0.950	1.110		0.013
20	P20	65.600	1.120	1.100		0.013
21	P21	122.000	0.830	1.640		0.013
22	P22	148.000	0.680	0.620		0.013
23	P23	88.800	0.970	1.060		0.013
24	P24	58.200	0.970	1.060		0.013
25	P25	106.000	0.580	0.610		0.013
26	P26	205.000	0.970	1.020		0.013
27	P27	83.200	0.970	0.700		0.013
28	P28	106.000	0.680	0.620		0.013
29	Outfall 1	86.800			1.500	0.013
30	Outfall 2	63.200			0.950	0.013

Curve Number

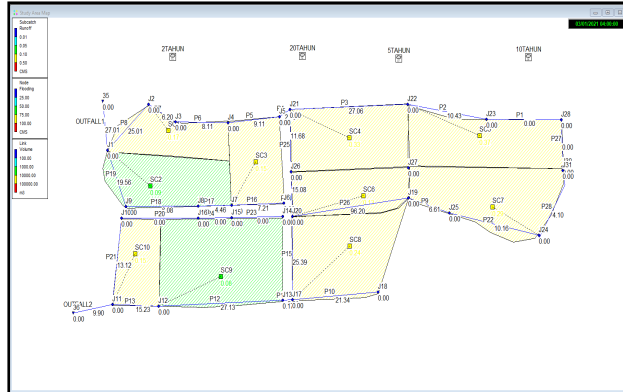
Curve Number ditentukan dari observasi yang dilakukan dilapangan secara langsung maupun berdasarkan peta topografi Kawasan Auditorium, CH, Rektorat, Perpustakaan dan Gedung Perkuliahan Universitas Andalas. Nilai *Curve Number* disesuaikan dari buku Hidrologi Terapan Bambang Triatmojo tahun 2008. Pada tabel dapat dilihat nilai *curve number* terbesar adalah 92 dengan tipe tanah D dan nilai terkecil adalah 80 dengan tipe tanah D. Hal ini juga mempertimbangkan kondisi persentase kedap air pada daerah tersebut.

Tabel 16 Data Detail Subcatchment

Subcatchment	Area(Ha)	Width(m)	%Slope	%Imperv	%Zero-Imperv	N-Imperv	N-Perv	Tipe Tanah	Curve Number
SC1	1.300	54.600	0.500	19.083	80.916	0.013	0.200	D	84
SC2	1.700	74.300	0.030	8.235	91.764	0.013	0.200	D	84
SC3	1.220	91.600	0.030	32.786	67.213	0.013	0.200	D	87
SC4	2.150	101.000	0.019	59.069	40.930	0.013	0.200	D	92
SC5	2.320	81.000	0.041	60.344	39.655	0.013	0.200	D	92
SC6	1.270	63.200	0.054	23.622	76.377	0.013	0.200	D	86
SC7	2.000	65.000	0.140	42.495	25.000	0.013	0.200	D	92
SC8	19.990	119.000	0.082	1.525	98.474	0.013	0.200	D	84
SC9	25.910	124.000	0.019	0.000	100.000	0.013	0.200	D	80
SC10	0.910	74.300	0.054	46.153	53.846	0.013	0.200	D	92

Hasil Running *EPA-SWMM v5.1*

Hasil Running Periode Ulang 2 Tahun



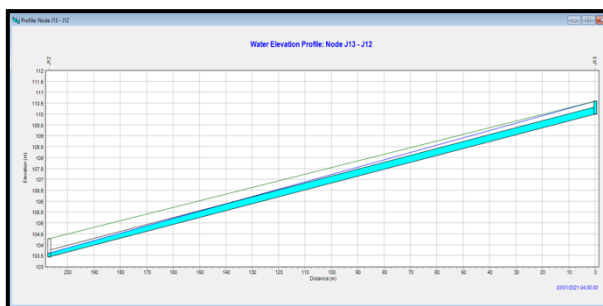
Gambar 9 Hasil Running Saluran Drainase Eksisting Periode Ulang 2 Tahun

Pada saat dilakukan running pada periode ulang 2 tahun didapatkan hasil *current error surface runoff* sebesar -0.19% dan flow routing 0.08%. Pada saat *time of day* menunjukkan 04:00:00 terjadi limpasan di titik *junction* 13. Dapat dilihat dari *total flood volumenya* dari **Gambar 10**.

Topic: Node Flooding						
Click a column header to sort the column.						
Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Day of Maximum Flooding	Hour of Maximum Flooding	Total Flood Volume 10 ⁶ ltr	Maximum Ponded Depth Meters
J13	0.52	0.177	0	04:00	0.229	0.000

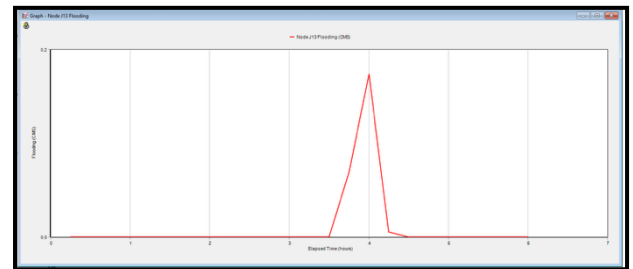
Gambar 10 Titik Limpasan pada Periode Ulang 2 Tahun

Berikut **Gambar 11** adalah keadaan penampang saluran drainase yang mengalami permasalahan.



Gambar 11 Water Elevation Profile J13-J12

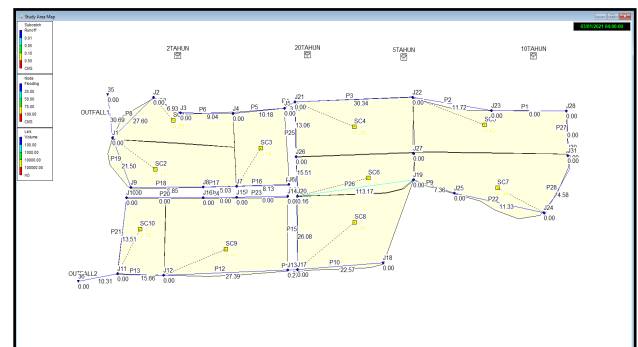
Berikut **Gambar 12** adalah Grafik *Flooding* Titik J13 :



Gambar 12 Grafik Flooding Titik J13

Dapat dilihat dari **Gambar 11** bahwa saluran drainase menampung air yang cukup banyak namun tidak terjadi limpasan. Maka untuk mengatasi permasalahan tersebut dilakukan metoda *trial and error* dengan memodifikasi dimensi saluran hingga didapatkan dimensi saluran yang baik dan cukup untuk menampung air yang ada.

Hasil Running Periode Ulang 5 Tahun



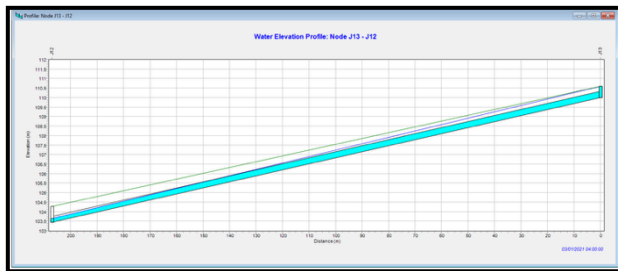
Gambar 13 Hasil Running Saluran Drainase Eksisting Periode Ulang 5 Tahun

Pada saat dilakukan analisa untuk periode 5 tahun didapatkan *current error surface runoff* sebesar -0.21% dan flow routing 0.07%. Pada saat *time of day* menunjukkan 04:00:00 terjadi limpasan di titik *junction* 13 dan *junction* 20. Dapat dilihat dari *total flood volumenya* dari **Gambar 14**.

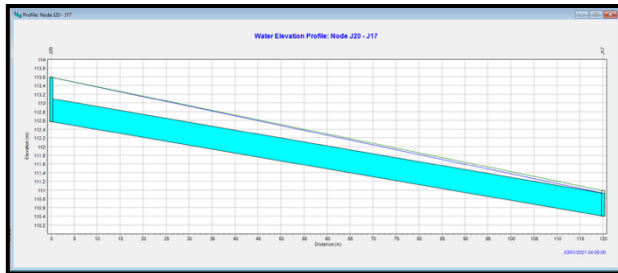
Topic: Node Flooding						
Click a column header to sort the column.						
Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Day of Maximum Flooding	Hour of Maximum Flooding	Total Flood Volume 10 ⁶ ltr	Maximum Ponded Depth Meters
J13	1.05	0.267	0	04:00	0.579	0.000
J20	0.33	0.164	0	04:00	0.138	0.000

Gambar 14 Titik Limpasan pada Periode Ulang 5 Tahun

Berikut **Gambar 15** dan **Gambar 16** adalah keadaan penampang saluran drainase yang mengalami permasalahan.

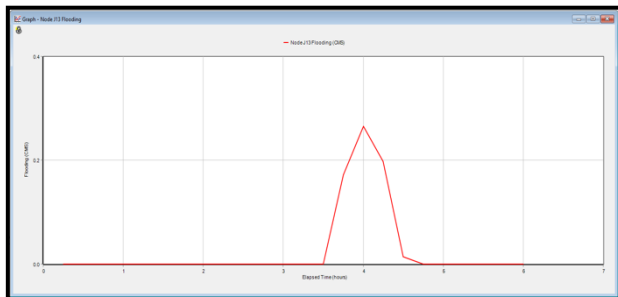


Gambar 15 Water Elevation Profile J13-J12

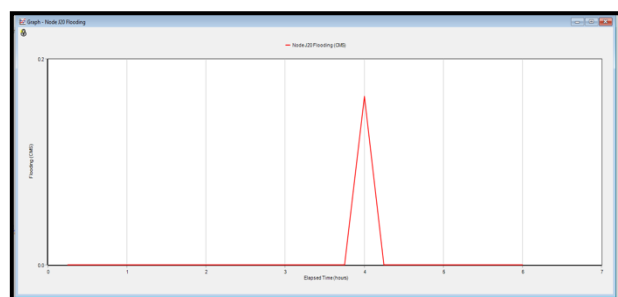


Gambar 16 Water Elevation Profile J20-J17

Berikut Gambar 17 dan Gambar 18 adalah Grafik *Flooding* Titik J13 dan J20 :



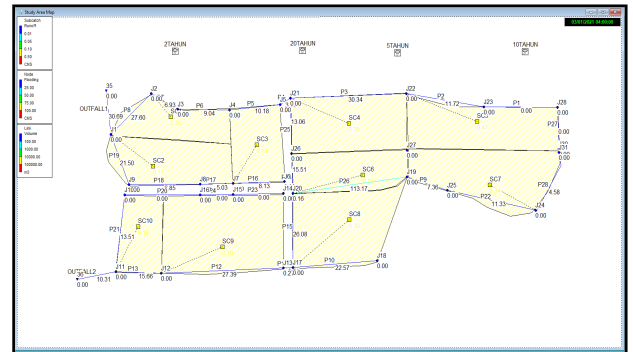
Gambar 17 Grafik Flooding Titik J13



Gambar 18 Grafik Flooding Titik J20

Dapat dilihat dari Gambar 17 dan Gambar 18 dari grafik *Flooding*, bahwa terjadi limpasan pada pukul 04:00:00 dikawasan tersebut. Maka dilakukan metoda *trial and error* untuk memodifikasi dimensi saluran agar tidak terjadi limpasan dan agar saluran drainase dapat menampung air dengan baik.

Hasil Running Periode Ulang 10 Tahun



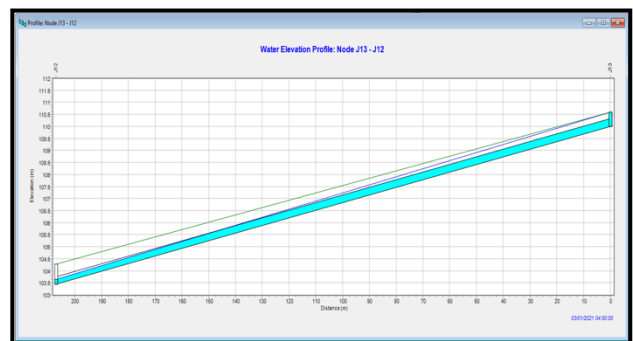
Gambar 19 Hasil Running Saluran Drainase Eksisting Periode Ulang 10 Tahun

Setelah dilakukan running pada periode ulang 10 tahun dan didapatkan *current error surface runoff* sebesar -0.21% dan flow routing 0.07%. Pada dilihat saat *time of day* menunjukkan 04:00:00 terjadi limpasan di titik *junction* 13. Dapat dilihat dari *total flood volumenya* dari Gambar 20.

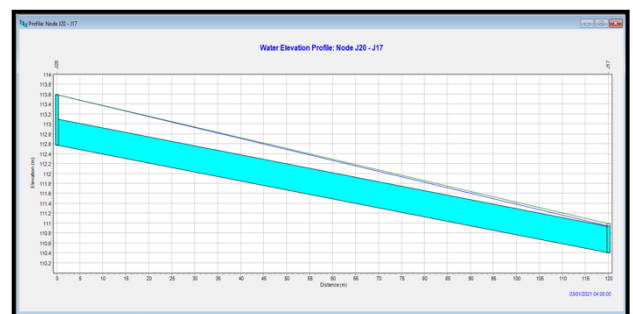
Topic: Node Flooding						
Click a column header to sort the column.						
Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Day of Maximum Flooding	Hour of Maximum Flooding	Total Flood Volume 10 ⁻⁶ ltr	Maximum Ponded Depth Meters
J13	1.72	0.302	0	04:00	0.909	0.000
J20	0.48	0.236	0	04:00	0.269	0.000

Gambar 20 Titik Limpasan pada Periode Ulang 10 Tahun

Berikut Gambar 21 dan Gambar 22 adalah keadaan penampang saluran drainase yang mengalami permasalahan.

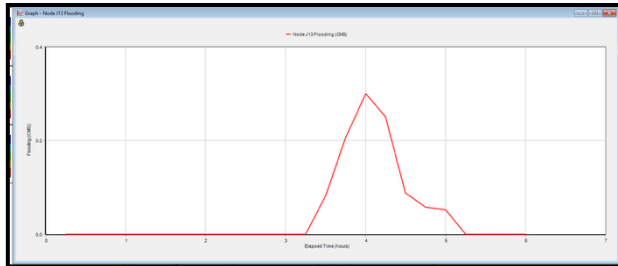


Gambar 21 Water Elevation Profile J13-J12

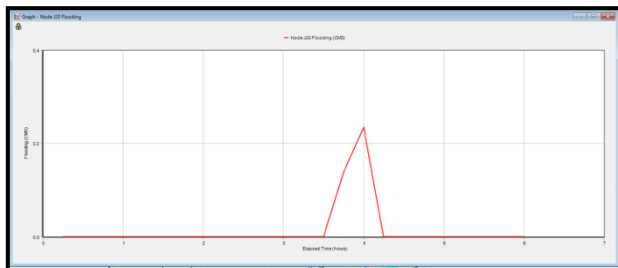


Gambar 22 Water Elevation Profile J20-J17

Berikut **Gambar 23** dan **Gambar 24** adalah Grafik *Flooding* Titik J13 dan J20 :



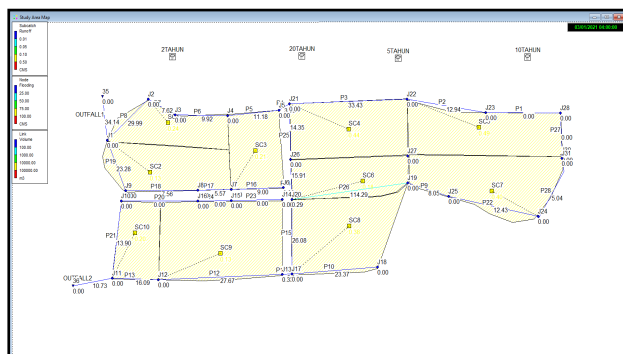
Gambar 23 Grafik Flooding Titik J13



Gambar 24 Grafik Flooding Titik J20

Dapat dilihat dari **Gambar 23** dan **Gambar 24** dari grafik *Flooding*, bahwa terjadi limpasan pada pukul 04:00:00 dikawasan tersebut. Maka dilakukan metoda *trial and error* untuk memodifikasi dimensi saluran agar tidak terjadi limpasan dan agar saluran drainase dapat menampung air dengan baik.

Hasil Running Periode Ulang 20 Tahun



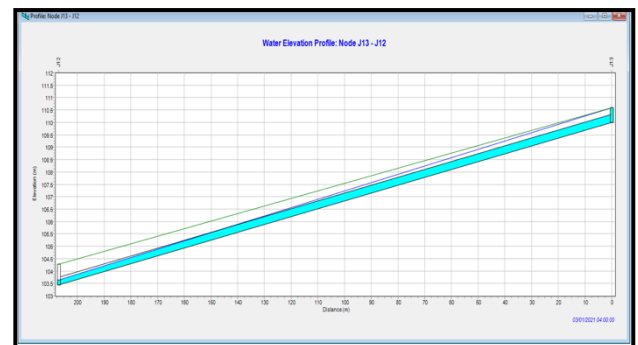
Gambar 25 Hasil Running Saluran Drainase Eksisting Periode Ulang 20 Tahun

Setelah dilakukan running pada periode ulang 20 tahun dan didapatkan *current error surface runoff* sebesar -0.22% dan flow routing 0.06%. Pada dilihat saat *time of day* menunjukkan 04:00:00 terjadi limpasan di titik *junction* 13. Dapat dilihat dari *total flood volumenya* dari **Gambar 26**.

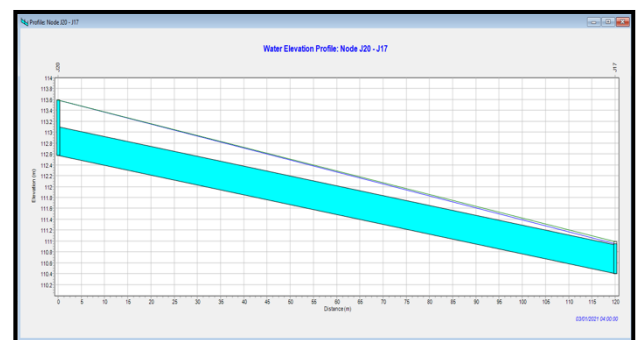
Topic: Node Flooding						
Click a column header to sort the column.						
Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Day of Maximum Flooding	Hour of Maximum Flooding	Total Flood Volume 10 ⁻⁶ ltr	Maximum Poned Depth Meters
J13	2.12	0.331	0	04:00	1.245	0.000
J20	0.59	0.295	0	04:00	0.398	0.000

Gambar 26 Titik Limpasan pada Periode Ulang 20 Tahun

Berikut **Gambar 27** dan **Gambar 28** adalah keadaan penampang saluran drainase yang mengalami permasalahan.

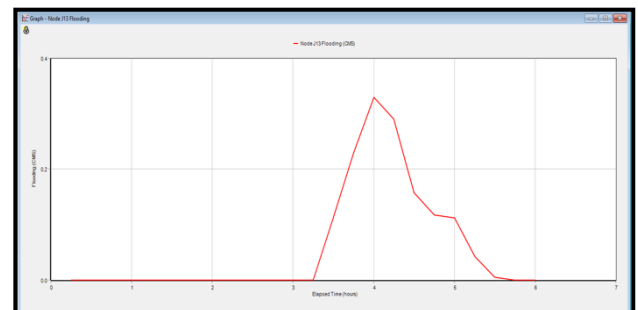


Gambar 27 Water Elevation Profile J13-J12

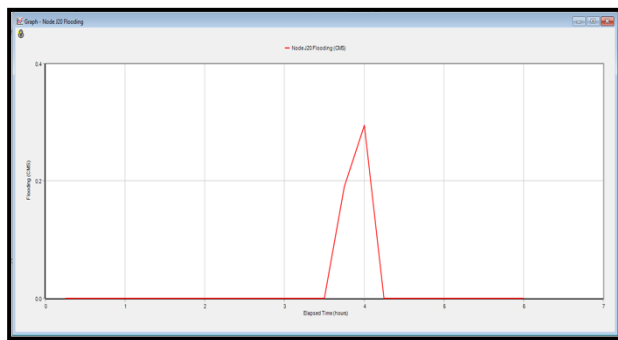


Gambar 28 Water Elevation Profile J20-J17

Berikut **Gambar 29** dan **Gambar 30** adalah Grafik *Flooding* Titik J13 dan J20 :



Gambar 29 Grafik Flooding Titik J13



Gambar 30 Grafik Flooding Titik J20

Dapat dilihat dari **Gambar 29** dan **Gambar 30** dari grafik *Flooding*, bahwa terjadi limpasan pada pukul 04:00:00 dikawasan tersebut. Maka dilakukan metoda *trial and error* untuk memodifikasi dimensi saluran agar tidak terjadi limpasan dan agar saluran drainase dapat menampung air dengan baik.

Saluran Drainase Hasil Evaluasi

Pada observasi langsung di lapangan, ditemukan adanya saluran drainase yang tidak berfungsi dengan baik ini diakibatkan karna dimensi saluran drainase yang tidak sesuai dan sudah dipenuhi oleh tanaman, sehingga saluran drainase tersebut tidak dapat menampung aliran air yang datang. Setelah melakukan *trial and error* mengubah dimensi saluran drainase untuk mengatasi permasalahan diatas menggunakan *software EPA-SWMM v5.1* maka didapatkan dimensi saluran yang bisa menampung limpasan air hujan dengan baik. Berikut **Tabel 17** dibawah ini merupakan hasil evaluasi dimensi saluran drainase Kawasan Auditorium, CH, Rektorat, Perpustakaan dan Gedung Perkuliahan Universitas Andalas.

Tabel 17 Dimensi Hasil Evaluasi Saluran Drainase

No	Kode	Panjang Saluran (m)	Dimensi (m)			Kekasaran (Roughness)
			W	H	D	
1	P11	130.000	0.600	0.650		0.013
2	P12	150.000	0.550	0.550		0.013
3	P15	213.000	0.650	0.650		0.013

Running Saluran Drainase Hasil Evaluasi

Pada titik *Junction* J13 terjadi sedikit genangan di periode ulang 2 tahun dan pada periode ulang 5,10,20 tahun di *Junction* J13 dan *Junction* J20 terjadi limpasan. Maka dari itu setelah dilakukan modifikasi terhadap dimensi saluran drainase maka didapatkan hasil seperti pada **Gambar 31**.

Sub	Link	Total Runoff (mm)	Total Evap (mm)	Total Infil (mm)	Improv Runoff (mm)	Peri Runoff (mm)	Total Runoff (mm)	Total Runoff 10 ⁻⁶ hr	Peak Runoff CMS	Runoff Coeff
SC1	Link Flow	0.00	0.00	29.86	29.48	73.26	102.74	1.34	0.22	0.680
SC2		155.62	0.00	33.87	12.66	45.10	57.76	0.88	0.12	0.371
SC3		155.62	0.00	20.51	49.80	53.88	103.68	1.26	0.20	0.666
SC4		155.61	0.00	7.92	86.39	34.18	120.57	2.59	0.42	0.775
SC5		155.62	0.00	7.67	88.51	34.66	123.18	2.86	0.46	0.782
SC6		155.61	0.00	24.95	36.01	54.19	90.20	1.15	0.17	0.580
SC7		155.62	0.00	11.12	64.11	53.31	117.42	2.35	0.37	0.735
SC8		155.61	0.00	36.34	2.35	14.69	17.04	3.41	0.40	0.110
SC9		155.61	0.00	45.10	0.00	5.37	5.37	1.39	0.20	0.035
SC10		155.62	0.00	10.41	70.14	57.21	127.35	1.16	0.19	0.818

Gambar 31 Hasil Running *Software EPA-SWMM v5.1* (Summary Results) Hasil Evaluasi
Sumber : *Software EPA-SWMM v5.1*

Dapat dilihat dari **Gambar 31** bahwa dari *Summary Results* sudah tidak ada lagi *Node Flooding* yang mana dapat diartikan tidak ada limpasan lagi dikawasan tersebut, ini diakibatkan karna saluran yang ada sudah dievaluasi dan dimodifikasi membuat saluran menjadi lebih tinggi dan lebih lebar sehingga saluran drainase tersebut dapat menampung air lebih baik dan agar tidak terjadi limpasan lagi.

Analisis Kecepatan Aliran Saluran Drainase

Running dilakukan pada permodelan drainase pada periode ulang 2, 5, 10, 20 tahun pada Kawasan Auditorium, CH, Rektorat, Perpustakaan dan Gedung perkuliahan Universitas Andalas menggunakan *Software EPA-SWMM v5.1*.

Kecepatan umum yang di izinkan untuk aliran saluran dengan beton adalah 3 m/sec. Dapat dilihat, jika kecepatan aliran lebih kecil dari kecepatan maksimum yang diizinkan, maka saluran drainase tersebut dianggap stabil dan begitu pula sebaliknya. Setelah melakukan Analisa dari simulasi ada beberapa saluran yang tidak memenuhi batas maksimum kecepatan izin yaitu P3, P4, P5, P6, P7, P9, P15, P18, P22, P11, P12, P13 dan OUTFALL 2 sedangkan saluran yang memenuhi kecepatan izin yaitu P1, P2, P8, P14, P16, P17, P19, P20, P21, OUTFALL 1, P23, P24, P26, P27, P28, P10 dan P25. Penentuan pada batas-batas tersebut mempunyai tujuan yaitu jika kondisi kecepatan pada saluran berada diatas kecepatan maksimum maka masalah penggerusan dapat dihindari.

Berikut merupakan beberapa hal yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut :

1. Kemiringan pada saluran drainase diperkecil agar kecepatan aliran berkurang.
2. Membuat terjunan pada saluran drainase untuk mengurangi kecepatan aliran pada saluran drainase.

3. Dibuatkan penangkap air agar air yang jatuh di permukaan jalan masuk ke dalam drainase
4. Bagian hulu pada saluran drainase dibuat penyaring sampah bertujuan untuk mengurangi sedimentasi sampah.
5. Perawatan rutin saluran drainase.

KESIMPULAN

Dapat disimpulkan dari hasil simulasi permodelan saluran drainase menggunakan *software* EPA-SWMM v5.1 bahwa :

1. Identifikasi Saluran pada Gedung Auditorium, CH, Rektorat, Perpustakaan dan Gedung perkuliahan maka didapatkan :
 - a. Saluran drainase yang terdapat kawasan ini memiliki penampang saluran persegi tertutup, persegi terbuka, dan lingkaran.
 - b. Saluran drainase yang ada terbuat dari beton namun karna masih kurangnya perawatan terhadap drainase menyebabkan keadaan drainase menjadi tidak layak dan genangan yang terjadi disaluran drainase disebabkan kurangnya penangkap air.
 - c. Ada beberapa saluran yang tidak memenuhi batas kecepatan ijin yaitu P3, P4, P5, P6, P7, P9, P15, P18, P22, P11, P12, P13 dan OUTFALL 2.
 - d. Ada beberapa saluran yang memenuhi kecepatan ijin yaitu P1, P2, P8, P14, P16, P17, P19, P20, P21, OUTFALL 1, P23, P24, P26, P27, P28, P10, P25.
2. Sistem saluran drainase menggunakan *software* EPA SWMM v5.1 dengan metoda infiltrasi *curve number*, hasil *running* pada periode ulang 2, 5, 10, dan 20 tahun didapatkan bahwa drainase Auditorium, CH, rektorat, perpustakaan dan Gedung perkuliahan Universitas Andalas mengalami limpasan.
3. Pada titik yang terdapat limpasan sudah dilakukan evaluasi dengan cara merubah dimensi saluran. Berikut data perubahan dimensi drainase:
 - a. P11 (B:0.600, H:0.650)
 - b. P12 (B:0.500, H:0.550)
 - c. P13 (B:0.650, H:0.650)
4. Hasil *running* pada saluran drainase eksisting daerah auditorium, CH, rektorat, perpustakaan dan Gedung perkuliahan ditandai dengan hasil *running* permodelan saluran drainase berwarna biru, hijau dan kuning.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, & E. 2015. *Evaluasi Saluran Drainase dengan Model EPA SWMM 5.1 di Perumahan Griya Telaga Permai, Depok, Jawa Barat*.
- Arif, M. 2016. *Kajian Tingkat Bahaya Banjir Di Das Timbalun Kecamatan Bungus Teluk Kabung Kota Padang*.
- Beno Putra Susanto, D. T. (2020). *Analisis Banjir Di Kawasan Jondul Rawang Kota Padang. Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa Volume 15, Nomor 2, 2*.
- Sosrodarsono, S., & Takeda, I. K. 1978. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Daulay, Agra. 2019. *Analisis Kapasitas Drainase Pada Perumahan di Sekitar Jalan Singosari Kecamatan Datuk Bandar Kota Tanjungbalai Menggunakan Program Storm Water Management Model*. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Andalas.
- Fairizi, D. (2015). *Analisis Dan Evaluasi Saluran Drainase Pada Kawasan Perumnas Talang Kelapa Di Subdas Lambidaro Kota Palembang. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Vo.3, No 1, 755-757*.
- Fauziah, N. 2019. *Pengaruh Peningkatan Jalan Khatib Sulaiman Terhadap Debit Limpasan Drainase Menggunakan Software Storm Water Management Model (Swmm)*. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Andalas.
- Harmayani, K., Konsukartha, G., & Permana, I. (2015). *Peran Inovasi Rekayasa Sipil Menuju Infrastruktur*.
- Lamdelif, V. A. (2021). *Evaluasi Saluran Drainase Gedung FIB, FISIP, FH, D3. Padang*.
- Puji, D. A. (2017). *Kapasitas Infiltrasi Pada Berbagai Kerapatan Tajuk Di Daerah Tangkapan Air (DTA)*. Repositori Universitas Gadjah Mada.
- Rossman, L. A. (2015). *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1*. Cincinnati: Office Of Research and Development U.S Environmental Protection Agency.
- Sari, F. P. (2021). *Analisa Kapasitas Drainase Pada Daerah Andalas Menggunakan Software Epaswmm 5.1. Padang*.
- Yulianty, R. (2020). *Evaluasi Saluran Drainase Fakultas Teknik Universitas Andalas Menggunakan Software Epa-Swmm V5.1 (Storm Water Management Model)*. Padang.
- Zulfariadi. 2019. *Pengaruh Perubahan Penampang Saluran Terhadap Kapasitas Saluran Drainase Jati dengan Permodelan Storm Water Management Model (Swmm)*.