



Aplikasi SWMM untuk Identifikasi Titik Luapan Saluran Sekunder Drainase (Studi Kasus Perumahan Cluster Pelangi, Makassar)

<u>INFO PENULIS</u>	<u>INFO ARTIKEL</u>
Abd. Rakhim Nanda Universitas Muhammadiyah Makassar	ISSN: 3026-3603 Vol. 2, No. 1 April 2024 http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst
Indriyanti Universitas Muhammadiyah Makassar	
Ahmad Fauzi Universitas Muhammadiyah Makassar Fauzi3079@gmail.com	
Adrian Universitas Muhammadiyah Makassar	

© 2024 Arden Jaya Publisher All rights reserved

Saran Penulisan Referensi:

Nanda, A. R., Indriyanti Fauzi, A., & Adrian. (2024). Aplikasi SWMM untuk Identifikasi Titik Luapan Saluran Sekunder Drainase (Studi Kasus Perumahan Cluster Pelangi, Makassar). *Arus Jurnal Sains dan Teknologi*, 2 (1), 123-131.

Abstrak

Kota Makassar, sebagai kota metropolitan yang berkembang pesat, menghadapi tantangan serius terkait banjir akibat ketidakmampuan sistem drainase perkotaan, termasuk Perumahan Cluster Pelangi di Kecamatan Tamalanrea. Tujuan penelitian ini mengidentifikasi titik-titik luapan banjir signifikan di Perumahan Cluster Pelangi menggunakan Software Storm Water Management Model (SWMM) dan menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan luapan banjir. Hasil analisis hidrologi periode ulang 5 tahun dan simulasi SWMM 5.2 untuk kondisi awal menunjukkan bahwa titik luapan terdapat di Blok P1B dengan volume $8,652 \times 10^6$ liter dengan lama luapan 1,45 jam dan kondisi eksisting juga berada di Blok P1B dengan volume $8,711 \times 10^6$ liter dengan lama luapan 1,62 jam. Faktor utama luapan banjir adalah elevasi saluran yang semakin tinggi menuju hilir, sedimentasi di dasar saluran dan pengaruh limpasan dari saluran di luar kompleks perumahan.

Kata kunci: Analisis Hidrologi, Sistem Drainase, SWMM.

Abstract

Makassar, as a rapidly developing metropolitan city, faces serious challenges related to flooding due to the inadequacy of its urban drainage system, including the Pelangi Cluster Housing in the Tamalanrea District. The purpose of this research is to identify significant flood overflow points in the Pelangi Cluster Housing using the Storm Water Management Model (SWMM) software and analyze the factors causing flood overflow. The hydrological analysis results for a 5-year return period and SWMM 5.2 simulation for the initial conditions indicate that the overflow point is located in Block P1B with a volume of 8.652×10^6 liters and a duration of 1.45 hours. The existing condition also occurs in Block P1B with a volume of 8.711×10^6 liters and a duration of 1.62 hours. The main factors contributing to flood overflow include higher channel elevation downstream, sedimentation in the channel bed, and runoff from channels outside the housing complex.

Key words: Drainage System, Hydrological Analysis, SWMM.

A. Pendahuluan

Kota Makassar, sebagai metropolitan yang berkembang pesat, dihadapkan pada permasalahan serius terkait banjir. Sistem drainase yang tidak mampu menampung curah hujan tinggi mengakibatkan 7 kecamatan (Manggala, Ujung Pandang, Rappocini, Mamajang, Tamalanrea, Biringkanaya, dan Makassar) terendam air secara berkala. Salah satu contoh kawasan yang terdampak adalah Perumahan Cluster Pelangi di Kecamatan Tamalanrea. Perumahan Cluster Pelangi, meskipun baru berusia 4 tahun, memiliki kerentanan tinggi terhadap banjir. Sistem drainase di wilayah tersebut memiliki kekurangan, seperti sedimentasi di saluran sekunder setinggi 20 cm yang menyebabkan air menggenang dan berpotensi menimbulkan banjir. Genangan sering terjadi di jalan blok P1B, dengan ketinggian mencapai 50 cm dan bertahan selama 6 jam setelah hujan deras.

Sistem drainase perkotaan bertujuan untuk membuang kelebihan air dari kawasan perkotaan ke pembuangan terakhir seperti sungai, danau, atau laut. Hal ini dilakukan untuk mencegah genangan air dengan menggunakan saluran drainase permukaan dan subpermukaan. Fungsi utama drainase perkotaan adalah mengeringkan wilayah perkotaan, khususnya area pemukiman padat, dari genangan atau banjir, serta mengurangi kelebihan air agar kawasan tersebut dapat berfungsi optimal dan melindungi infrastruktur yang ada (Anton, 2001).

Sistem jaringan drainase perkotaan umumnya dibagi atas 2 bagian yaitu sistem drainase makro dan mikro (H.A Halim Hasmar, 2002). Perencanaannya umumnya memperhitungkan periode ulang yang lebih pendek, sekitar 2 hingga 5 tahun, disesuaikan dengan kebutuhan lokal dan karakteristik daerah yang dilayani (Kodoatie, 2005).

Sistem jaringan drainase terdiri atas beberapa saluran yang berhubungan sehingga membentuk suatu pola jaringan. Dari bentuk jaringan dapat dibedakan diantaranya pola siku, pola paralel, pola grid icon, pola alamiah, pola radial (Wesli, 2008).

Analisis hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari pengukuran dan analisis data hidrologi, seperti curah hujan, aliran sungai, dan kualitas air. Tujuannya adalah untuk memahami dan mengelola sumber daya air secara berkelanjutan (James R. Stedinger., 1981).

Pengujian konsistensi data hujan dapat dilakukan dengan metode curve massa ganda dan rescaled adjusted partial sums (RAPS) (I Made Kamiana, 2011).

Fakta menunjukkan bahwa nilai variabel hidrologi tidak selalu sama dengan nilai rata-ratanya. Ada kemungkinan nilai variabel lebih besar atau lebih kecil dari rata-rata. Fenomena ini disebut variasi atau dispersi data hidrologi. Cara untuk mengukur besarnya variasi atau dispersi ini disebut pengukuran dispers (Soewarno, 1991).

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam menganalisis curah hujan rancangan dengan interval waktu yang ditentukan, seperti 5, 10, atau 25 tahun (Sosrodarsono, 1987). Ada beberapa bentuk fungsi distribusi kontinyu (teoritis), yang sering digunakan dalam analisis frekuensi untuk hidrologi, seperti distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, Log Pearson (Bambang, T, 2008).

Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada, yaitu uji Chi-Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov (Sri Harto, 1981). Intensitas hujan merupakan tinggi hujan yang terjadi dalam satuan waktu, yang bisa diukur dalam satuan mm/jam atau mm/hari (Subarkah, 1980). Alternating Block Method (ABM) adalah metode sederhana untuk membuat hyetograph rencana dari kurva IDF, dengan intensitas hujan dan durasi waktu diatur secara berurutan, di mana blok-blok penambahan hujan disusun mengikuti pola tertentu (Chow, V.T., 1988).

SWMM adalah alat simulasi hidrologi dan hidraulik yang dikenal secara luas untuk manajemen air permukaan di wilayah perkotaan. Sebagai langkah solutif, penelitian ini akan mengimplementasikan SWMM untuk memberikan pemahaman yang lebih terinci terhadap dinamika air permukaan di perumahan Cluster Pelangi.

B. Metodologi

Penelitian ini dilakukan di Perumahan Cluster Pelangi yang memiliki luas 35.787m². Perumahan Cluster Pelangi merupakan salah satu Perumahan yang berada di Kota Makassar dengan koordinat geografis 5°7.11.98" LS - 119°29'53.73" BT.

Jenis Penelitian dan Sumber Data

1. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif sebagai pendekatan penelitian. Metode penelitian deskriptif kuantitatif adalah suatu metode yang bertujuan untuk membuat gambar atau deskriptif tentang suatu keadaan secara objektif yang menggunakan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut serta penampilan dan hasilnya (Arikunto, 2006).
2. Data yang digunakan berupa data primer dan data sekunder. Data primer berupa saluran drainase, seperti bentuk, dimensi, dan kemiringannya, yang diperoleh melalui pengamatan langsung dan penelitian di lapangan. Sedangkan data sekunder berupa data curah hujan dari tahun 2011 hingga 2020 yang diperoleh dari Stasiun Tamangapa Kassi BK V serta digitasi menggunakan software Arcgis 10.8 dan Google Earth.

Prosedur Penelitian

Adapun urutan pada penelitian ini yaitu:

1. Mempelajari literatur yang berkaitan dengan tajuk penelitian.
2. Melakukan pengumpulan data baik data primer dan sekunder
3. Melakukan analisis pengujian seri data curah hujan dengan metode RAPS.
4. Melakukan analisis parameter dasar statistik.
5. Melakukan analisis curah hujan rancangan dengan Metode Gumbel
6. Melakukan pengujian kesesuaian distribusi frekuensi dengan Uji Smirnov-Kolmogorov dan uji Chi Square.
7. Melakukan analisis intensitas curah hujan dengan metode Mononobe.
8. Melakukan analisis Hyetograph hujan rencana dengan metode ABM.
9. Melakukan pemodelan saluran drainase menggunakan Software Storm Water Management Model.
10. Memberikan kesimpulan dan saran kemudian selesai.

C. Hasil dan Pembahasan

Analisis Hidrologi

1. Uji Konsistensi

Untuk tingkat kepercayaan 95% dan jumlah data 10, nilai Q_{kritis} dan R_{kritis} masing-masing yaitu 1,14 dan 1,28.

Hasil uji RAPS menunjukkan bahwa data hujan dari Stasiun Tamangapa Kassi BK V tersebut konsisten. Hal ini dapat dilihat dari nilai Q_{hitung} yang lebih kecil dari nilai Q_{kritis} , yaitu $0,98 < 1,14$.

2. Parameter Statistik

Dasar perhitungannya adalah parameter yang berkaitan dengan analisis data, seperti rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi, dan koefisien skewness (Suripin, 2004).

Tabel 1. Penentuan probabilitas berdasarkan parameter statistik

No	Nama Metode	Persyaratan	Hasil	Keterangan		
1	Gumbel	$C_s = 1,14$	1,14	C_s	0,27	Tidak Memenuhi
		$C_k = 5,4$	5,4	C_k	2,51	Tidak Memenuhi
2	Log Pearson tipe III	$C_s \neq 0$		C_s	-0,50	Memenuhi
3	Log Normal	$C_s = C_v3 + 3c_v$	2	C_s	0,0016	Tidak Memenuhi
		$C_k = C_v8 + 6C_v6 + 15C_v4 + 16C_v2 + 3$	4	C_k	0,0000045	Tidak Memenuhi

Sumber: Hasil analisis data

Kemudian dilakukan dengan uji Chi-Kuadrat atau uji Smirnov-Kolmogorov.

3. Distribusi probabilitas

Perhitungan distribusi probabilitas menggunakan metode Gumbel

Tabel 2. Hasil Perhitungan distribusi probabilitas metode gumbel

T (tahun)	Y_t	K	X_t (mm)
100	4,60	4,32	633,38
50	3,90	3,59	571,06
25	3,20	2,85	508,28
10	2,25	1,85	423,65
5	1,50	1,06	356,68
2	0,37	-0,14	255,51

Sumber: Hasil analisis data

4. Uji kesesuaian distribusi

Langkah selanjutnya adalah melakukan uji kesesuaian distribusi.

a. Metode Smirnov-Kolmogorov

Untuk tingkat kepercayaan 95% dan jumlah data 10, nilai ΔP kritis adalah 0,41.

Tabel 3. Perhitungan uji distribusi dengan metode Smirnov-Kolmogorov untuk metode gumbel

No	Tahun	R_{max}	R_i	P	$f(t)$	P'	ΔP
1	2011	325	388	0.09	1.43	0.04	0.05
2	2012	167	386	0.18	1.40	0.04	0.14
3	2013	388	325	0.27	0.68	0.23	0.04
4	2014	187	305	0.36	0.45	0.31	0.05
5	2015	305	300	0.45	0.39	0.33	0.12

No	Tahun	Rmax	Ri	P	f(t)	P'	ΔP
6	2016	184	237	0.55	-0.35	0.66	0.11
7	2017	386	191	0.64	-0.90	0.83	0.19
8	2018	237	187	0.73	-0.94	0.84	0.11
9	2019	191	184	0.82	-0.98	0.85	0.03
10	2020	300	167	0.91	-1.18	0.89	0.02
Jumlah		Σ	2670				
Banyak Data		n	10				
Rata-Rata		R	267				
Standar Deviasi		Sr	84.76				
ΔP maksimum			0.19				

Sumber: Hasil analisis data

Hasil uji Smirnov Kolmogorof menunjukkan Metode Gumbel dapat diterima. Hal ini dapat dilihat dari nilai ΔP maksimum yang lebih kecil dari nilai ΔP kritis, yaitu $0,19 < 0,41$.

b. Metode chi kuadrat (χ^2)

Berdasarkan tabel Nilai parameter Chi-Kuadrat Kritis, X_{χ^2} (uji satu sisi), untuk tingkat kepercayaan 95% dan derajat kebebasan 2, nilai Chi-Kuadrat Kritis adalah 5,991.

Tabel 4. Perhitungan uji distribusi dengan metode Chi-Kuadrat untuk metode Gumbel

Kelas	P	T	Yt	K	X_t	Nilai Batas Tiap Kelas	E_f	O_f	$\frac{(O_f - E_f)^2}{E_f}$
1	0,2	5	1,50	1,06	356,68	> 356,68	2	2	0,0
2	0,4	2,5	0,67	0,19	282,76	282,76 - 356,68	2	3	0,5
3	0,6	1,67	0,09	- 0,43	230,60	230,60 - 282,76	2	1	0,5
4	0,8	1,25	- 0,48	- 1,02	180,33	180,33 - 230,60	2	3	0,5
5						< 180,33	2	1	0,5
Jumlah							10	10	2,0

Sumber: Hasil analisis data

Hasil uji Chi-Kuadrat menunjukkan bahwa Metode Gumbel dapat diterima. Hal ini dapat dilihat dari nilai Chi-Kuadrat terhitung yang lebih kecil dari nilai Chi-Kuadrat kritis, yaitu $2 < 5,991$.

5. Perhitungan intensitas hujan

Perhitungan intensitas hujan menggunakan pendekatan metode hitung Mononobe. Analisis untuk daerah pemukiman umumnya dipilih hujan rencana dengan periode ulang 5-15 tahun. Daerah pusat pemerintahan yang penting, daerah komersil, dan daerah padat dengan nilai ekonomi tinggi dengan periode ulang 10-15 tahun. Sedangkan perencanaan gorong-gorong jalan raya dan lapangan terbang 3-15 tahun (Rahmawati et al., 2015).

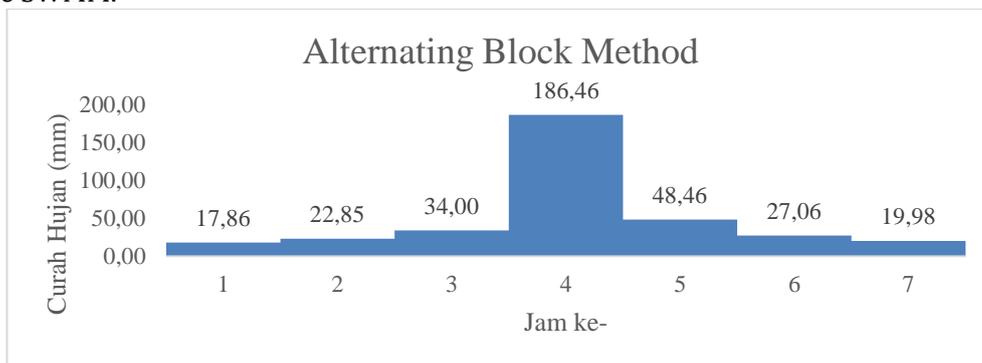
Tabel 5. Perhitungan intensitas hujan

T (menit)	T (Jam)	Periode Ulang					
		2	5	10	25	50	100
5	0,08	464,30	648,12	769,83	923,61	1037,69	1150,93
10	0,17	292,49	408,29	484,96	581,84	653,70	725,04
20	0,33	184,26	257,21	305,51	366,53	411,81	456,75
40	0,67	116,08	162,03	192,46	230,90	259,42	287,73
60	1	88,58	123,65	146,87	176,21	197,98	219,58
90	1,5	67,60	94,36	112,08	134,47	151,08	167,57
120	2	55,80	77,90	92,52	111,01	124,72	138,33
150	2,5	48,09	67,13	79,73	95,66	107,48	119,21
180	3	42,59	59,45	70,61	84,71	95,18	105,56
210	3,5	38,43	53,64	63,71	76,44	85,88	95,25
240	4	35,15	49,07	58,29	69,93	78,57	87,14
270	4,5	32,50	45,37	53,88	64,65	72,63	80,56
300	5	30,29	42,29	50,23	60,26	67,71	75,10
330	5,5	28,43	39,69	47,14	56,55	63,54	70,47
360	6	26,83	37,45	44,48	53,37	59,96	66,50
390	6,5	25,43	35,50	42,17	50,59	56,84	63,05
420	7	24,21	33,79	40,14	48,15	54,10	60,01

Sumber: Hasil analisis data

a. Metode alternating block method

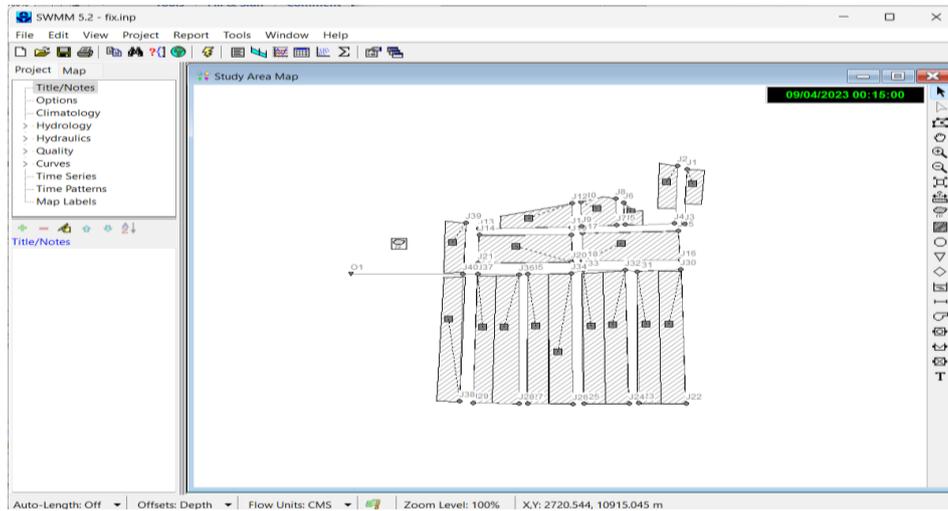
Hasil perhitungan hietograf hujan rencana yang akan diinput kedalam software SWMM.



Gambar 1. Hietograf hujan rencana metode ABM
 Sumber: Hasil analisis data

Simulasi Software EPA SWMM 5.2

Untuk memulai aplikasi EPA SWMM, dilakukan dengan menggambar peta subscatchment area serta mengisi poin rain gages, subcactchments, junctions, outfals, dan conduits.

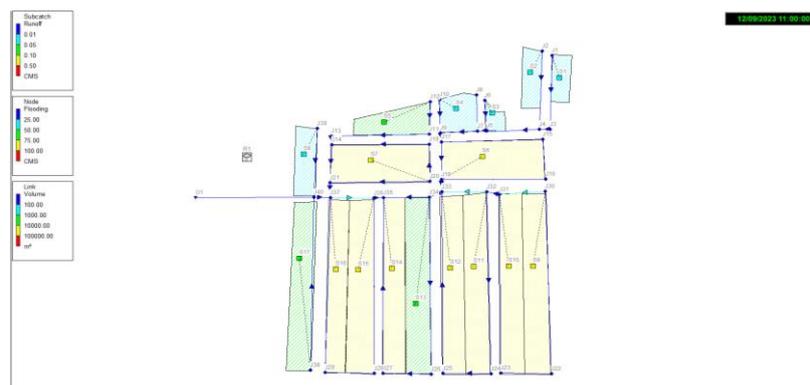


Gambar 2. Peta subcatchment area

Sumber: EPA SWMM 5.2

Hasil simulasi akan ditampilkan dalam bentuk Laporan Status, yang juga akan menunjukkan apakah ada kesalahan dalam simulasi. Laporan Status mencakup berbagai jenis hasil, termasuk limpasan, aliran masuk, dan data saluran yang mengalami banjir.

a. Hasil simulasi kondisi awal



Gambar 3. Hasil simulasi

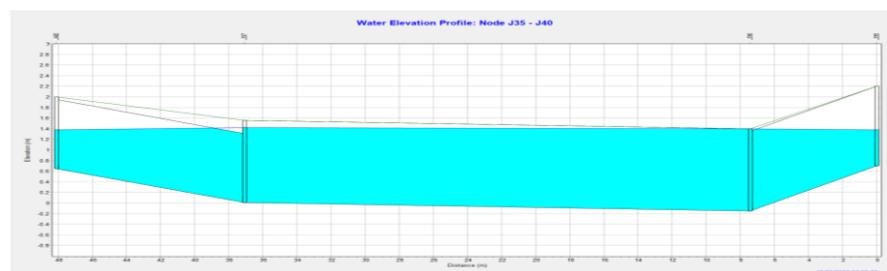
Sumber: EPA SWMM 5.2

Hasil simulasi menunjukkan bahwa terdapat 1 titik yang mengalami luapan air yaitu titik J36 berada di blok P1B.

Tabel 6. Titik banjir saluran

Titik Luapan	Lama Luapan (jam)	Volume Luapan (10 ⁶ ltr)
J36	1,45	8,652

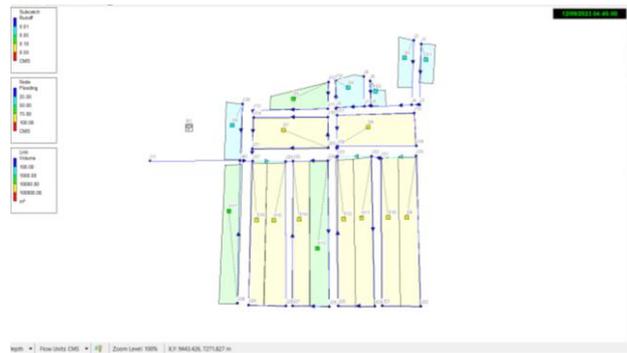
Sumber: Simulasi EPA SWMM 5.2



Gambar 5. Profile plot titik J35-J40

Sumber: Simulasi EPA SWMM 5.2

b. Hasil simulasi kondisi eksisting



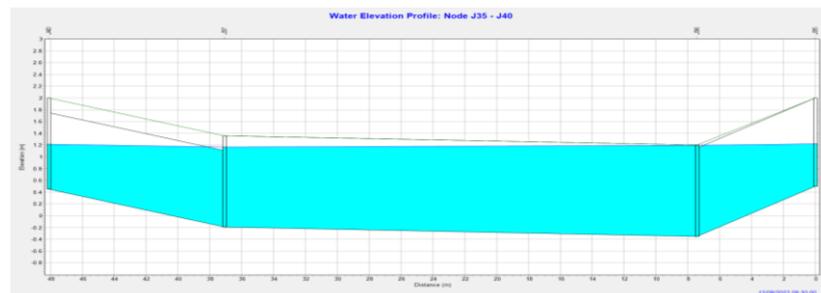
Gambar 6. Hasil simulasi
Sumber: EPA SWMM 5.2

Hasil simulasi menunjukkan bahwa terdapat 2 titik yang mengalami luapan air yaitu titik J36 dan J37 berada di blok P1B.

Tabel 7. Titik banjir saluran

Titik Luapan	Lama Luapan (jam)	Volume Luapan (10^6 ltr)
J36	1,62	8,711
J37	0,01	0,005

Sumber: Simulasi EPA SWMM 5.2



Gambar 7. Profile plot titik J35-J40

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian hasil analisis hidrologi periode ulang 5 tahun dan simulasi SWMM 5.2 menunjukkan bahwa untuk kondisi awal titik luapan banjir yang signifikan berada di titik J36 yang berada di blok P1B. Volume luapan di titik J36 adalah $8,652 \times 10^6$ liter dengan lama luapan 1,45 jam. Sedangkan untuk kondisi eksisting titik-titik luapan banjir yang signifikan berada di titik J36 dan J37 yang berada di blok P1B. Volume luapan di titik J36 adalah $8,711 \times 10^6$ liter dengan lama luapan 1,62 jam. Volume luapan di titik J37 adalah $0,005 \times 10^6$ liter dengan lama luapan 0,001 jam. Hasil analisis menunjukkan faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya luapan banjir signifikan di Perumahan Cluster Pelangi adalah elevasi saluran yang semakin tinggi menuju hilir, sedimentasi di dasar saluran dan pengaruh limpasan dari saluran di luar kompleks perumahan.

Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan saran yang dapat membantu dan memberikan manfaat yaitu:

1. Untuk mengatasi terjadinya banjir, perlu segera dilakukan perbaikan elevasi saluran drainase di titik J36 dan J37 yang berada di blok P1B mengalami kenaikan elevasi menuju hilir.
2. Untuk mengatasi masalah drainase di kawasan Perumahan Cluster Pelangi, perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut.
3. Masyarakat sekitar perlu dihimbau untuk tidak membuang sampah di saluran drainase yang dapat merusak atau menyumbat saluran air, sehingga tidak mengganggu pengaliran air pada saluran.

E. Referensi

- Anton, M. (2001). *Panduan dan Petunjuk Praktis Pengelolaan Drainase Perkotaan*. Departemen Pemukiman Prasarana dan Pemukiman Wilayah. Cipta Karya: Jakarta.
- Arikunto, S. (2013). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Bambang, T. (2008). *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Chow, V.T., Maidment, D.R., & Mays, L.W. (1988). *Applied Hydrology*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Harto Br, S. (1981). *Mengenal Dasar Hidrologi Terapan, Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil*, Yogyakarta.
- Hasmar, H. A., & Halim. (2002). *Standar dan Sistem Drainase Perkotaan*. UII Press. Yogyakarta.
- Kamiana, I. M. (2011). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Kodoatie, R. J., & Sjarief, R. (2005). *Pengelolaan Sumber Air terpadu Edisi 2*. C.V. Andi Offset. Yogyakarta.
- Rahmawati, A., Damayanti, A., & Soedjono, E. S. (2015). Evaluasi Sistem Drainase Terhadap Penanggulangan Genangan di Kota Sidoarjo, Brantas Catchment Area. *Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS, Surabaya*.
- Soewarno. (1991). *Hirologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Nova. Bandung.
- Sosrodarsono, S. (1987). *Hidrologi untuk Pengairan*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Stedinger, J. R. (1981). *Water Resource System Planning and Management*. Prentice Hall.
- Subarkah, I. (1980). *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Idea Dharma. Bandung.
- Suhardjono. (1984). *Drainase Perkotaan*. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Suripin. (2004). *Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Wesli. (2008). *Drainase Perkotaan*. Graha Ilmu. Yogyakarta.