



Evaluasi Kinerja Sistem Drainase Pada Wilayah Kelurahan Medokan Ayu Kota Surabaya¹

Evaluation of Drainage System Performance at Medokan Ayu District Surabaya City

Usaamah Hadi^a, Entin Hidayah^{b, 2}, Gusfan Halik^a

^a Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

^b Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

ABSTRACT

The problem of flood inundation in the Kebon Agung River at the Medokan Ayu Village, Rungkut District Surabaya, is getting worse due to the conditions of topographic, soil properties, high rainfalls, rising sea tides and very significant changes in land use. The eastern part of Surabaya, which was formerly open space land and now developed into a residential area. Therefore in the area, there is often flood inundation when the rainy season due to lack of recharge areas and poor drainage facilities. The performance evaluation of the drainage system was carried out using the SWMM program that is combining hydrology and hydraulic analysis. Hydrology analysis is used to determine various rainfall return periods. The maximum rainfall data are collected for 18 years. The hydraulic analysis is used to obtain the data in the form of cross-section, roughness, and drainage channel capacity. The results of the evaluation of drainage system modeling with SWMM have obtained the inundation points, namely for channels K3-K4-K5- K6-K7-K8 on the right side and Ki2-Ki3-Ki4-Ki5 on the left side.

Keywords: SWMM, Flood, Inundation, Drainage System

ABSTRAK

Pemasalahan genangan banjir di Kali Kebon Agung di Kelurahan Medokan Ayu Kecamatan Rungkut Surabaya menjadi semakin parah karena kondisi topografi, sifat tanah, tingginya intensitas hujan, meningkatnya pasang surut air laut dan perubahan tata guna lahan yang sangat signifikan. Wilayah Surabaya bagian timur yang semula lahan terbuka kini berkembang menjadi daerah perumahan. Oleh sebab itu di wilayah tersebut sering terjadi genangan banjir saat musim hujan dikarenakan kurangnya daerah resapan dan fasilitas drainase yang kurang baik. Evaluasi kinerja sistem drainase pada wilayah tersebut dilakukan dengan menggunakan pemodelan SWMM yang megabungkan pemodelan hidrologi dan hirdolika. Analisis hidrologi digunakan untuk menentukan berbagai kala ulang hujan. Data curah hujan maksimum digunakan selama 18 tahun. Analisis hidrolika digunakan untuk memperoleh data berupa penampang, kekasaran, dan kapasitas saluran drainase. Hasil running SWMM didapatkan titik titik lokasi genangan pada saluran K3-K4-K5-K6-K7-K8 pada sisi kanan dan Ki2-Ki3-Ki4-Ki5 pada sisi kiri.

Kata kunci: SWMM, banjir, genangan, sistem drainase

¹ Info artikel: Received 7 Januari 2019, Received in revised from 29 Januari 2019, Accepted 24 Februari 2019

² Corresponding author: entin.teknik@unej.ac.id (E. Hidayah)

PENDAHULUAN

Laju urbanisasi yang cepat menyebabkan keterbatasan antara kebutuhan perumahan terhadap ketersediaan lahan dan penyediaan infrastruktur, terutama penataan aliran air. Keterbatasan dan perluasan lahan yang berlebihan menyebabkan berbagai masalah yang terjadi di kota-kota seperti banjir (Gunawan, 2010). Hal tersebut dikarenakan berkurangnya fungsi lahan penyimpan air dan sistem drainase yang kurang memadai. Salah satunya seperti yang terjadi di Surabaya Timur daerah Medokan Ayu. Oleh karena itu saluran drainase berperan penting dalam pengelolaan sistem drainase sehingga permasalahan-permasalahan seperti banjir dapat diminimalkan.

Surabaya Timur tepatnya di wilayah aliran Kali Kebon Agung tepatnya di Kelurahan Medokan Ayu Kecamatan Rungkut Surabaya seringkali digenangi dengan air luapan ketika musim penghujan tiba sehingga menghambat aktivitas warga sekitar dan sangat merugikan. Kawasan yang tergenang dari tahun ke tahun semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas saluran saat ini sudah tidak mampu lagi mengalirkan air limpasan yang semakin besar tiap tahunnya sehingga diperlukan evaluasi mengenai sistem drainase di wilayah tersebut.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Evaluasi sistem drainase dilakukan pada aliran Kali Kebon Agung yang terletak di Jl. Raya Medokan Sawah, Kelurahan Medokan Ayu, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur yang bergaris merah.



Gambar 1 Lokasi penelitian

Tahapan Dalam Penelitian

Pengelolaan data hujan

Data yang didapat dari Dinas Pengairan Jagir Kota Surabaya sudah berupa data hujan harian maksimum. Data hujan tersebut dilakukan uji konsistensi dan abnormalitasnya. Sehingga data curah hujan dapat digunakan untuk perhitungan analisis frekuensi hujan.

Analisis frekuensi hujan

Menurut Suripin (2004:32) “tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan”. Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa yang akan datang.

Berikut perhitungan statistik yang digunakan untuk analisis frekuensi hujan :

1. Harga rata-rata data hujan

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

2. Standar Deviasi :

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

3. Koefisien Skewness (Koefisien Kepencengan)

Kepencengan (skewness) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak simetrisan dari suatu bentuk distribusi. Koefisien skema dinyatakan dalam persamaan bentuk (Soewarno, 1995:29):

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

4. Koefisien Kurtosis

Pengukuran kurtosis dimaksud untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien skema dinyatakan dalam persamaan bentuk (Soewarno, 1995:29) :

$$Ck = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{S^4} \quad (4)$$

5. Koefisien Variasi

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung suatu distribusi. Koefisien skema dinyatakan dalam persamaan bentuk (Soewarno, 1995:29)

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \quad (5)$$

dengan n = jumlah data, X = nilai data

Analisis distribusi curah hujan

Analisa distribusi curah hujan rencana ini ditunjukkan untuk mengetahui besarnya curah hujan harian maksimum dalam periode ulang tertentu. Metode yang digunakan untuk perhitungan curah hujan rencana ini adalah Metode Gumbel, Metode Normal, Metode Log Normal dan Metode Log Person III (Hidayah, 2015).

Uji kecocokan periode ulang hujan

Uji kecocokan yang digunakan dalam penentuan periode ulang hujan menggunakan 2 cara yaitu uji Chi-kuadrat dan uji Smirnov-Kolmogorov.

1. Uji Chi-Kuadrat

Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan Metode Uji Chi-Kuadrat adalah sebagai berikut :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{O_f - E_f}{E_f} \quad (6)$$

dengan χ^2 = Parameter chi-kuadrat terhitung, n = Jumlah data hujan, O_f = Jumlah nilai pengamatan data hujan, nilai pengamatan data hujan, E_f = Jumlah nilai teoritis data hujan

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Pengujian distribusi probabilitas dengan metode Smirnov-Kolmogorov dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Mengurutkan data hujan (X_i) dari yang besar ke kecil atau sebaliknya
- b. Menentukan peluang empiris masing-masing data hujan yang sudah diurut dengan rumus
- c. Menentukan peluang teoritis masing-masing data hujan yang sudah diurut berdasarkan persamaan distribusi probabilitas yang dipilih
- d. Menghitung selisih (ΔP_1) antara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data hujan yang sudah diurut

Menentukan apakah $\Delta P_1 < \Delta P$ kritis, jika “tidak” artinya distribusi probabilitas yang dipilih tidak dapat diterima, demikian sebaliknya

Menghitung sebaran intensitas hujan jam-jaman

Mengingat data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan persamaan Mononobe (Suripin, 2004:67) :

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (7)$$

dengan I_t = Intensitas hujan untuk lama hujan t (mm/jam), t_c = Waktu konsentrasi (jam), R_{24} = Curah hujan maksimum selama 24 jam (mm).

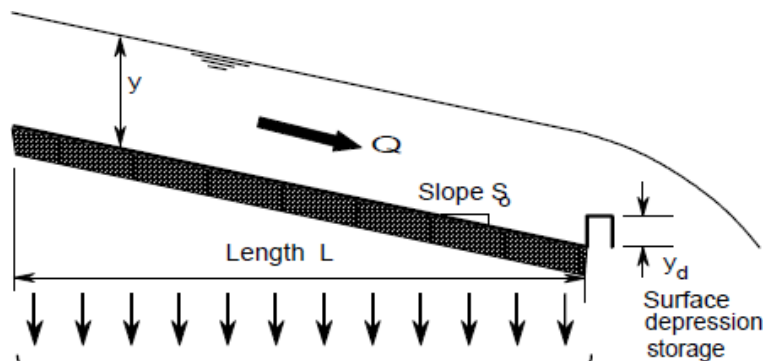
Pemodelan hujan aliran dengan SWMM

Berdasarkan user manual algoritma perhitungan runoff dihasilkan hidrograf dari luasan tangkapan hujan. Modul ini digunakan untuk perhitungan curah hujan pada aliran permukaan, dapat dilihat pada gambar 2. Input data berupa intensitas hujan yang mengalirkan debit pada aliran permukaan saluran. Output debit ini merupakan kombinasi dari limpasan, Q dan infiltrasi, L sebagai berikut :

$$Q = B \frac{C_M}{n} S^{\frac{1}{2}} (y - y_d)^{\frac{5}{3}} \tag{8}$$

$$iL = \left(fL + \frac{Q}{B} \right) + L \frac{\Delta y}{\Delta t} \tag{9}$$

dengan Q = debit, L = panjang pengaliran, B = luas saluran, n = kekasaran saluran, y = tinggi muka air, y_d = tinggi air konstan, C_m = kededapan tanah.



Gambar 2. Sekema perhitungan

Perhitungan infiltrasi menggunakan persamaan Horton.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hujan

Data hujan yang didapat pada Stasiun Hujan Wonorejo dari tahun 2000 sampai tahun 2017 menunjukkan tinggi hujan terbesar pada tanggal 2 Maret 2001 sebesar 200 mm, sedangkan curah hujan terendah pada tanggal 20 November 2008 sebesar 68 mm. Data curah hujan selama 18 tahun dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Data curah hujan

No	Tanggal	Bulan	Tahun	R (mm)
1	23	Maret	2000	115
2	2	Maret	2001	200
3	30	Januari	2002	115
4	10	Maret	2003	76
5	6	Januari	2004	85

No	Tanggal	Bulan	Tahun	R (mm)
6	15	Desember	2005	90
7	4	Januari	2006	153
8	26	Desember	2007	71
9	20	November	2008	68
10	9	Januari	2009	98
11	3	Desember	2010	98
12	9	November	2011	94
13	30	Januari	2012	95
14	27	Januari	2013	76
15	6	Desember	2014	100
16	12	Februari	2015	109
17	21	Mei	2016	121
18	24	November	2017	122

Perhitungan Frekuensi Hujan

Berdasarkan data hujan pada tabel 1, nilai statistiknya diperoleh secara berturut-turut dengan nilai rerata, Nilai standar deviasi, Cs dan Ck sebesar 104,78, 31,87, 1,71, dan 3,91. Hasil pengujian distribusi probabilitas hujan pada daerah pematasan Wonorejo memiliki hujan rancangan untuk masing-masing distribusi seperti tabel 2.

Tabel 2 Hujan rancangan di pematasan Wonorejo

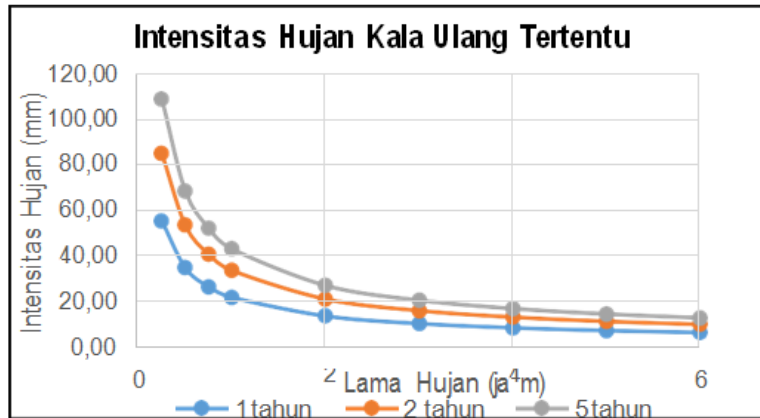
P(x >= Xm) Probabilitas	T Kala Ulang	Karakteristik Debit (m ³ /dt) Menurut Probabilitasnya							
		NORMAL		LOG-NORMAL		GUMBEL		LOG-PEARSON III	
		XT	KT	XT	KT	XT	KT	XT	KT
0.99	1.	30.52	-2.33	53.77	-1.60	52.43	-1.64	63.46	-1.72
0.5	2.	104.78	0.00	100.98	-0.12	99.54	-0.16	97.32	-0.14
0.2	5.	131.60	0.84	126.79	0.69	127.71	0.72	124.47	0.77
0.1	10.	145.62	1.28	142.81	1.19	146.35	1.30	144.83	1.33
0.05	20.	157.20	1.64	157.55	1.66	164.24	1.87	166.24	1.84

Pengujian distribusi probabilitas hujan rancangan pada tabel 2 menggunakan dua metode Chi-Square dan metode Smirnov-Kolmogorov. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode distribusi Log-Pearson III merupakan distribusi yang sesuai, karena nilai simpangan maksimalnya terkecil dan lebih kecil dari simpangan kritis.

Distribusi Hujan Jam-jaman

Hasil perhitungan persamaan Mononobe untuk distribusi hujan jam jaman pada periode ulang 1 tahun, 2 tahun dan 5 tahun dapat ditunjukkan pada gambar 2 Nilai hujan tertinggi

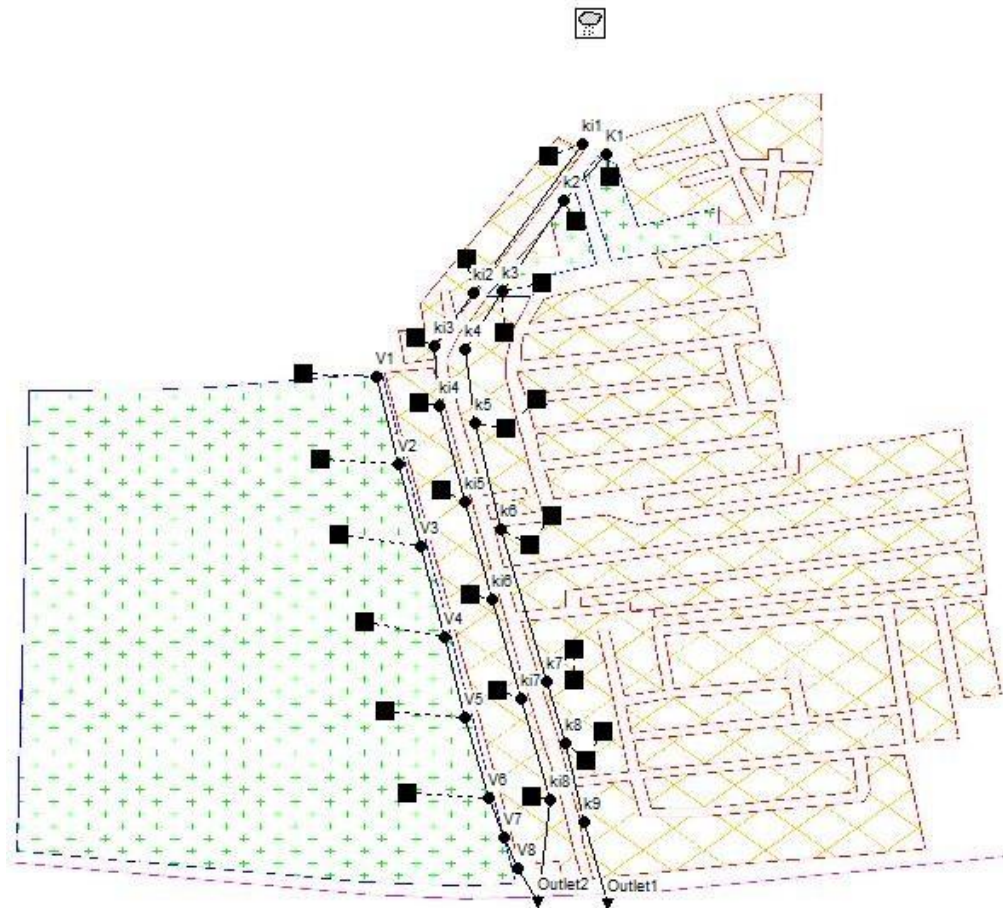
secara berturut turut untuk periode ulang 1, 2, dan 5 tahun sebesar 115,32 mm, 176,84 mm, dan 226,17 mm.



Gambar 2 Grafik *Intensity Duration Frequency (IDF)*

Pemodelan Banjir di Drainase Dengan SWMM

Pemodelan banjir dengan SWMM diawali dengan membuat skema sistim drainase terlebih dahulu seperti gambar 3.



Gambar 3 Skema sistem drainase pada Wonorejo

Gambar 3 menunjukkan bahwa aliran pada saluran drainase Jl. Raya Medokan Sawah ini dibagi menjadi 2 bagian, yaitu saluran kiri dan saluran kanan selain saluran tersebut terdapat saluran Pinggir. Ketiga sistem drainase tersebut bermuara pada saluran primer Kebon Agung. Daerah pematusan Medokan Ayu Selatan merupakan daerah pemukiman padat penduduk.

Dengan terbentuknya pemukiman baru menimbulkan elevasi tanah yang bervariasi. Berikut tabel 3. merupakan detail elevasi permukaan tanah

Tabel 3 Elevasi permukaan tanah

Junction Kanan	Elevasi (m)	Junction Kiri	Elevasi (m)	Junction Pinggir	Elevasi (m)
k1	1,38	Ki1	1,39	V1	1,18
k2	1,28	Ki2	1,20	V2	1,16
k3	1,23	Ki3	1,20	V3	1,14
k4	1,18	Ki4	1,16	V4	1,12
k5	1,12	Ki5	1,12	V5	1,12
k6	1,08	Ki6	1,20	V6	1,10
k7	1,01	Ki7	1,06	V7	1,04
k8	0,97	Ki8	0,99	V8	0,97
k9	0,95				
Outlet1	0,87	Outlet2	0,87	Outlet2	0,87

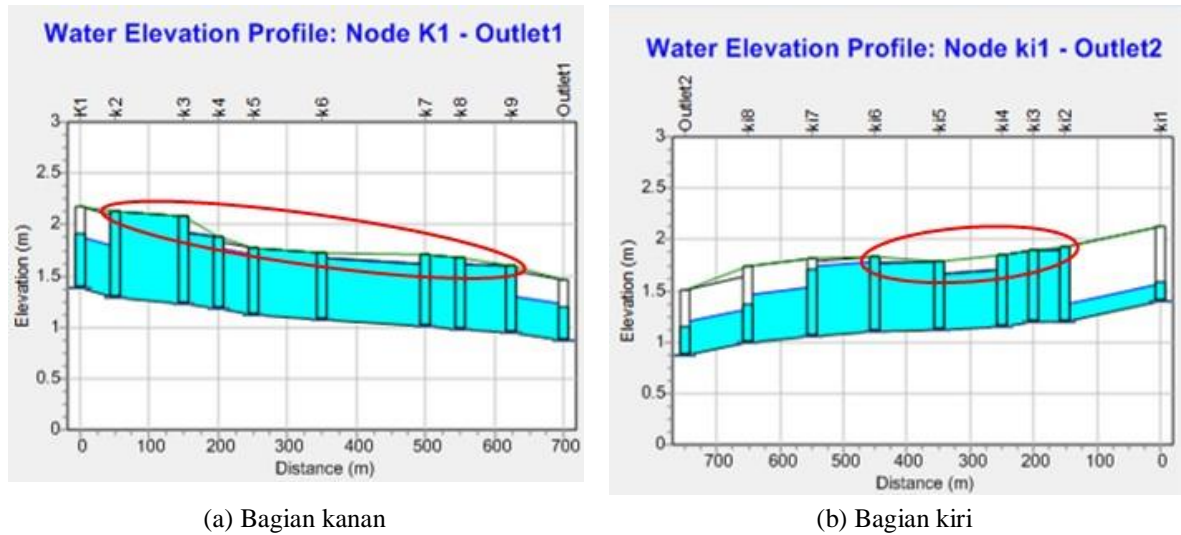
Kalibrasi SWMM

Kalibrasi model perlu untuk dilakukan guna memastikan ketepatan model. Kalibrasi ini diperlukan untuk mencocokkan tinggi muka air hasil pemodelan terhadap pengamatan di penampang saluran. Pengamatan tinggi muka air dilakukan di penampang K6 dan Ki4. pada tanggal 5 Maret 2018.

Hasil pengamatan pada tabel 4 menunjukkan bahwa saluran kanan pada K6 memiliki nilai tingkat kesalahan 0,19 dan saluran kiri pada Ki4 memiliki nilai tingkat kesalahan 0,20. Berdasarkan hasil kalibrasi parameter model dapat digunakan sebagai acuan pemodelan berikutnya.

Running Eksisting SWMM

Saluran eksisting terbuat dari pasangan batu kali dengan kemiringan saluran 0,003. Berdasarkan hasil running model untuk kala ulang 1 tahun, genangan banjir terjadi di beberapa lokasi yang ditandai dengan lingkaran merah pada gambar 4. Oleh karena itu kapasitas tampung saluran drainase pada Jl. Raya Medokan Sawah pada Tabel 5 menunjukkan sudah tidak mampu menampung volume yang dihasilkan karena tinggi muka air melebihi tinggi saluran. Jika dengan kala ulang 1 tahun sudah terjadi banjir maka kondisi ini sudah penting untuk dilakukan perencanaan ulang yang lebih baik.



Gambar 4 Hasil running saluran eksisting

Tabel 4 Dimensi saluran eksisting

Junction	Conduit	Tinggi saluran (m)	Lebar B (m)	Tinggi Muka Air Banjir (m)
k2	C2	0,85	0,5	1,87
k3	C3	0,7	0,6	1,22
k5	C5	0,65	0,47	1,44
k6	C6	0,6	0,48	0,98
k7	C7	0,7	0,4	1,21
k8	C8	0,65	1,4	1
ki2	Ci2	0,7	0,6	0,75
Ki3	Ci3	0,7	0,6	1
Ki4	Ci4	0,55	0,55	0,73
Ki5	Ci5	0,67	0,49	0,88
Ki6	Ci6	0,73	0,53	1,03

Tabel 5 menyatakan bahwa saluran pada bagian kanan K2-K3-K5-K6-K7-K8 (Gambar 4a), sedangkan kiri Ki2-Ki3-Ki4-Ki5-Ki6 (Gambar 4b) adalah akibat dimensi yang tidak sesuai dengan kebutuhan debit limpasan yang berakibat debit menjadi tertahan pada sistem jaringan.

Perencanaan Sistem Drainase

Perencanaan saluran ini dilakukan beberapa perubahan antara lain kemiringan saluran, lapisan dinding saluran serta dimensi saluran. Adapun rencana perubahan ini dimaksudkan untuk mempercepat aliran dan menambah kapasitas pada saluran drainase dengan cara memperkecil gaya gesek aliran, memperbesar kapasitas saluran, dan menambah kemiringan saluran dengan mempertahankan supaya tidak terjadi aliran kritis. Untuk memperkecil gaya gesek aliran, dinding saluran dipilih bahan dari beton berupa box

culvert dengan bentuk penampang saluran tegak. Kemiringan saluran direncanakan 0.004 pada saluran kanan dan saluran kiri.

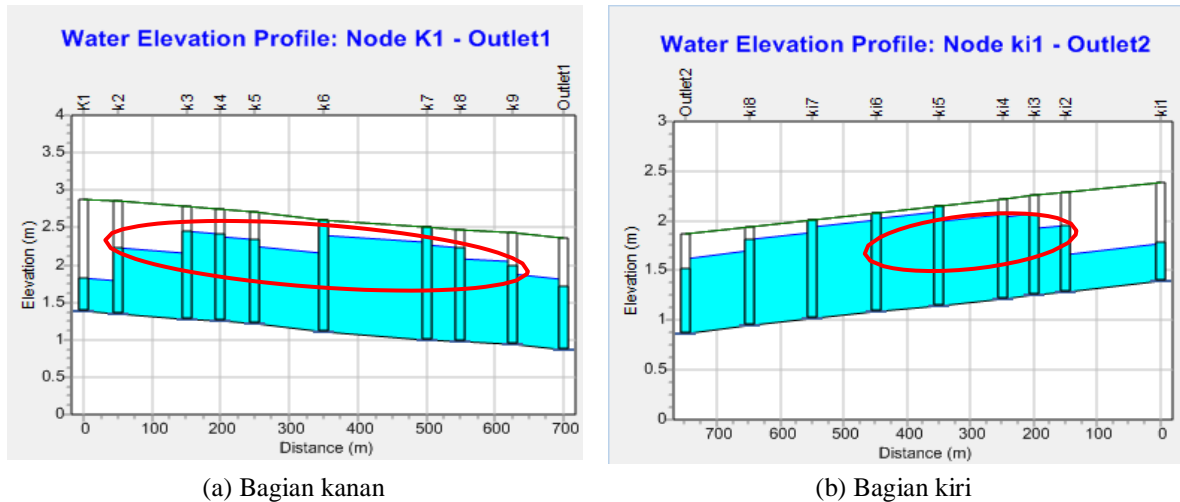
Tabel 5 Perubahan Elevasi Saluran Hasil Running

Junction Kanan	Eksisting (m)	Rencana (m)	Junction Kiri	Eksisting (m)	Rencana (m)
k1	1,38	1,38	Ki1	1,39	1,39
k2	1,29	1,35	Ki2	1,2	1,29
k3	1,23	1,28	Ki3	1,2	1,26
k4	1,18	1,25	Ki4	1,16	1,22
k5	1,12	1,21	Ki5	1,12	1,15
k6	1,08	1,11	Ki6	1,11	1,08
k7	1,01	1,00	Ki7	1,06	1,01
k8	0,97	0,97	Ki8	0,99	0,94
k9	0,95	0,93			
Outlet 1	0,86	0,86	Outlet 2	0,86	0,86

Tabel 6 Perubahan dimensi saluran hasil running

Junction	Eksisting		Bentuk Saluran Eksisting	Rencana		Bentuk Saluran Rencana
	H (m)	B (m)		H (m)	B (m)	
k2	0,85	0,5	RECT-OPEN	0,9	0,8	RECT-CLOSED
k3	0,7	0,6	RECT-CLOSED	0,9	0,8	RECT-CLOSED
k5	0,65	0,47	RECT-OPEN	0,9	0,8	RECT-CLOSED
k6	0,6	0,48	RECT-OPEN	0,9	0,8	RECT-CLOSED
k7	0,7	0,4	RECT-OPEN	0,9	0,8	RECT-CLOSED
k8	0,65	1,4	RECT-OPEN	0,9	0,8	RECT-CLOSED
Ki3	0,7	0,6	RECT-CLOSED	1,5	1	RECT-CLOSED
Ki4	0,55	0,55	RECT-OPEN	1,5	1	RECT-CLOSED
Ki5	0,67	0,49	RECT-OPEN	1,5	1	RECT-CLOSED
Ki6	0,73	0,53	RECT-CLOSED	1,5	1	RECT-CLOSED

Berdasarkan perubahan dimensi dan perubahan elevasi (tabel 6 dan tabel 7) untuk kala ulang hujan 5 tahun menunjukkan tidak terjadi luapan dan masih ada tinggi jagaan saluran setinggi 0,15m dengan kemiringannya 0,003 untuk saluran kanan dan 0,10m dengan kemiringannya 0,002 untuk saluran kiri. Hasil simulasi model untuk kala ulang 5 tahun ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Hasil Running Setelah Perubahan Dimensi a. Saluran Kanan b.Saluran Kiri

KESIMPULAN

Beberapa saluran eksisting sudah tidak mampu menampung debit limpasan untuk banjir kala ulang 1 tahun. Luapan air terjadi pada saluran K3-K4-K5-K6-K7-K8 pada sisi kanan dan Ki2-Ki3-Ki4-Ki5-Ki6 pada sisi kiri. Perencanaan ulang dilakukan dengan merubah dimensi dan kemiringan saluran yang semula berukuran rata-rata $0,7 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$ dengan elevasi di titik awal $1,38 \text{ m}$ dan di titik akhir $0,95 \text{ m}$ diubah menjadi $1,5 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ dengan elevasi di titik awal $1,38 \text{ m}$ dan di titik akhir $0,95 \text{ m}$ sisi bagian kanan dan $0,7 \text{ m} \times 0,6 \text{ m}$ dengan elevasi di titik awal $1,39 \text{ m}$ dan di titik akhir $0,99 \text{ m}$ diubah menjadi $0,9 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}$ dengan elevasi di titik awal $1,39 \text{ m}$ dan di titik akhir $0,94 \text{ m}$ sisi bagian kiri.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Amin, Baitullah. (2009). *Diktat Drainase Perkotaan. Jurusan Teknik Sipil*, Palembang.
- Chow, V.T. (1997). *Hidrolika Saluran Terbuka*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2014). *Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan*, Jakarta. Kementerian Pekerjaan Umum.
- Harto, S. (1993). *Analisis Hidrologi*, Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hidayah, E. (2015). *Analisis Curah Hujan*, devezzfil.
- Kamiana, I.M. (2011). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*, Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Soemarto, C.D. (1987). *Hidrologi Teknik*, Surabaya: Penerbit Usaha Nasional.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data, Jilid I*, Bandung: Penerbit Nova.
- Sosrodarsono S., dan Kensaku T. (1987). *Hidrologi untuk Pengairan, edisi IV*. PT. Pradya Paramita, Jakarta.
- Subarkah, I. (1980). *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma.
- Suripin, 2004, *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi
- Triatmojo, T. (2010). *Integrasi Tata Ruang Dan Tata Air Untuk Mengurangi Banjir Di Surabaya*.

Wesli. (2008). *Drainase Perkotaan*, Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu. “Urban Drainage Guidelines and Technical Design Standards” dan Keputusan Direktur Jenderal Cipta Karya No: 07/KPTS/ CK/ 1999 Tentang Petunjuk Teknis Perencanaan, Pembangunan dan Pengelolaan Bidang Ke-Plp-an Perkotaan dan Perdesaan.