

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE PERUM GRIYA ASRI WIKA JATIRANGGON BEKASI

Nuzul Barkah Prihutomo, M. Zaqqi Nurfadillah dan Sarah Adistia¹

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta, Kampus Baru UI Depok 16425

Email : sarah.adistia@gmail.com

Abstract

Drainage is a series of waterworks that serve to reduce and remove excess water from the land or in a region, so that the land can function optimally and is defined as the infrastructure that serves the water and the surface water body or to buildings and artificial recharge. The goal is to help resolve the problem of flooding that occurred in Perum Griya Asri Wika Jatiranggon Bekasi. Data processing method using a manual calculation according a rational method for calculation the debit of rain, and Manning formula for the debit channel. After calculating, it is known there are many dimensions that couldn't accommodating the needs of existing discharge so that the most rational solution to cope with the flood was able to do normalization and change the existing channel which was originally made of stone into a u-ditch dimensional (50.70.120cm)

Keywords: Flood, Drainage, Capacity, U-ditch.

Abstrak

Drainase adalah serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal dan diartikan sebagai prasarana yang berfungsi mengalirkan air permukaan ke badan air dan/atau ke bangunan resapan buatan. Tujuannya untuk membantu menyelesaikan permasalahan banjir yang terjadi pada Perum Griya Asri Wika Jatiranggon, Bekasi. Metode pengolahan data menggunakan perhitungan secara manual sesuai dengan metode rasional untuk menghitung debit hujan, dan rumus manning untuk debit saluran. Setelah dilakukan perhitungan maka diketahui masih banyak dimensi yang tidak mampu menampung debit kebutuhan yang ada sehingga solusi yang paling rasional untuk mengatasi banjir tersebut adalah dengan melakukan normalisasi pada saluran dan mengubah saluran eksisting yang semula terbuat dari batu kali menjadi u-ditch dimensi (50.70.120cm).

Kata kunci : Banjir, Drainase, Kapasitas, Uditch.

PENDAHULUAN

Banjir dan bencana akibat banjir dapat terjadi karena faktor alamiah maupun pengaruh perlakuan masyarakat terhadap alam dan lingkungannya. Untuk daerah perkotaan pada umumnya air hujan yang turun akan dialirkan masuk ke dalam saluran-saluran buatan yang mengalirkan air masuk ke sungai. Kontur lahan yang terdapat di daerah perkotaan direncanakan agar air hujan yang turun mengalir ke dalam saluran-saluran buatan tadi. Ada kalanya, kapasitas saluran tersebut tidak mencukupi untuk menampung air hujan yang terjadi, sehingga mengakibatkan banjir.

Salah satu wilayah yang tergenang banjir ketika musim hujan datang adalah Perum Griya Asri Wika Jatiranggon Bekasi. Pada

bulan-bulan tertentu, setiap hujan tiba maka daerah ini selalu tergenang sehingga wilayah ini identik dengan kata "banjir". Banjir yang menggenangi wilayah ini disebabkan tidak hanya karena hujan lokal dengan curah hujan yang tinggi, namun juga karena wilayah perumahan yang berada di elevasi rendah serta sistem drainase yang buruk sehingga membuat air hujan dari tempat-tempat dengan elevasi yang tinggi menggenangi sebagian wilayah perumahan. Dengan berbagai permasalahan itu, maka perlu dilakukan perencanaan sistem drainase di Perum Griya Asri Wika Jatiranggon Bekasi.

Studi ini bertujuan:

Untuk mengetahui penyebab terjadinya banjir di Perum Griya Asri Wika Jatiranggon, Bekasi

Untuk mengetahui perbandingan beban drainase dengan kapasitas penampang saluran pada lokasi tinjauan

Untuk mengetahui penanganan apa saja yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan banjir pada lokasi tinjauan

Drainase

Drainase dapat diartikan sebagai prasarana yang berfungsi mengalirkan air permukaan ke badan air dan/atau ke bangunan resapan buatan (Pedoman Perencanaan Sistem Drainase Jalan, 2006)

Sedangkan sistem drainase adalah serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan ke badan air atau tempat peresapan buatan. Bangunan sistem drainase dapat terdiri atas saluran penerima, saluran pembawa air berlebih, saluran pengumpul dan badan air penerima (Pedoman Perencanaan Sistem Drainase Jalan, 2006)

Data Curah Hujan

Merupakan data curah hujan harian maksimum dalam setahun dinyatakan dalam mm/hari. Data curah hujan ini diperoleh diperoleh dari badan meteorology dan geofisika atau langsung ke Dinas Pekerjaan Umum yang dekat dengan lokasi tinjauan. Jumlah data curah hujan yang dibutuhkan ialah minimum curah hujan periode 10 tahun.

Analisis Frekuensi

Analisis Frekuensi adalah suatu analisis data hidrologi dengan menggunakan statistika yang bertujuan untuk memprediksi suatu besaran hujan atau debit dengan masa ulang tertentu. Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui.

Koefisien Aliran Permukaan

Koefisien aliran permukaan adalah angka reduksi dari intensitas curah hujan, yang besarnya disesuaikan dengan kondisi

permukaan, dan kemiringan/ kelandaian, jenis tanah, dan durasi hujan.

Jika daerah pengaliran mempunyai tata guna lahan yang bervariasi, maka nilai pengalirannya dapat dihitung berdasarkan persamaan menurut The Asphalt Institute (Shirley L. Hendarsin, 2000):

$$c_w = \frac{A_1 \cdot c_1 + A_2 \cdot c_2 + \dots + A_n \cdot c_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Dimana:

- c_1, c_2, c_n = koefisien aliran setiap sub catchment area
- A_1, A_2, A_3 = luas catchment area
- c_w = koefisien rata-rata

Tabel 1. Koefisien Aliran Permukaan

Koefisien Permukaan Tanah	Koefisien
Jalan beton dan jalan aspal	0,70 – 0,95
Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 – 0,75
Bahu jalan :	
1. Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65
2. Tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20
3. Batuan massif keras	0,70 – 0,85
4. Batuan massif lunak	0,60 – 0,75
Daerah perkotaan	0,70 – 0,95
Daerah pinggir kota	0,60 – 0,70
Daerah industri	0,60 – 0,70
Pemukiman padat	0,60 – 0,80
Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60
Taman dan kebun	0,20 – 0,40
Persawahan	0,45 – 0,60
Perbukitan	0,70 – 0,80
Pegunungan	0,75 – 0,90

Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi (Desi Supriyan, 2004). Intensitas curah hujan dinotasikan dengan huruf atau dengan satuan mm/jam, yang artinya tinggi curah hujan yang terjadi sekian mm dalam kurun waktu per jam.

Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe:

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

Dimana:

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lamanya curah hujan (jam)

R₂₄ = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

Debit Banjir

Debit banjir rencana adalah besarnya debit yang direncanakan melewati sebuah bangunan air yang dalam hal ini berupa saluran dengan periode tertentu, atau volume air rencana pada permukaan tanah yang masuk ke dalam saluran. Debit yang masuk berbanding lurus dengan besarnya koefisien aliran permukaan, intensitas curah hujan dan luasan daerah tangkapan. Metode yang umum digunakan adalah metode Rasional USSCS (1973) dengan penggunaan yang terbatas untuk DPS ukuran kecil yaitu kurang dari 300 Ha (Suripin, 2014). Persamaan metode rasional dinyatakan dalam bentuk:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3,6}$$

Dimana:

Q = debit maksimum (m³/detik)

C = koefisien aliran permukaan

I = intensitas curah hujan

A = luas daerah pengaliran (Ha)

METODE PENELITIAN

Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan langsung di lapangan oleh orang yang melakukan penelitian atau yang bersangkutan yang memerlukannya. Survey untuk mengumpulkan data primer yang dilakukan adalah:

Observasi (Pengamatan Lapangan)

Yaitu merupakan pengumpulan data yang dilakukan melalui pengamatan yang dilakukan. Dalam penelitian ini, observasi yang kami lakukan ialah melakukan pengukuran menggunakan waterpass untuk mengetahui elevasi permukaan tanah dan juga elevasi saluran eksisting drainase yang terdapat pada lokasi studi.

Dokumentasi

Untuk melengkapi perolehan data dilakukan pula dokumentasi hasil observasi lapangan dalam bentuk foto mengenai saluran drainase eksisting pada lokasi studi, mulai saluran pengumpul dan saluran pembawa.

Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang dikutip dari sumber lain yang kemungkinan sudah merupakan data dari tangan kedua, ketiga dan seterusnya.

Data Curah Hujan

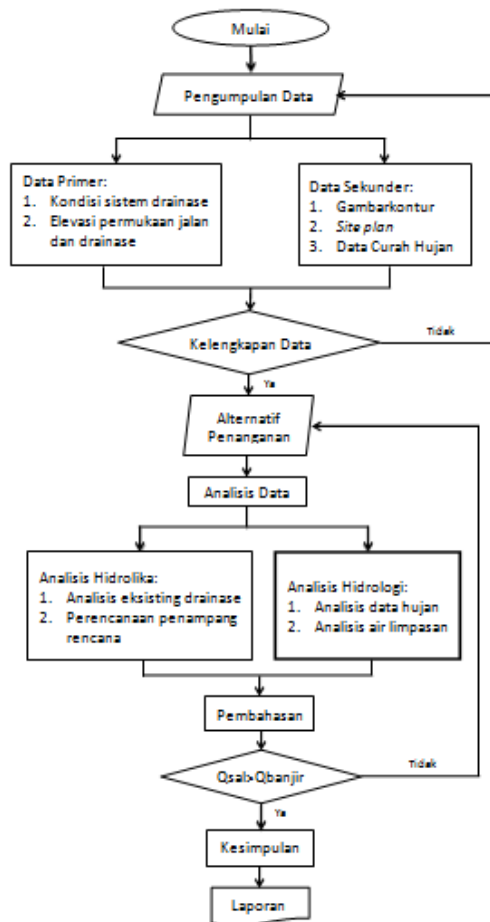
Data curah hujan diambil dari beberapa pos stasiun terdekat dari lokasi tinjauan.

Data Gambar

Untuk dapat mengetahui lay out lokasi, denah drainase eksisting, gambar kontur tanah awal, gambar peta DPS lokasi studi. Gambar-gambar tersebut ada yang kami dapatkan dari pihak pengembang ada pula yang kami buat dari hasil pengamatan kami di lapangan. Data gambar yang kami miliki merupakan Peta RBI yang kami dapatkan dari Badan Informasi dan Geospasial.

Diagram Alir Perencanaan

Diagram alir ini merupakan tahapan analisis data yang akan dilakukan penulis untuk menyelesaikan penelitian ini. dengan demikian penelitian ini dapat diselesaikan dengan sistematis dan mendapatkan hasil yang sesuai dengan kondisi lapangan serta sesuai dengan tujuan yang diinginkan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemilihan Tipe Distribusi

Tabel 2. Pengurutan Data Curah Hujan

Tahun	Rh Max (mm)	Tahun	Rh Max (mm)
2005	157.0	2006	187.5
2006	187.5	2007	164.2
2007	164.2	2005	157.0
2008	86.0	2013	149.85
2009	137.0	2009	137.0
2010	80.5	2012	128.2
2011	117.4	2011	117.4
2012	128.2	2014	111.25
2013	149.85	2008	86.0
2014	111.25	2010	80.5

Rata-rata hitung (mean):

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{1318,9}{10} = 131,89 \text{ mm}$$

Standar deviasi (Sd):

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum(Xa - Xi)^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{10512,004}{10 - 1}} = 34,176$$

Distribusi normal:

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S_i$$

Berdasarkan tabel maka nilai K_T untuk periode ulang 11 tahunan didapat dengan interpolasi:

$$\frac{20 - 10}{11 - 10} = \frac{1,64 - 1,28}{x - 1,28}$$

$$\frac{10}{10} = \frac{0,36}{x - 1,28}$$

$$x = K_T = 1,316$$

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S_i$$

$$X_T = 131,89 + 1,316 \times 34,176$$

$$X_T = 176,865 \text{ mm}$$

Root Mean Squared Deviation

$$R_1 = (176,865 - 187,5)^2 = 113,09$$

Mean Absolute Percentage Error

$$R_1 = \left| \frac{176,865 - 187,5}{187,5} \right| \times 100\% = 5,672\%$$

Analisis Frekuensi dan Intensitas

Kt	Periode Ulang		Normal (mm)
	(T tahunan)	Hujan	
0	2	R ₂	131.890
0.84	5	R ₅	160.598
1.28	10	R ₁₀	175.635
1.64	20	R ₂₀	187.939
1.71	25	R ₂₅	190.274
2.05	50	R ₅₀	201.951
2.33	100	R ₁₀₀	211.520

Gambar 2. Rekapitulasi Perhitungan Distribusi Normal

$$I = \left(\frac{R_2}{24} \right) \times \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}}$$

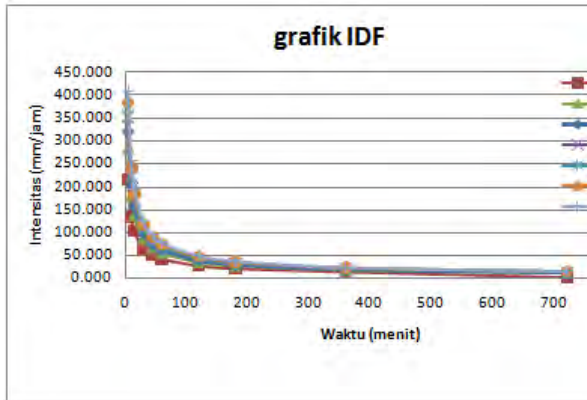
Contoh perhitungan Periode Ulang 10 Tahunan:

$$R_2 = 131,890 \text{ mm}$$

$$t = 5 \text{ menit} = 0,0833 \text{ jam}$$

$$I = \left(\frac{131,890}{24} \right) \times \left(\frac{24}{0,083} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 239,660 \text{ mm/jam}$$



Gambar 3. Grafik IDF Tipe Distribusi Normal

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Intensitas Periode Ulang 2 Tahunan

No	t (menit)	t (jam)	Xt	(24/t) ^{2,3}
1	5	0.083		43.611
2	10	0.167		27.473
3	15	0.250		20.966
4	30	0.500		13.208
5	45	0.750		10.079
6	60	1.000	131.890	8.320
7	120	2.000		5.241
8	180	3.000		4.000
9	360	6.000		2.520
10	720	12.000		1.587

Pembagian Zona Tangkapan

Pembagian zona tangkapan pada analisis perhitungan ini berdasarkan pengamatan dari kemiringan kontur tanah di lapangan yang menuju ke saluran.

Contoh perhitungan segmen 1 – 2:

Luas Daerah (A):

- Jalan Aspal = 543,250 m²
- Pemukiman Padat = 11.552,456 m²
- Taman dan Kebun = 256,225 m²

Koefisien Pengaliran (C)

- Jalan Aspal = 0,95
- Pemukiman Padat = 0,80
- Taman dan Kebun = 0,40
- Ce = 0,7983

Jenis Saluran = Tersier

L saluran = 14,15 m

Lo = 165,45 m

Perhitungan Waktu Konsentrasi:

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_o \times \frac{n}{\sqrt{S \text{ jalan}}} \right)$$

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 165,450 \times \frac{0,017}{\sqrt{0,02}} \right)$$

$$t_o = 43,489 \text{ menit}$$

$$t_d = \frac{1}{60} \left(\frac{L}{V} \right)$$

$$t_d = \frac{1}{60} \left(\frac{14,150}{1,5} \right)$$

$$t_d = 0,157 \text{ menit}$$

$$t_c = t_o + t_d$$

$$t_c = 43,489 + 0,157 = 43,646 \text{ menit}$$

Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Berdasarkan analisis frekuensi dan intensitas, didapat R₂ = 131,89 mm

$$I = \left(\frac{R_2}{24} \right) \times \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = \left(\frac{131,89}{24} \right) \times \left(\frac{24}{43,646/60} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 56,529 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan Debit Banjir:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6}$$

$$Q = \frac{0,7983 \times 56,529 \times 0,012352}{3,6}$$

$$Q = 0,1548 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Perhitungan Kapasitas Saluran

Perhitungan kapasitas saluran dihitung berdasarkan rumus Manning, yaitu:

$$i = 0,00424$$

$$n = 0,017$$

$$\text{beksisting} = 0,650 \text{ m}$$

$$Q = 0,1548 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q = A \times \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = (b \times h) \times \frac{1}{n} \times \left(\frac{A}{Lu} \right)^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = (b \times h) \times \frac{1}{n} \times \left(\frac{b \times h}{2h \times b} \right)^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{Q \times n}{S^{\frac{1}{2}}} \times \frac{1}{b \times h} = \left(\frac{b \times h}{2h + b} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\frac{0,1548 \times 0,017}{0,00424^{\frac{1}{2}}} \times \frac{1}{0,650 \times h}$$

$$= \left(\frac{0,650 \times h}{2h + 0,650} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Dengan trial and error didapatkan:

$$h = 0,235 \text{ m}$$

$$0,1548 \times 0,017 \times \frac{1}{0,00424^{\frac{1}{2}}} \times \frac{1}{0,650 \times 0,235}$$

$$= \left(\frac{0,650 \times 0,235}{2 \times 0,235 + 0,650} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$0,0405 = 0,0405 \text{ (OK)}$$

Tabel 4. Perbandingan Dimensi Eksisting dengan Dimensi Kebutuhan

Segmen	Jenis Saluran	Lebar Eksisting Saluran b (m)	Ketinggian Saluran (m)		Cek Ke Sal
			$h_{\text{eksisting}}$	$h_{\text{kebutuhan}}$	
1-2	T	0.650	0.826	0.235	
2-3	T	0.600	0.788	0.201	
3-4	T	0.550	0.644	0.260	
2-6	T	0.500	0.788	0.227	
6-7	T	0.500	0.650	0.621	
4-5	T	0.550	0.550	0.369	
12-7	T	0.500	0.615	0.146	
7-8	T	0.500	0.558	0.175	
14-13	T	0.350	0.499	0.215	
13-12	T	0.450	0.541	0.170	
15-14	T	0.350	0.423	0.282	
16-17	T	0.330	0.467	0.181	
17-18	T	0.450	0.522	0.218	
22-18	T	0.420	0.531	0.178	
18-19	T	0.400	0.519	0.163	
23-19	T	0.400	0.520	0.179	
19-20	T	0.350	0.624	0.262	
24-20	T	0.300	0.446	0.137	
20-21	T	0.400	0.683	0.197	
21-8	T	0.500	0.725	0.217	
8-9	T	0.450	0.760	1.701	tid
9-10	T	0.400	0.513	1.543	tid
25-10	T	0.350	0.406	0.085	
10-11	T	0.400	0.692	1.811	tid
11-5	T	0.450	0.575	2.095	tid

Solusi

Berdasarkan kecepatan pengaliran yang diizinkan untuk pasangan batu kali adalah:

$$v = 1,5 \text{ m}^2/\text{det}$$

$$\text{beksisting} = 0,65 \text{ m}$$

$$Q = A \times v$$

$$Q = b \times h \times v$$

$$0,1548 = 0,65 \times h \times 1,5$$

$$h = 0,159 \text{ m}$$

$$n = 0,017$$

$$\frac{1}{n} = 58,82$$

$$R = \frac{A}{Lu} = \frac{b \times h}{2h + b}$$

$$= \frac{0,65 \times 0,159}{2 \times 0,159 + 0,65}$$

$$= 0,107 \text{ m}$$

$$R^{2/3} = 0,1072/3$$

$$= 0,2249$$

Mencari kemiringan rencana dengan rumus:

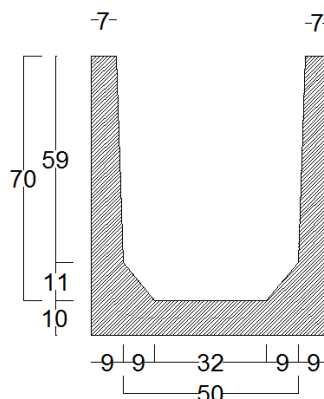
$$v = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times s^{\frac{1}{2}}$$

$$1,5 = 58,82 \times 0,2249 \times s^{1/2}$$

$$s = \frac{58,82 \times 0,2249}{1,5}$$

$$s = 0,0129$$

Mengganti Saluran dengan U-Ditch



Gambar 4. Penampang U-Ditch

Untuk mengantisipasi kedalaman saluran, maka direncanakan u-ditch dengan dimensi 0,5 x 0,7 m untuk mempermudah proses pengerjaan. Dengan adanya perubahan dimensi ini, maka perlu adanya perhitungan kemiringan saluran yang dipengaruhi oleh rumus:

$$v = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times s^{\frac{1}{2}}$$

$$R = \frac{A}{Lu} = \frac{b \times h}{2h + b}$$

Contoh perhitungan segmen 8 – 9:

Berdasarkan hasil rencana dan perhitungan diketahui:

$$Q_{8-9} = 0,8053 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$v = 1,5 \text{ m}^2/\text{det}$$

Dimensi berdasarkan u-ditch rencana:

$$b = 0,5 \text{ m}$$

$$h = 0,7 \text{ m}$$

Berdasarkan Tabel 2-8 Koefisien Kekasaran n Menurut Manning, nilai n untuk beton adalah:

$$n = 0,22$$

$$\frac{1}{n} = 45,45$$

$$R = \frac{A}{Lu} = \frac{b \times h}{2h + b}$$

$$= \frac{0,5 \times 0,7}{2 \times 0,5 + 0,7}$$

$$= 0,184 \text{ m}$$

$$R^{2/3} = 0,1842/3 \\ = 0,324$$

Mencari kemiringan rencana dengan rumus:

$$v = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times s^{1/2} \\ 1,5 = \frac{1}{0,0139} \times 0,324 \times s^{1/2} \\ s = \frac{0,0139 \times 1,5}{0,324} \\ s = 0,01039$$

Dengan menggunakan sampel segmen 8 – 9 dengan debit $Q = 0,8053 \text{ m}^3/\text{det}$, maka disarankan mengubah tinggi saluran dari ketinggian eksisting 0,76 m menjadi u-ditch dimensi $0,5 \times 0,7 \text{ m}$ dengan kemiringan 0,01039. Diikuti dengan segmen 9 – 10, 10 – 11 dan 11 – 5.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil analisis tinjauan sistem saluran drainase pada kawasan Perum Griya Asri Wika Jatiranggon Bekasi dapat disimpulkan:

Penyebab terjadinya banjir pada Perum Griya Asri Wika Jatiranggon Bekasi dikarenakan banyaknya dinding saluran eksisting yang rusak dan elevasi dasar saluran yang rendah di titik-titik banjir

Berdasarkan perhitungan analisis di dapat debit banjir lebih besar daripada kapasitas penampang saluran sehingga terjadi banjir. Penanganan permasalahan banjir yang terjadi pada Perum Griya Asri Wika Jatiranggon Bekasi dapat dilakukan dengan melakukan normalisasi pada saluran yang memiliki kerusakan pada sejumlah dindingnya.

Saran

Dari berbagai permasalahan yang telah dirangkum dalam kesimpulan diatas, maka

solusi yang mungkin bisa diterapkan di lokasi tinjauan adalah:

Redesign penampang saluran dengan mempertahankan lebar eksisting karena keterbatasan lahan untuk mengubah lebar rencana

Mengubah beberapa saluran eksisting yang awalnya merupakan pasangan batu kali, menjadi u-ditch atau saluran beton precast ukuran $0,5 \times 0,7 \text{ m}$

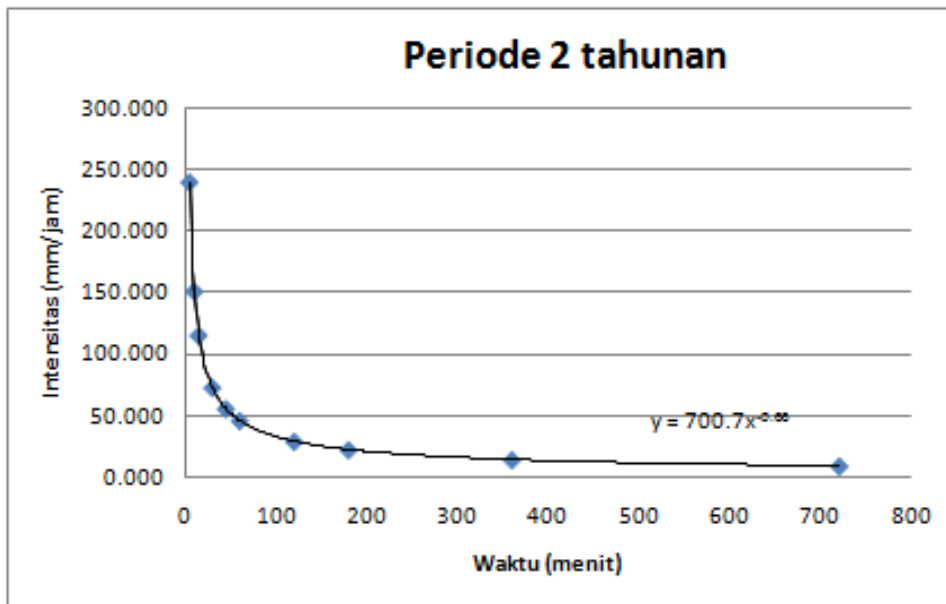
Mengubah flow atau arah aliran eksisting dengan menutup segmen 2 – 6 juga menambahkan gorong-gorong di node 7 sehingga aliran yang datang dari segmen 12 – 7 bisa langsung dialirkan ke segmen 4 – 5

UCAPAN TERIMA KASIH

Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahnya, orang tua tercinta atas perhatian yang diberikan kepada ananda. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta yang selama ini membimbing dan memberikan pengarahan, teman-teman Sipil 2 Pagi, dan pihak penyandang dana yang membantu penelitian kami sehingga berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E.M, Wilson. 1993. Hidrologi Teknik. Bandung: Penerbit ITB.
- [2] Hindarko, S. 2000. Drainase Perkotaan. Jakarta: Penerbit Esha.
- [3] Soemarto, CD. 1987. Hidrologi Teknik. Surabaya: Usaha Nasional.
- [4] Sudaryoko, Y. 1986. Pedoman Penanggulangan Banjir. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- [5] Triatmodjo, Bambang. 2010. Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.



Gambar 5. Grafik Intensitas Periode 2 Tahunan

Tabel 5. Perhitungan Debit Lokal dan Kiriman (1)

Segmen	Jenis Saluran	Beda Tinggi (m)	L (m)	Lo (m)	S saluran	S jalan	n	v
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-2	T	0.0600	14.15	165.45	0.00424	0.020	0.017	1.500
2-3	T	0.0100	5.00		0.00200	0.020	0.017	1.500
3-4	T	0.0470	12.00	2.26	0.00392	0.020	0.017	1.500
2-6	T	0.2120	20.30	1.88	0.01044	0.020	0.017	1.500
6-7	T	0.2170	110.4	2.34	0.00197	0.020	0.017	1.500
4-5	T	1.2560	172.9	2.83	0.00726	0.020	0.017	1.500
12-7	T	1.6730	48.03	7.60	0.03485	0.020	0.017	1.500
7-8	T	0.6540	4.79		0.13768	0.020	0.017	1.500
14-13	T	0.3600	33.20	2.78	0.01084	0.020	0.017	1.500
13-12	T	0.0230	2.21		0.01041	0.020	0.017	1.500
15-14	T	0.1210	46.77	2.50	0.00259	0.020	0.017	1.500
16-17	T	0.2370	43.85	2.50	0.00540	0.020	0.017	1.500
17-18	T	0.0880	29.95	2.78	0.00294	0.020	0.017	1.500
22-18	T	0.1460	41.18	1.57	0.00355	0.020	0.017	1.500
18-19	T	0.1150	4.20		0.02738	0.020	0.017	1.500
23-19	T	0.1740	43.78	1.57	0.00397	0.020	0.017	1.500
19-20	T	0.8860	30.20	2.15	0.02935	0.020	0.017	1.500
24-20	T	0.4940	44.81	2.91	0.01102	0.020	0.017	1.500
20-21	T	0.2680	4.26		0.06306	0.020	0.017	1.500
21-8	T	1.1920	28.38	2.42	0.04205	0.020	0.017	1.500
8-9	T	0.1030	37.37	3.20	0.00276	0.020	0.017	1.500
9-10	T	0.0240	4.85		0.00495	0.020	0.017	1.500
25-10	T	0.5620	25.56	2.32	0.02200	0.020	0.017	1.500
10-11	T	0.0800	19.25	4.14	0.00416	0.020	0.017	1.500
11-5	T	0.0230	10.20	3.91	0.00225	0.020	0.017	1.500

Tabel 6. Perhitungan Debit Lokal dan Kiriman (2)

to (menit)	td (menit)	tc (menit)	C	Ce	I (mm/jam)	A (km ²)	A'	Q (m ³ /dt)	Q' (m ³ /dt)
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
43.49	0.16	43.65	0.7983	0.7983	56.53	0.012352	0.012352	0.1548	0.1548
				0.7983			0.012352		0.0774
0.593	0.133	0.726	0.8291	0.0201	867.47	0.000155	0.012507	0.0606	0.1380
0.49	0.23	0.72	0.8303	0.0286	872.56	0.000285	0.012637	0.0876	0.1650
0.61	1.23	1.84	0.8295	0.0522	466.60	0.000843	0.013480	0.0913	0.2563
0.74	1.92	2.66	0.8270	0.1092	364.57	0.001897	0.014403	0.1592	0.2972
2.00	0.53	2.53	0.8378	0.8378	377.29	0.000414	0.000762	0.0669	0.1639
				0.0501			0.014243		0.4202
0.73	0.37	1.10	0.8263	0.4741	658.29	0.000349	0.000349	0.0302	0.0970
				0.4741			0.000349		0.0970
0.66	0.52	1.18	0.8349	0.8349	628.69	0.000458	0.000458	0.0667	0.0667
0.66	0.49	1.14	0.8344	0.8344	640.52	0.000340	0.000340	0.0504	0.0504
0.73	0.33	1.06	0.8652	0.2467	672.58	0.000135	0.000475	0.0219	0.0723
0.41	0.46	0.87	0.8274	0.8274	769.58	0.000311	0.000311	0.0550	0.0550
				0.3276			0.000786		0.1273
0.41	0.49	0.90	0.8270	0.8270	752.98	0.000319	0.000319	0.0552	0.0552
0.56	0.34	0.90	0.8660	0.1027	752.09	0.000130	0.001105	0.0237	0.2063
0.76	0.50	1.26	0.8335	0.8335	599.81	0.000319	0.000319	0.0443	0.0443
				0.1867			0.001424		0.2506
0.64	0.32	0.95	0.8307	0.1867	724.44	0.000209	0.001634	0.0614	0.3119
0.84	0.42	1.26	0.7606	0.0266	602.29	0.000553	0.016429	0.0731	0.8053
				0.0266			0.016429		0.8053
0.61	0.28	0.89	0.8622	0.8622	755.99	0.000215	0.000215	0.0390	0.0390
1.09	0.21	1.30	0.8366	0.0116	588.08	0.000288	0.016644	0.0315	0.8758
1.03	0.11	1.14	0.9500	0.0116	641.74	0.000018	0.016662	0.0344	0.9103

Tabel 7. Solusi Untuk Beberapa Segmen

Segmen	Jenis Saluran	Lebar Eksisting Saluran b (m)	Kemiringan Rencana	Ketinggian Saluran (m)		Solusi
				h eksisting	h kebutuhan	
1-2	T	0.650	0.0129	0.8260	0.1588	Mengubah Kemiringan Saluran
2-3	T	0.600	0.0240	0.7880	0.0860	Mengubah Kemiringan Saluran
3-4	T	0.550	0.0133	0.6440	0.1673	Mengubah Kemiringan Saluran
4-5	T	0.550	0.0077	0.7880	0.3603	Mengubah Kemiringan Saluran
2-6	T	0.500	0.0114	0.6500	0.2201	Mengubah Kemiringan Saluran
6-7	T	0.500	0.0086	0.5500	0.3418	Mengubah Kemiringan Saluran
15-14	T	0.350	0.0211	0.6150	0.1271	Mengubah Kemiringan Saluran
14-13	T	0.350	0.0162	0.5580	0.1847	Mengubah Kemiringan Saluran
13-12	T	0.450	0.0167	0.4990	0.1437	Mengubah Kemiringan Saluran
12-7	T	0.500	0.0114	0.5410	0.2185	Mengubah Kemiringan Saluran
7-8	T	0.500	0.0068	0.4230	0.5603	Mengubah Kemiringan Saluran
16-17	T	0.330	0.0259	0.4670	0.1019	Mengubah Kemiringan Saluran
17-18	T	0.450	0.0215	0.5220	0.1071	Mengubah Kemiringan Saluran
22-18	T	0.420	0.0267	0.5310	0.0873	Mengubah Kemiringan Saluran
18-19	T	0.400	0.0135	0.5190	0.2122	Mengubah Kemiringan Saluran
23-19	T	0.400	0.0259	0.5200	0.0921	Mengubah Kemiringan Saluran
19-20	T	0.350	0.0109	0.6240	0.3930	Mengubah Kemiringan Saluran
24-20	T	0.300	0.0281	0.4460	0.0984	Mengubah Kemiringan Saluran
20-21	T	0.400	0.0094	0.6830	0.4176	Mengubah Kemiringan Saluran
21-8	T	0.500	0.0077	0.7250	0.4159	Mengubah Kemiringan Saluran
8-9	T	0.500	0.0055	0.7600	1.0738	Mengubah Dimensi dan Kemiringan
9-10	T	0.400	0.0067	0.5130	1.3422	Mengubah Dimensi dan Kemiringan
25-10	T	0.450	0.0395	0.4060	0.0578	Mengubah Kemiringan Saluran
10-11	T	0.500	0.0053	0.6920	1.1678	Mengubah Dimensi dan Kemiringan
11-5	T	0.500	0.0053	0.5750	1.2137	Mengubah Dimensi dan Kemiringan

Tabel 8. Kemiringan Rencana dengan U-Ditch

Segmen	Jenis Saluran	Q (m ³ /det)	v (m ² /det)	A (m)		n	1/n	R	R ^{2/3}	s saluran
				b (m)	h (m)					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8-9	T	0.8053	1.5000	0.50	0.70	0.022	45.45	0.184	0.324	0.01039
9-10	T	0.8053	1.5000	0.50	0.70	0.022	45.45	0.184	0.324	0.01039
10-11	T	0.8758	1.5000	0.50	0.70	0.022	45.45	0.184	0.324	0.01039
11-5	T	0.9103	1.5000	0.50	0.70	0.022	45.45	0.184	0.324	0.01039