

Terbit online pada laman web jurnal : <http://jurnal.sttp-yds.ac.id>

SAINSTEK

(e-Journal)

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Penerapan Sistem Ekodrainase Di Perumahan Tataka Puri, Kabupaten Tangerang

Ray Matthew Johannes Kaurow^a, Sih Andajani^b, Dina P.A Hidayat^c

^{a,b,c} Program Studi Teknik Sipil Universitas Trisakti, Kampus A Jalan Kyai Tapa No 1 Grogol, Jakarta Barat, 11440, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 24 Agustus 2021

Revisi Akhir: 27 November 2021

Diterbitkan Online: 15 Desember 2021

KATA KUNCI

Ekodrainase, Kolam Retensi,

Pemanenan Air Hujan, Tatakapuri

KORESPONDENSI

Telepon : +62 858-6421-2184

E-mail : raykaurow00@gmail.com

ABSTRACT

Perumahan Tataka Puri terletak pada daerah Curug Tangerang merupakan daerah perumahan yang sedang dikembangkan namun dalam pengembangannya perlu memperhatikan bahaya banjir dan genangan yang dapat terjadi pada daerah di sekitar Tataka Puri terutama jika dilihat dari kondisi topografi yang relatif rendah dari daerah sekitarnya. Daerah Tataka Puri memiliki luas lahan sebesar 107.26 ha dengan titik *outlet* saluran yang terbatas yang menuju kali Jatake. Berdasarkan urgensi dari masalah tersebut maka akan diterapkan sistem ekodrainase yang dapat bekerja bukan saja mengalirkan air hujan ke badan air namun mereduksi limpasan air hujan. Penerapan ekodrainase ini ditujukan untuk mereduksi debit banjir kawasan dalam mencegah terjadinya genangan dan bencana banjir. Pada penelitian ini akan diterapkan 3 skenario sistem drainase yang dimana skenario 1 merupakan penerapan saluran drainase konvensional, skenario 2 merupakan penerapan kombinasi saluran drainase dan pemanenan air hujan dengan menggunakan tangki air 2000-liter, dan skenario 3 merupakan penerapan kombinasi saluran drainase dan kolam retensi dengan dimensi (68 x 68 x 2) m³. Penerapan sistem ekodrainase dengan pemanenan air hujan dapat mereduksi debit limpasan sebesar 59,16% dan kolam retensi dapat mereduksi debit limpasan sebesar 88%.

1. PENDAHULUAN

Perumahan Tataka Puri merupakan kawasan hunian terpadu yang sedang dikembangkan yang berada lingkungan kawasan industri dan dilalui oleh Daerah Aliran Sungai (DAS) Cirarab secara spesifik yaitu anak sungai kali Cirarab yaitu kali Jatake, namun di dalam masa pengembangan daerah perumahan ini terdapat bagian kali Jatake yang ditimbun kemudian alirannya dialihkan. Meskipun belum pernah terjadi bencana banjir pada Perumahan Tataka Puri namun daerah di sekitar daerah Tataka Puri sudah pernah mengalami bencana banjir dan genangan kemudian ditambah lagi bahwa elevasi daerah Tataka Puri lebih rendah 3-meter daripada

daerah di sekitarnya dengan kapasitas *outlet* saluran di hilir yang terbatas. Dalam pengembangan perumahan tersebut, daerah Tataka Puri memerlukan sebuah perencanaan drainase yang optimal guna mencegah bencana banjir dan genangan pada masa mendatang. Daerah Tataka Puri yang ditinjau pada penelitian ini melingkupi bagian selatan terhadap jalan raya sampai bagian paling timur dari perumahan Tataka Puri. Daerah yang ditinjau memiliki luas sekitar 65 ha dari luas total lahan Tataka Puri sebesar 107,26 ha. Penelitian ini ditujukan untuk memberikan suatu solusi akan pencegahan terjadinya bencana banjir dan genangan dengan menerapkan teknologi ekodrainase diharapkan dapat mereduksi limpasan hujan dari daerah Tataka Puri yang menuju kali Jatake.

2. STUDI PUSTAKA

2.1. Banjir dan Genangan

Limpasan air hujan akan terjadi saat intensitas hujan yang tinggi pada cekungan atau terjadi sebuah genangan yang berada di permukaan tanah. Limpasan juga bisa terjadi karena tanah yang sudah jenuh atau lapisan yang *impermeable* maupun yang tidak dapat menyerap air seperti beton, aspal, dan sebagainya. Sehingga dengan minim-nya ketersediaan lahan resapan dapat menyebabkan terjadinya aliran limpasan permukaan, memicu terjadinya genangan dan bahkan bencana banjir [1].

Banjir adalah kejadian disaat debit air sungai meningkat kemudian meluap dan menggenangi daerah sekitarnya [2]. Musim hujan sebagai faktor utama penyebab daerah yang berpotensi terkena bencana banjir terkhususnya pada badan air yang landai. Intensitas hujan yang lebih daripada biasanya, suhu yang berubah, rusaknya tanggul maupun terjadinya obstruksi aliran air di lokasi yang lain akan menyebabkan terjadinya banjir [3]. Sedangkan genangan merupakan sekumpulan air yang diam di tempat yang bukan merupakan badan air [4]. Daerah genangan merupakan lahan yang digenangi oleh air yang disebabkan karena drainase eksisting tidak berfungsi sesuai sistem yang dirancang sehingga menjadi gangguan maupun kerugian bagi sekitar [5]. Genangan dapat diatasi dengan menggunakan saluran drainase yang berfungsi dengan baik.

2.2. Ekodrainase

Indonesia sebelumnya memakai konsep drainase dengan cara pengaliran limpasan hujan menuju badan air terdekat namun dengan adanya perkembangan pemikiran yang menyeluruh dan dorongan untuk menghadapi perubahan iklim yang matang ini terjadi sehingga dibutuhkan konsep drainase yang baru yang merujuk kepada drainase ramah lingkungan atau yang disebut ekodrainase [5].

Ekodrainase ditujukan untuk mengelola kelebihan air hujan dengan menggunakan beberapa metode seperti menampung air hujan dalam tampungan yang dibuat manusia, menggunakan tong penampung air, dan menggunakan tanah untuk menyerap air sebanyak mungkin serta air hujan dialirkan ke badan air terdekat dengan memperhatikan agar tidak meningkatkan beban daripada sungai yang ditinjau maupun adanya pemeliharaan sistem sehingga dapat berguna secara kontinu [1].

2.3. Analisis Hidrologi

Analisis Hidrologi adalah prosedur awal dalam menentukan besar debit banjir rencana daripada perencanaan suatu bangunan hidrolis. Proses ini berupa pengolahan data curah hujan, data luas dan bentuk daerah pengaliran (*catchment area*), data kemiringan lahan atau beda tinggi, dan data tata guna lahan yang semuanya itu digunakan untuk mengetahui besarnya curah hujan maksimum, koefisien pengaliran, waktu konsentrasi, intensitas curah hujan, dan debit banjir rencana.

2.3.1. Uji Validitas Data Metode RAPS

Uji validitas data yang telah terkumpulkan ditujukan untuk menentukan apakah data tersebut dapat digunakan atau tidak dalam perhitungan. Uji validitas data perlu dilakukan atas dasar beberapa faktor yaitu [6]:

1. Alat pengukur yang mempunyai spesifikasi yang berubah.
2. Perubahan tempat pengukuran.
3. Lingkungan yang berubah pada sekeliling alat pengukur.

Metode *rescaled adjusted partial sums* (RAPS) dilakukan apabila data yang digunakan hanyalah data yang berasal dari 1 stasiun hujan saja untuk menguji konsistensi data hujan stasiun tersebut. Berdasarkan metode ini, untuk menunjukkan konsistensi data curah hujan digunakan angka kumulatif daripada penyimpangannya dibandingkan dengan angka rata-rata dari persamaan berikut [6]:

$$Sk^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \quad (1)$$

$$\bar{R} = \frac{\sum R_i}{N} \quad (2)$$

$$Sk^{**} = \frac{Sk^*}{Dy} \quad (3)$$

$$Dy^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{N} \quad (4)$$

Keterangan:

Sk^* = selisih curah hujan data ke-i dengan curah hujan rata-rata

R_i = nilai curah hujan ke-i.

R = nilai curah hujan rata-rata.

N = jumlah data curah hujan.

Sk^{**} = *Rescaled adjusted partial sums* (RAPS).

Dy = deviasi standar dari data curah hujan.

Setelah nilai RAPS (Sk^{**}) dihitung untuk setiap data curah maksimum masing-masing tahun, maka selanjutnya adalah dengan menghitung baik nilai Q maupun nilai R menggunakan persamaan:

$$Q = |Sk^{**}|_{maks}$$

$$R = Sk^{**}_{maks} - Sk^{**}_{min}$$

Berdasarkan derajat kepercayaan (α) yang akan digunakan dan jumlah data curah hujan yang ditinjau diperoleh nilai Q kritis dan R kritis. Nilai Q dan R hitung

akan dibandingkan dengan Q dan R kritis dengan syarat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_{Hitung} &< Q_{Kritis} \\ R_{Hitung} &< R_{Kritis} \end{aligned}$$

Jika memenuhi syarat tersebut dapat disimpulkan bahwa data curah hujan yang diuji merupakan data yang konsisten berdasarkan kebenaran yang terjadi pada lapangan.

2.3.2. Distribusi Probabilitas

Analisis frekuensi bertujuan untuk mencari hubungan antara besarnya suatu kejadian ekstrem (maksimum atau minimum) dan frekuensinya berdasarkan distribusi probabilitas [6]. Guna memperoleh nilai hujan rencana, dalam hal ini digunakan 4 distribusi probabilitas kontinu yang sering digunakan dalam hidrologi yaitu normal, *log normal*, *gumbel*, dan *log pearson type III*. Penentuan curah hujan rencana digunakan persamaan rumus umum berikut [7]:

$$X_T = \bar{X} + K_T S \tag{5}$$

Keterangan:

- X_T = curah hujan rencana dengan periode ulang T
- \bar{X} = nilai rata-rata curah hujan selama pengamatan
- S = simpangan baku data curah hujan selama pengamatan
- K = faktor frekuensi untuk periode ulang T (setiap distribusi mempunyai nilai K masing-masing)

2.3.3. Uji Kesuaian Distribusi Probabilitas

Uji distribusi probabilitas ditujukan untuk menguji ~~bila~~ apakah distribusi probabilitas sampel data yang dianalisis/diamati sesuai dengan distribusi probabilitas yang dipilih [6]. Pada penelitian ini digunakan 2 metode pengujian, yaitu uji *chi-kuadrat* dan uji *smirnov-kolmogorov*:

a. Uji *Chi-Kuadrat*

$$X^2_{Hitung} = \sum \frac{(R_i - E_i)^2}{E_i} \tag{6}$$

Keterangan:

- X^2_{Hitung} = nilai *chi-kuadrat* hasil hitung suatu metode distribusi
- E_i = frekuensi yang diharapkan
- R_i = frekuensi yang diamati

Hasil akan dibandingkan dengan nilai *Chi-kuadrat* kritis (X^2_{Kritis}). Nilai tersebut akan diperoleh berdasarkan tabel *chi-kuadrat* kritis dengan mencari parameter seperti:

$$K = 1 + 3,322 \log n \tag{7}$$

$$DK = K - (m+1) \tag{8}$$

Keterangan:

- K = jumlah kelas
- n = jumlah data
- m = parameter hujan (m = 2)
- DK = derajat kebebasan

Nilai X^2_{Hitung} dan X^2_{Kritis} akan dibandingkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$X^2_{Hitung} < X^2_{Kritis}$$

Jika hasil hitungan memenuhi persamaan diatas maka dapat disimpulkan bahwa distribusi probabilitas yang dipilih sesuai dengan distribusi sampel data yang dianalisis/diamati. Jika keempat distribusi yang diuji memenuhi persyaratan di atas, maka yang dipilih adalah distribusi dengan hasil uji nilai X^2_{Hitung} terkecil.

b. Uji *Smirnov - Kolmogorov*

$$\Delta P_i = P(X_i) - P'(X_i) \tag{9}$$

Keterangan:

- ΔP_i = selisih peluang empiris dengan peluang teoritis
- $P(X_i)$ = peluang empiris
- $P'(X_i)$ = peluang teoritis

Kemudian dibandingkan nilai ΔP_i dengan ΔP kritis, dimana nilai ΔP kritis diperoleh berdasarkan tabel nilai ΔP kritis *Smirnov-Kolmogorov*. Jika nilai $\Delta P_i < \Delta P$ kritis maka distribusi probabilitas yang dipilih sesuai dengan distribusi sampel data yang dianalisis/diamati. Jika keempat distribusi memenuhi persyaratan di atas, maka yang dipilih adalah distribusi dengan hasil uji nilai ΔP terkecil.

2.3.4. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi (t_c) atau *time concentration* merupakan waktu yang diperlukan oleh butir air hujan yang jatuh pada sisi terjauh di suatu permukaan tanah yang kemudian melalui saluran drainase hingga sampai ke titik *outlet* yang ditinjau. Pada penelitian ini digunakan rumus yang ditemukan oleh *Federal Aviation Administration* (FAA). Rumus FAA dikembangkan dari data drainase lapangan terbang yang dikumpulkan oleh Korps Insinyur AS[8]. Keunikan dari persamaan yang ditemukan FAA adalah penggunaan koefisien pengaliran yang berdasarkan kondisi daerah atau sifat permukaan tanah yang akan dilalui limpasan air. Rumusnya:

$$t_i = \frac{1,8 \times (1,1 - C)L^{0,5}}{S^{0,33}} \tag{10}$$

Keterangan:

- t_i = waktu *inlet* (menit)
- L = jarak titik terjauh sampai ke saluran (*feet*)
- C = koefisien pengaliran
- S = kemiringan daerah yang dilalui air (%)

Untuk memperoleh waktu konsentrasi, waktu inlet hasil perhitungan dengan rumus FAA harus ditambah dengan waktu *drain*. Rumusnya:

$$t_d = \frac{L}{v \times 60} \tag{11}$$

Keterangan:

- t_d = waktu *drain* atau waktu yang diperlukan air pada saluran drainase menuju titik *outlet* yang ditinjau
- L = panjang Saluran (m)
- v = kecepatan izin maksimum (m/det.)

Berdasarkan persamaan sebelumnya akan diperoleh rumus waktu konsentrasi dengan persamaan berikut:

$$t_c = t_i + t_d \quad (12)$$

Keterangan:

- t_i = waktu *inlet*
- t_d = waktu *drain*
- t_c = waktu konsentrasi

2.3.5. Intensitas Hujan

Intensitas hujan dapat dianggap sebagai ketinggian atau kederasan hujan per satuan waktu. Jika yang tersedia adalah hujan harian, maka intensitas hujan dapat ditentukan dengan rumus *Mononobe* [6]. Bentuk umum dari rumus *Mononobe* adalah:

$$I = \frac{X_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (13)$$

Keterangan:

- I = intensitas hujan rencana (mm/jam).
- X_{24} = curah hujan rencana (mm).
- t_c = waktu konsentrasi (jam).

2.3.6. Debit Banjir Rencana dengan Metode Rasional Modifikasi

Debit banjir rencana merupakan debit maksimum yang dihasilkan pada suatu sistem drainase yang didasarkan oleh penentuan kala ulang tertentu untuk digunakan dalam perencanaan [9]. Metode Rasional ditujukan untuk menghitung debit rencana dengan daerah pengaliran yang terbatas. Menggunakan pemikiran Ponce (1989) dalam buku oleh Bambang Triatmodjo (2008), bahwa metode rasional dapat digunakan untuk daerah pengaliran 2,5 Km² atau 250 ha. Persamaan metode rasional modifikasi yang digunakan sebagai berikut:

$$Q = \frac{1}{360} \times C_s \times C \times I \times A \quad (14)$$

$$C_s = \frac{2 t_c}{2 t_c + t_d} \quad (15)$$

Keterangan:

- Q = debit puncak banjir (m³/dt)
- I = intensitas hujan (mm/jam)
- C = koefisien limpasan
- C_s = koefisien hambatan
- A = luas daerah pengaliran (ha)
- t_c = waktu konsentrasi (menit)
- t_d = waktu *drain* (menit)

2.4. Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika ditujukan untuk mengetahui kemampuan penampang saluran drainase dalam menampung debit rencana yang telah dihitung

sebelumnya pada analisis hidrologi dan merancang saluran yang mampu menampung debit rencana.

2.4.1. Bentuk Saluran

Penentuan dimensi saluran perlu mempertimbangkan bahan saluran dan bentuk yang digunakan. Pada penelitian ini akan digunakan bentuk saluran persegi, persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$A = b \times h \quad (16)$$

$$P = b + 2h \quad (17)$$

$$R = \frac{b \times h}{(b+2h)} = \frac{A}{P} \quad (18)$$

$$H = h+w \quad (19)$$

Keterangan:

- A = luas penampang (m²)
- b = lebar saluran (m)
- h = tinggi muka air kedalam saluran (m)
- P = keliling penampang basah saluran (m)
- R = jari-jari hidrolik (m)
- w = tinggi jagaan (m)
- H = tinggi saluran (m)

2.4.2. Debit Saluran

Debit saluran dapat dihitung menggunakan dimensi saluran yang dirancang dengan memanfaatkan rumus *Manning*. Rumus tersebut digunakan untuk mencari kecepatan aliran yang dapat digunakan untuk dalam perhitungan debit saluran. Persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (20)$$

$$Q_s = V \times A \quad (21)$$

Keterangan:

- Q_s = debit saluran (m³/detik)
- V = kecepatan aliran rata-rata (m/detik)
- n = koefisien *manning*
- S = kemiringan saluran (m/m)
- A = luas penampang (m²)
- R = jari-jari hidrolik (m)

2.4.3. Teknologi Ekodrainase

Pada penelitian ini akan digunakan teknologi ekodrainase untuk mengurangi debit banjir rencana yang dihasilkan pada lokasi penelitian, teknologi ekodrainase yang akan digunakan berupa Pemanenan air hujan (PAH) dan kolam retensi.

a. Pemanenan Air Hujan

Pemanenan air hujan merupakan sebuah wadah yang dipakai dengan tujuan yaitu menampung limpasan hujan yang turun pada atap bangunan baik tempat tinggal maupun gedung bertingkat yang penyalurannya menggunakan talang. Air yang tertampung di kelola sedemikian rupa sehingga dapat di gunakan kembali untuk kebutuhan sehari-hari seperti untuk menyiram toilet (*flushing*), menyiram tanaman, mencuci dan sebagainya[1]. Berikut persamaan yang digunakan:

$$V = A.I.C.t \quad (22)$$

Keterangan:

- V = volume air yang dapat ditampung (m³)
- A = luas atap bangunan (m²)
- I = intensitas hujan (m/jam)
- C = koefisien pengaliran
- t = durasi hujan dominan (jam)

b. Kolam Retensi

Kolam Retensi merupakan waduk untuk menampung air hujan selama jangka waktu tertentu [10]. Kolam retensi merupakan sebuah kolam yang digunakan dengan tujuan berupa menampung limpasan hujan untuk waktu yang terbatas agar diberikan kesempatan bagi air dapat meresap ke dalam tanah dengan pengerjaannya dapat berfungsi dengan baik menggunakan pompa atau pintu air yang kemudian akan dialirkan pada badan kali. Langkah – langkah untuk merencanakan kolam retensi adalah sebagai berikut:

- 1) Data yang diperlukan:
 - a). Waktu *inlet* (ti)
 - b). Waktu *drain* (td)
 - c). *Time Concentration* (tc)
 - d). Curah hujan rencana
 - e). Intensitas Hujan (I)
 - f). Debit masuk (Q_{in})
- 2) Dari data diatas digunakan untuk memperoleh hidrograf aliran yang masuk.
- 3) Menentukan debit masuk (Q_{in}) dengan metode interpolasi berdasarkan interval waktu yang dipilih.
- 4) Menghitung volume berdasarkan debit yang masuk dan interval waktu menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Volume} = Q_{in} \times \Delta t \quad (23)$$

Keterangan:

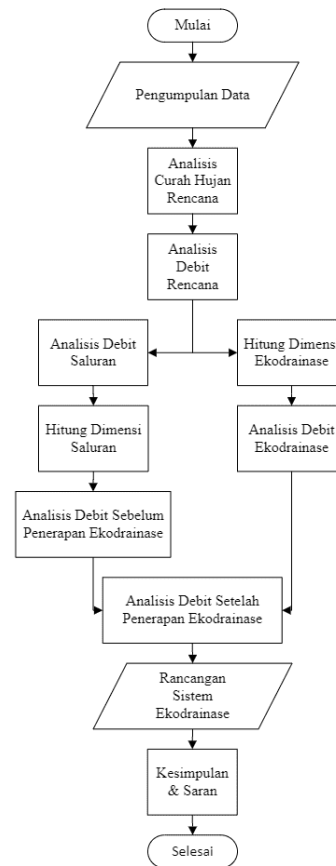
- Q_{in} = debit masuk (m³/det.)
- Δt = interval waktu (det.)

3. METODOLOGI

3.1. Bagan Alir

Bagan Alir merupakan jenis diagram yang mewakili alir kerja atau proses dalam hal ini yaitu proses penelitian ini

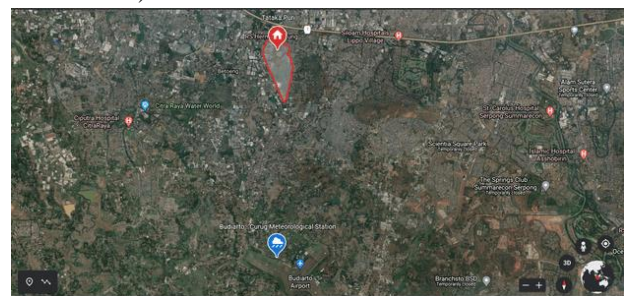
yang dimulai dengan pengumpulan data kemudian dilakukan analisis hidrologi dan analisis hidrolika untuk menghasilkan hasil penelitian berupa penerapan sistem ekodrainase untuk daerah Tataka Puri. Berikut dapat dilihat bagan alir dari penelitian ini:



Gambar 1 Bagan Alir

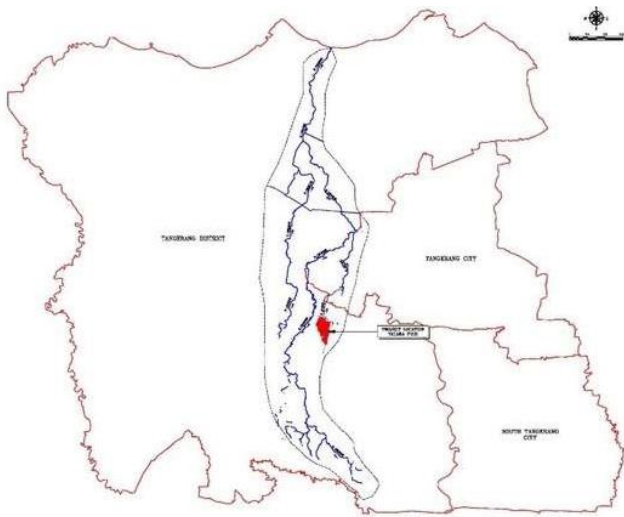
3.2. Pengumpulan Data

Lokasi penelitian berada pada perumahan Tataka Puri yang terletak pada Desa Kadu, Kecamatan Curug, Kabupaten Tangerang dengan koordinat (-6.227873, 106.564281).



Gambar 2 Peta Lokasi Penelitian (Sumber: Google Earth, 2021)

Kecamatan Curug dengan luas 27.41 km² dibagi menjadi 7 kelurahan termasuk dengan lokasi penelitian yang dilalui Daerah Aliran Sungai (DAS) Cirarab. Hulu sungai Cirarab berada pada bagian utara Kabupaten Bogor sekitar Kecamatan Rumpin.



Gambar 3 Peta DAS Cirarab

Sumber: PT. Arsinsi Prima Cipta Konsultan, 2019

Kedalaman muka air tanah di Tataka Puri berkisar antara 2–3 meter dibawah permukaan tanah maka tidak sesuai untuk digunakan teknologi ekodrainase berupa sumur resapan. Data curah hujan diperoleh dari stasiun hujan yang berada di sekitar lokasi penelitian yaitu stasiun meteorologi Budiarto-Curug yang dikelola oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Panjang pengamatan adalah 20 tahunan (1995 - 2014) dari data yang tersedia dan lengkap data curah hujan harian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Hidrologi

4.1.1. Data Curah Hujan Harian Maksimum

Data curah hujan harian diperoleh dari data stasiun meteorologi Budiarto – Curug yang dimana berjarak 4,8 km terhadap lokasi penelitian dengan aliran air yang ditinjau pada stasiun tersebut berada pada titik hulu daerah aliran. Data tersebut akan diolah untuk mencari data curah hujan harian maksimum berdasarkan tahun ke tahun dimulai pada tahun 1995 sampai dengan tahun 2014 dengan syarat data observasi hariannya harus lengkap. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Budiarto-Curug Tahun 1995-2014

No	Tahun	Tanggal Kejadian	Rmax (mm)
1	1995	1 Maret	86,5
2	1996	6 April	89,1
3	1997	13 Januari	71
4	1998	23 September	101,6
5	1999	1 Januari	107,7
6	2000	25 Januari	108,8
7	2001	2 November	87,7
8	2002	23 Januari	89,3
9	2003	16 Desember	89
10	2004	5 Mei	96
11	2005	1 Desember	87,7
12	2006	15 Februari	68,1
13	2007	1 Februari	227,5
14	2008	1 Februari	82
15	2009	2 Juni	69,4
16	2010	27 Juli	83,4
17	2011	1 Juni	83,4
18	2012	3 April	120
19	2013	11 Juddli	103,4
20	2014	22 Februari	112,5

4.1.2. Uji Validitas Data dengan Metode RAPS

Data curah hujan harian maksimum yang telah diperoleh akan diuji untuk mengetahui validitas daripada data tersebut sebelum digunakan dalam perhitungan selanjutnya. Hasil yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 2 Hasil RAPS

Q/√n	0,66	<	Q/√n Tabel	1,4
R/√n	0,66	<	R/√n Tabel	1,6

Sehingga disimpulkan seri data yang diuji merupakan data yang konsisten terhadap dirinya sendiri.

4.1.3. Uji Kesesuaian Distribusi Probabilitas

Seri data curah hujan yang digunakan akan diuji kesesuaian dengan keempat metode distribusi probabilitas menggunakan uji *Chi-Kuadrat* dan uji *Smirnov-Kolmogorov*. Berikut hasil rekapitulasi daripada perhitungan uji kesesuaian distribusi probabilitas dengan uji *Chi-Kuadrat* dan uji *Smirnov-Kolmogorov* dapat dilihat pada tabel 2-3:

Tabel 3 Rekapitulasi Hasil Uji *Chi-Kuadrat*

<i>Chi-Kuadrat</i>	Hitung	Kritis	Keterangan
Normal	12,50	5,991	TIDAK DITERIMA
Log Normal	2,50	5,991	DITERIMA
Gumbel	11,50	5,991	TIDAK DITERIMA
Log Pearson III	2,50	5,991	DITERIMA

Tabel 4 Rekapitulasi Hasil Uji *Smirnov-Kolmogorov*

<i>Smirnov-Kolmogorov</i>	Hitung	Kritis	Keterangan
Normal	0,19	0,29	DITERIMA
Log Normal	0,16	0,29	DITERIMA
Gumbel	0,18	0,29	DITERIMA
Log Pearson III	0,25	0,29	DITERIMA

4.1.4. Analisis Curah Hujan Rencana

Berdasarkan perbandingan diatas maka hanya 2 metode distribusi yang dapat digunakan untuk menghitung curah hujan rencana yaitu distribusi probabilitas log normal dan distribusi probabilitas log pearson III. Jika dibandingkan satu sama lain maka terpilih metode distribusi log normal dikarenakan meskipun hasil *chi-kuadrat* sama dengan log pearson III namun berdasarkan *smirnov-kolmogorov* maka nilai *smirnov-kolmogorov* dari metode log normal semakin mendekati 0 (nol) yang artinya semakin selaras dengan sebaran data yang digunakan. Maka untuk menghitung curah hujan rencana yang akan digunakan yaitu log normal, berikut hasil perhitungannya:

Tabel 5 Curah Hujan Rencana

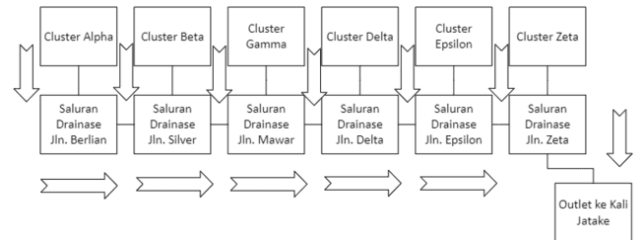
Periode ulang Tahun	Kt	Log Normal			Curah Hujan Rencana mm
		Log Xi	S	Log X	
5	0,8	1,98	0,11	2,07	117,55

4.2. Analisis Debit Banjir Rencana

4.2.1. Skema Sistem Drainase

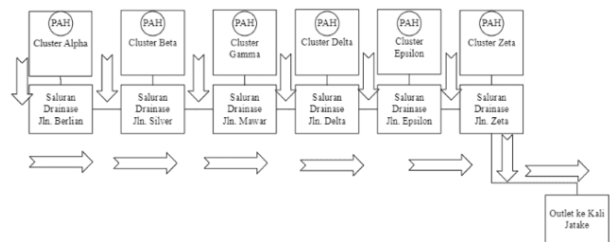
Perencanaan sistem drainase dimulai dengan membuat suatu alur daripada aliran air dimana hujan dari titik paling hulu akan dialirkan sampai pada titik hilir yang dimana dapat disebut sebagai titik *outlet* daripada saluran tersebut ke sebuah badan air. Sehingga perlu suatu desain skema sistem drainase yang berdasarkan hasil pengukuran topografi sehingga dapat terlihat elevasi pada lokasi dan ditentukan titik hulu sampai pada titik *outlet* saluran. Maka dirancang sebuah skema aliran drainase untuk dapat memahami arah aliran air mengalir. Perlu digaris bawahi bahwa nama – nama *cluster*, jalan

dan saluran bukan merupakan nama asli daripada daerah perumahan Tataka Puri karena masih dalam tahap perancangan. Pada penelitian ini akan dilakukan 3 skenario sistem drainase. Berikut skenario rancangan pertama yang menerapkan sistem drainase konvensional yang dapat dilihat pada Gambar 4:



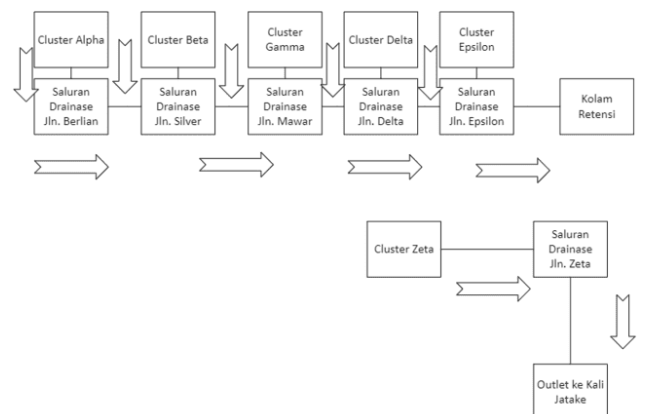
Gambar 4 Skema Drainase Skenario 1

Skenario rancangan kedua untuk sistem drainase yang akan diuji adalah berupa kombinasi dari saluran drainase dan Pemanenan air hujan (PAH) dengan alur yang serupa tapi tidak sama dengan skenario pertama yaitu adanya *outlet* ke kali Jatake. Berikut gambar alur aliran skenario 2 yang dapat dilihat pada Gambar 5:



Gambar 5. Skema Drainase Skenario 2

Skenario rancangan ketiga untuk sistem drainase yang akan diuji adalah berupa kombinasi dari saluran drainase kemudian akan dilimpaskan semua beban drainase ke suatu kolam retensi. Berikut gambar alur aliran dari hulu menuju kolam retensi yang dapat dilihat pada Gambar 6:



Gambar 6. Skema Drainase Skenario 3

4.2.2. Waktu Konsentrasi

Langkah pertama dalam menghitung debit banjir rencana adalah dengan memperhitungkan waktu konsentrasi atau waktu yang dibutuhkan butir hujan untuk mengalir sampai pada titik *outlet* saluran drainase. Dengan menggunakan beberapa rumus yaitu rumus *Kerby*, rumus *Kirpich*, dan rumus *Federal Aviation Agency (FAA)* yang kemudian akan dibandingkan satu sama lain hasilnya. Berikut langkah contoh perhitungan pada Saluran “Jln. Sapphire Bawah 1”:

Waktu Inlet

Diketahui:

Koefisien Pengaliran (C) Kawasan = 0,325
 Jarak titik terjauh (L) = 59,04 feet
 Kemiringan (S) Kawasan = 0,5%
 = 0,005

Maka

$$t_i = 1,8 \times (1,1 - C) \times L^{0,5} \times (0,005 \times 100)^{-0,33}$$

$$= 1,8 \times (1,1 - 0,325) \times 59,04^{0,5} \times (0,005 \times 100)^{-0,33}$$

$$= 13,47 \text{ menit}$$

Waktu Drain

Diketahui:

Saluran yang digunakan berupa beton
 Kecepatan Maksimum Izin (Vmaks.) = 3 m/s
 Panjang Saluran (L) = 46,35 m

Maka

$$t_d = \frac{L}{V_{maks} \times 60}$$

$$= \frac{46,35}{3 \times 60}$$

$$= 0,26 \text{ menit}$$

Waktu Konsentrasi

$$t_c = t_i + t_d$$

$$= 13,47 + 0,26$$

$$= 13,73 \text{ menit}$$

$$= 0,23 \text{ jam}$$

4.2.3. Intensitas Hujan

Langkah selanjutnya adalah menghitung intensitas hujan daerah yang ditinjau, berikut contoh perhitungan intensitas hujan pada saluran “Jln. Sapphire Bawah”:

Diketahui:

R = 117,55 mm
 tc = 0,23 jam

Sehingga didapat,

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

$$= \frac{117,55}{24} \left(\frac{24}{0,23} \right)^{2/3}$$

$$= 108,93 \text{ mm/jam}$$

4.2.4. Debit Banjir Rencana

Sebelum menghitung debit banjir rencana maka perlu dihitung kumulatif koefisien pengaliran dikali dengan area yang ditinjau ($\Sigma (C \times A)$) dan juga menghitung

koefisien hambatan (Cs) setelah mendapatkan hasilnya kemudian dapat dilanjutkan menghitung debit banjir rencana, berikut contoh perhitungannya pada saluran “Jln. Sapphire Bawah 1”:

a. Menghitung $\Sigma (C \times A)$

Diketahui:

Koefisien Pengaliran (C) Jalan = 0,775
 Koefisien Pengaliran (C) Kawasan = 0,325
 Area (A) Jalan = 0,03 ha
 Area (A) Kawasan = 0,09 ha

Sehingga

$$\Sigma (C \times A) = (C_{jalan} \times A_{jalan} + C_{kawasan} \times A_{kawasan})$$

$$= (0,775 \times 0,03 + 0,325 \times 0,09)$$

$$= 0,05$$

b. Menghitung Koefisien Hambatan (Cs)

Diketahui:

Waktu Konsentrasi (tc) = 13,73 menit
 Waktu Drain (td) = 0,26 menit

Sehingga

$$C_s = \frac{2t_c}{(2t_c + t_d)}$$

$$= \frac{2 \times 13,73}{(2 \times 13,73 + 0,26)}$$

$$= 0,99$$

c. Menghitung Debit Banjir Rencana

Perhitungan debit banjir rencana menggunakan rumus rasional modifikasi, berdasarkan hasil hitungan diatas berikut contoh perhitungannya:

$$Q = \frac{1}{360} \times C_s \times \Sigma (C \times A) \times I$$

$$= \frac{1}{360} \times 0,99 \times 0,05 \times 108,93$$

$$= 0,015 \text{ m}^3/\text{det.}$$

4.3. Analisis Hidrolika

4.3.1. Dimensi Saluran

Rancangan dimensi saluran yang digunakan berupa pasangan beton dan berbentuk persegi berdasarkan asumsi bahwa kemiringan tanah sama dengan kemiringan saluran. Contoh perhitungan pada saluran “Jln. Sapphire Bawah” setelah dirancang sesuai dengan dimensi beton *precast U-ditch* sebagai berikut:

Diketahui:

n = 0,013
 S = 0,005
 h = 0,20 m
 b = 0,30 m
 w = 0,20 m

Sehingga perhitungan debit salurannya dapat dihitung sebagai berikut:

$$A = b \times h$$

$$= 0,30 \times 0,20$$

$$= 0,06 \text{ m}^2$$

$$P = b \times 2h$$

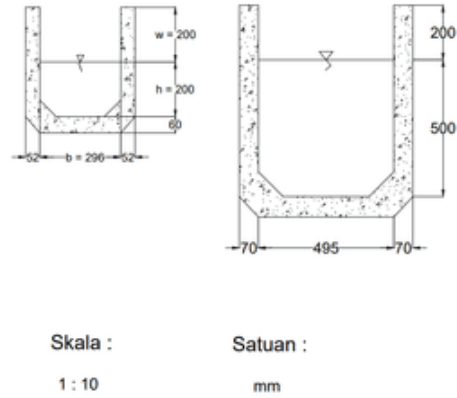
$$= 0,30 \times 2(0,20)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,70 \text{ m} \\
 R &= A/P \\
 &= 0,06/0,70 \\
 &= 0,09 \text{ m} \\
 H &= h + w \\
 &= 0,20 + 0,20 \\
 &= 0,40 \text{ m} \\
 V &= \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{0,5} \\
 &= \frac{1}{0,013} \times 0,09^{\frac{2}{3}} \times 0,0005^{0,5} \\
 &= 1,057 \text{ m/s} \\
 Q_s &= V \times A \\
 &= 1,172 \times 0,09 \\
 &= 0,063 \text{ m}^3/\text{det.}
 \end{aligned}$$

Dimensi yang akan digunakan untuk setiap saluran beserta debit saluran dapat dilihat pada Tabel 6 dengan contoh potongan saluran drainase dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini:

Tabel 6 Debit Saluran

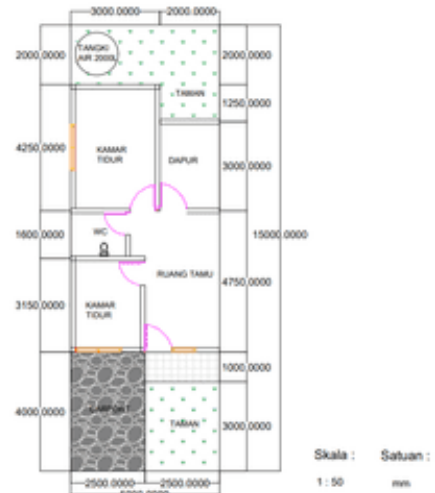
Cluster Alpha	Dimensi saluran yang digunakan		v	Qs
	H	b		
Saluran Drainase Dalam Cluster	0,40	0,30	1,06	0,06
Jln. Berlian Menuju Jln. Silver	0,70	0,50	1,65	0,41
Cluster Beta	Dimensi saluran yang digunakan		v	Qs
	H	b		
Saluran Drainase Dalam Cluster	0,70	0,50	1,65	0,41
Jln. Silver menuju Jln. Mawar	0,80	0,80	1,65	0,41
Cluster Gamma	Dimensi saluran yang digunakan		v	Qs
	h	b		
Saluran Drainase Dalam Cluster	0,60	0,40	1,42	0,23
Jln. Melati	0,60	0,40	1,42	0,23
Jln. Mawar menuju Jln. Delta	1,00	1,00	2,48	1,98
Cluster Delta	Dimensi saluran yang digunakan		v	Qs
	H	b		
Saluran Drainase Dalam Cluster	0,50	0,50	1,44	0,22
Jln. Delta menuju Jln. Epsilon	1,00	1,00	2,44	1,83
Cluster Epsilon	Dimensi saluran yang digunakan		v	Qs
	H	b		
Saluran Drainase Dalam Cluster	0,80	0,80	2,10	1,01
Jln. Epsilon menuju Jln. Zeta	1,00	1,00	2,44	1,83
Cluster Zeta	Dimensi saluran yang digunakan		v	Qs
	H	b		
Saluran Drainase Dalam Cluster	0,60	0,40	1,42	0,23
Jln. Zeta - Sal. Menuju Kali Jatake	1,20	1,00	2,58	2,46



Gambar 7 Potongan Saluran Drainase U-ditch

4.4. Pemanenan Air Hujan

Pada skenario rancangan sistem drainase kedua, akan di rancang kombinasi daripada pemanenan air hujan dan saluran drainase. Perancangan pemanenan air hujan dilakukan dengan tujuan untuk dapat menampung debit daripada air hujan yang turun menjadi limpasan pada atap rumah. Berdasarkan nggapan bahwa setiap tipe rumah memiliki luas atap yang sama meskipun berbeda luas tanah, seperti pada Gambar 7 berikut ini:



Gambar 8 Denah Rumah Tipikal Untuk Penempatan PAH

Berdasarkan data tersebut maka dapat dilihat sebagai berikut contoh perhitungan pemanenan air hujan.

Diketahui:

- Luas Area Atap Bangunan (A) = 50m²
- Durasi Hujan Dominan (t) = 1 jam
- Koefisien Pengaliran (C) Atap = 0,85
- Curah Hujan Rencana Kala Ulang 5 Tahun (R5) = 117,55 mm

Sehingga diperoleh,

$$\begin{aligned}
 \text{Intensitas Hujan (I)} &= \frac{R}{24} \times \left(\frac{24}{tc}\right)^{2/3} \\
 &= \frac{117,55}{24} \times \left(\frac{24}{1}\right)^{2/3}
 \end{aligned}$$

$$= 40,75 \text{ mm/jam}$$

$$= 0,04 \text{ m/jam}$$

Volume (V) = A x I x C x t

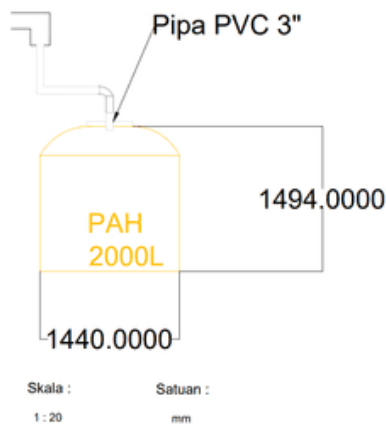
$$= 50 \times 0,04 \times 0,85 \times 1$$

$$= 1,732 \text{ m}^3$$

$$= 1732 \text{ liter}$$

$$= 4,8111 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{det.}$$

Maka digunakan tangki air 2000-liter untuk menampung volume sebesar 1732-liter untuk masing-masing rumah yang dapat dilihat potongan gambarnya pada Gambar 9. Jika pemanenan air hujan ditempatkan pada setiap rumah di lokasi penelitian dengan total jumlah rumah sebesar 2189 rumah. Maka debit total resapan teknologi pemanenan air hujan adalah sebesar 1,053 m³/det.



Gambar 9 Potongan Samping PAH

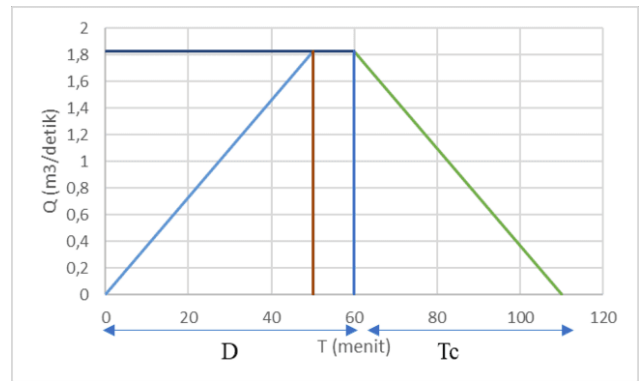
4.5. Kolam Retensi

Pada skenario rancangan sistem drainase ketiga, teknologi kolam retensi akan digunakan bersamaan dengan saluran drainase sebagai saluran pengumpul limpasan air sampai ke kolam retensi. Berikut adalah contoh perhitungan dengan kolam retensi:

Berikut data yang diketahui dan ditentukan sesuai hitungan sebelumnya,

- Waktu *Drain* (td) = 10,69 menit
- Waktu Konsentrasi = 49,41 menit
= 50 menit (dibulatkan)
- Curah Hujan Rencana Kala Ulang 5 Tahun (R₅) = 117,55 mm
- Durasi Hujan Dominan Pada Daerah Tataca Puri = 1 jam
= 60 menit
- Debit Masuk (Q_{in}) = 1,82 m³/s

Diperoleh hidrograf aliran masuk sebagai berikut:



Gambar 10 Hidrograf Aliran Masuk

Kemudian berdasarkan hidrograf aliran masuk akan dicari debit masuk setiap interval waktu yang ditentukan. Pada penelitian ini digunakan interval waktu sebesar 10 menit atau 600 detik sehingga dengan metode interpolasi didapat debit masuk seperti pada Tabel 7 yang akan digunakan menghitung volume, berikut contoh perhitungan pada 10 menit pertama:

Diketahui:

$$\Delta t = 10 \text{ menit}$$

$$= 600 \text{ detik}$$

$$Q_{in} = 0,36 \text{ m}^3/\text{det}$$

Maka

$$\text{Volume} = Q_{in} \times \Delta t$$

$$= 0,36 \times 600$$

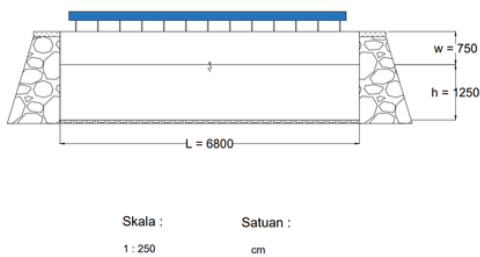
$$= 218,91 \text{ m}^3$$

Tabel 7 Volume Kumulatif Debit Masuk

Waktu	Debit	Δt	Volume	Volume Kumulatif
t	Q _{in}			
(menit)	(m ³ /det)	(det)	(m ³)	(m ³)
0	0	0	0	0
10	0,36	600	218,9083	219
20	0,73	600	437,8166	657
30	1,09	600	656,7249	1313
40	1,46	600	875,6332	2189
50	1,82	600	1094,542	3284
60	0,25	600	150	3434
70	1,46	600	875,6332	4309
80	1,09	600	656,7249	4966
90	0,73	600	437,8166	5404
100	0,36	600	218,9083	5623
110	0,00	600	0	5623

Hasil daripada hitungan diatas berupa volume air yang harus ditampung oleh desain kolam retensi yaitu sebesar 5.623 m³. Rancangan dimensi kolam retensi diperoleh sebesar (68 x 68 x 2) m³ dengan kapasitas volume sebesar 9.248 m³ dan tinggi jagaan sebesar 0,75 m. Rancangan dimensi kolam retensi tersebut dapat menampung volume kolam retensi sebesar 5.780 m³

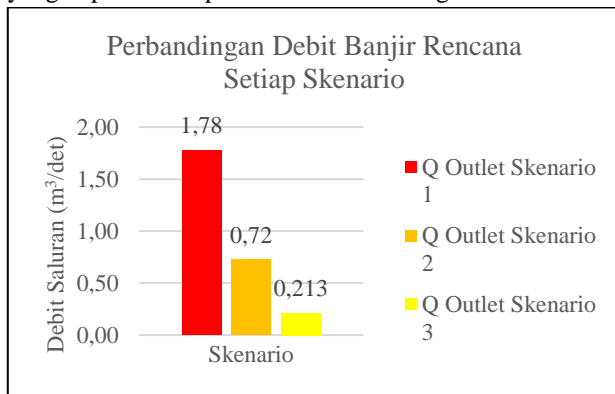
tanpa melebihi tinggi jagaan. Potongan samping kolam retensi dapat dilihat pada Gambar 11 berikut ini:



Gambar 11 Tampak Samping Kolam Retensi

4.6. Perbandingan Sistem Drainase

Berdasarkan 3 skenario yang dikerjakan dalam penelitian ini, skenario 1 dengan penerapan sistem drainase konvensional diperoleh debit banjir kawasan sebesar 1,78 m³/det. Kemudian penerapan skenario 2 dengan penggunaan pemanenan air hujan yang diakumulasikan untuk seluruh saluran yang digunakan pada penelitian ini maka dengan jumlah 2189 buah teknologi pemanenan air hujan di masing-masing rumah dapat mereduksi debit sebesar 1,053 m³/det atau sebesar 59,16% yang menghasilkan debit banjir kawasan sebesar 0,72 m³/det. Sedangkan untuk skenario 3, dengan penggunaan saluran drainase untuk mengumpulkan limpasan hujan menuju kolam retensi maka seperti hitungan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa penggunaan kolam retensi dapat mereduksi debit banjir kawasan sebesar 88% dimana debit banjir kawasan yang telah di reduksi sebesar 0,213 m³/det. Sehingga jika dibandingkan debit banjir rencana dari masing-masing skenario diperoleh perbandingan yang dapat dilihat pada Gambar 12 sebagai berikut:



Gambar 12 Perbandingan Debit Banjir Rencana Setiap Skenario

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Diambil beberapa kesimpulan yang berdasarkan hasil perhitungan dan perbandingan sebagai berikut:

1. Berdasarkan rancangan sistem drainase untuk masing-masing skenario didapat debit banjir rencana kala ulang 5 tahun sebesar 1,78 m³/det untuk skenario 1, debit banjir rencana kala ulang 5 tahun sebesar 0,75 m³/det untuk skenario 2, dan debit banjir rencana kala ulang 5 tahun sebesar 0,233 m³/det untuk skenario 3.
2. Penerapan teknologi ekodrainase berupa pemanenan air hujan yang digunakan pada setiap rumah pada lokasi penelitian yang berjumlah 2189 buah dapat mengurangi debit limpasan hujan dari atap rumah sebesar 1,053 m³/det atau mereduksi sebesar 59,16% dari debit banjir kawasan.
3. Berdasarkan skenario 3 maka dengan menggunakan kolam retensi dimana debit yang masuk sebesar 1,82 m³/det. akan dapat ditampung dengan dimensi kolam (68 x 68 x 2) m³ dengan kata lain mampu mereduksi debit banjir kawasan sebesar 88%.

5.2. Saran

Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa daerah Tataca Puri merupakan daerah yang elevasinya lebih rendah dibandingkan dengan daerah di sekitarnya sehingga untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk meninjau *catchment area* dari kali Jatake untuk mendapatkan pemahaman lebih menyeluruh tentang potensi limpasan hujan yang datang dari daerah luar Tataca Puri.

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Arsinsi Prima Cipta Konsultan dan Ir. Djudjun Warganda atas bantuannya dalam pengerjaan penelitian ini dengan memberikan pemahaman, masukan dan gambaran akan lokasi penelitian yang ditinjau.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Manto and T. Kadri, "Reduksi Debit Limpasan Dengan Menerapkan," *Constr. Engeneering Sustainable Dev.*, vol. 3, no. 2, pp. 104–109, 2020.
- [2] D. P. Suadnya *et al.*, "Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Banjir," vol. 5, no. 3, pp. 143–150, 2017.
- [3] G. M. Regar, L. Tondobala, and I. Moniaga, "Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota," *J. Spasial*, vol. 7, no. 1, pp. 94–103, 2020.
- [4] D. A. Kusumadewi, L. Djakfar, and M. Bisri, "Arahan Spasial Teknologi Drainase Untuk Mereduksi Genangan Di Sub Daerah Aliran Sungai Watu Bagian Hilir," *J. Tek. Pengair.*, vol. 3, no. 2, pp. 258–276, 2012, [Online]. Available: <https://jurnalpengairan.ub.ac.id/index.php/jtp/article/view/171>.
- [5] Kementerian Pekerjaan Umum, "Tata cara

- penyusunan rencana induk sistem drainase perkotaan,” *Direktorat Pengemb. Penyehatan Lingkungan. Permukiman.*, p. 149, 2012.
- [6] I. M. Kamiana, “Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air,” p. 216, 2011.
- [7] T. C. Upomo and R. Kusumawardani, “Pemilihan Distribusi Probabilitas Pada Analisa Hujan Dengan Metode Goodness of Fit Test,” *J. Tek. Sipil dan Perenc.*, vol. 18, no. 2, pp. 139–148, 2016, doi: 10.15294/jtsp.v18i2.7480.
- [8] E. T. Salimi, A. Nohegar, A. Malekian, M. Hoseini, and A. Holisaz, “Estimating time of concentration in large watersheds,” *Paddy Water Environ.*, vol. 15, no. 1, pp. 123–132, 2017, doi: 10.1007/s10333-016-0534-2.
- [9] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, “Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor/3/PRT/M/2013,” *Tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga Dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*, pp. 1–374, 2014.
- [10] D. J. C. K. Departemen Pekerjaan Umum, “Pembuatan Kolam Retensi Dan Polder,” pp. 1–62, 2019.