

Terbit online pada laman web jurnal :<http://jurnaldampak.ft.unand.ac.id/>

Dampak: Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas

| ISSN (Print) 1829-6084 | ISSN (Online) 2597-5129|



Artikel Penelitian

Pengendalian Air Limpasan dengan Ecodrainage untuk Kawasan Perumahan Podo Asih

Arifandy Setiawan¹⁾, Anie Yulistiyorini^{2*)}, Titi Rahayuningsih²⁾, Gilang Idft²⁾

¹⁾Laboratorium Lingkungan, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5, Malang 65145, Indonesia

²⁾Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5, Malang 65145, Indonesia

*Koresponden: anie.yulistiyorini.ft@um.ac.id

Diterima: 7 November 2022

Diperbaiki: 10 Maret 2023

Disetujui: 28 Juni 2023

A B S T R A C T

Podo Asih Housing is a residential area located in Beji District, Pasuruan Regency, located at 7°34'23.21" S and 112°44'00.39" E housing area of 50,000 m² or 5 hectares, this relatively densely populated housing is still frequent. There is a flood that can disrupt the activities of residential residents. One alternative to overcome this is by applying the concept of eco-drainage in residential areas. This study uses a quantitative descriptive approach to the Podo Asih Housing area, hydrological analysis is carried out to determine runoff discharge and hydraulic analysis to determine the capacity of the existing channel in the Podo Asih Housing area, the analysis is carried out to determine how much runoff discharge occurs, that is the basis In eco-drainage planning, it is necessary to take into account how many rainwater reservoirs, infiltration wells, and biopore infiltration holes are needed to control the runoff water. In collecting data, researchers conducted observations and measurements directly in the field, carried out laboratory tests, and collected rain data from the Department of Irrigation and Mining of Pasuruan Regency. HEC-RAS software for hydraulic analysis calibration. The results showed that there were 39 out of 118 channels that could not accommodate runoff water discharge, planned as many as 378 rainwater collectors, 68 infiltration wells, and 289 biopore infiltration holes that could reduce runoff discharge by 1,253 m³/s with a reduction percentage of 95.59% for a 2 year return period, 77.06% for a 5 year return period, and 68.19% for a 10 year return period.

Keywords: housing, runoff, ecodrainage

A B S T R A K

Perumahan Podo Asih merupakan kawasan perumahan yang terletak di Kecamatan Beji Kabupaten Pasuruan, terletak pada 7°34'23.21" LS dan 112°44'00.39" BT dengan luas perumahan 50.000 m² atau 5 hektar, perumahan yang relatif padat penduduk ini masih sering dijumpai. Adanya banjir yang dapat mengganggu aktivitas warga pemukiman. Salah satu alternatif untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan menerapkan konsep ecodrainage pada kawasan pemukiman. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif pada kawasan Perumahan Podo Asih, analisis hidrologi dilakukan untuk menentukan debit limpasan dan analisis hidrolis untuk mengetahui kapasitas saluran yang ada di kawasan Perumahan Podo Asih, analisis dilakukan untuk mengetahui seberapa besar terjadi debit limpasan, yang menjadi dasar Dalam perencanaan ekodrainase, perlu diperhitungkan berapa jumlah penampungan air hujan, sumur resapan, dan lubang resapan biopori yang dibutuhkan untuk mengendalikan air limpasan. Dalam pengumpulan data, peneliti melakukan observasi dan pengukuran langsung di lapangan, melakukan uji laboratorium, dan mengumpulkan data hujan dari Dinas Pengairan dan Pertambangan Kabupaten Pasuruan. Perangkat lunak HEC-RAS untuk kalibrasi analisis hidrolis. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 39 dari 118 saluran yang tidak dapat menampung debit air limpasan, direncanakan sebanyak 378 penampung air hujan, 68 sumur resapan, dan 289 lubang resapan biopori yang dapat mereduksi debit limpasan sebesar 1.253 m³/s dengan persentase penurunan. sebesar 95,59% untuk periode ulang 2 tahun, 77,06% untuk periode ulang 5 tahun, dan 68,19% untuk periode ulang 10 tahun.

Kata kunci: perumahan, limpasan, ekodrainase

1. PENDAHULUAN

Perumahan Podo Asih merupakan kawasan tempat tinggal padat penduduk dan masih sering terjadi banjir sehingga mengganggu aktivitas penduduk perumahan. Air limpasan atau yang biasa disebut dengan banjir sudah menjadi sesuatu hal yang biasa terjadi di kawasan Perumahan Podo Asih setiap tahunnya. Kapasitas saluran drainase tidak mampu menampung debit air, kurangnya perawatan dan banyaknya sedimentasi pada saluran serta kurangnya daya serap tanah yang mengakibatkan jalan tergenang air.

Terdapat beberapa hal yang menyebabkan terjadinya banjir antara lain karena tindakan manusia dan banjir karena sebab-sebab alami (Kodoatie, 2013). Banjir karena tindakan manusia seperti perubahan tata guna lahan, pembuangan sampah, adapun banjir karena sebab-sebab alami seperti curah hujan, pengaruh fisiologi/geofisik sungai, kapasitas sungai.

Setiap musim penghujan air meluap dari saluran drainase menyebabkan terjadinya genangan air dan berdampak terganggunya aktivitas masyarakat (Lopa dkk., 2020). Pertumbuhan penduduk yang cepat menyebabkan bertambahnya jumlah kebutuhan perumahan dan kawasan industri serta fasilitas pendukungnya, sehingga lahan terbuka dan lahan basah menjadi berkurang. Perkembangan kawasan yang pesat sering tak terkendali dan tidak sesuai dengan konsep pembangunan yang berkelanjutan sehingga mengakibatkan resapan air ke dalam tanah menjadi berkurang. Hal tersebut mengakibatkan kawasan hunian penduduk di daerah rendah menjadi penampung air dari hulu. Disebutkan pada media massa cncindonesia.com yang diunggah pada 18 Februari 2021, disebutkan bahwa hampir 40% bencana alam di Indonesia adalah banjir. Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) mencatat jumlah daerah banjir di Indonesia meningkat, mereka melihat penanganan banjir belum efektif.

Alih fungsi lahan khususnya daerah perkotaan mengakibatkan berkurangnya Ruang Terbuka Hijau (RTH) (Manto & Kadri, 2020). Kondisi saluran drainase yang kurang mencukupi, terjadinya sedimentasi dan tidak terawatnya saluran menjadi penyebab utama terjadinya banjir di kawasan Perumahan Podo Asih. Kondisi seperti ini perlu dilakukan penanganan lebih lanjut untuk mengendalikan air limpasan guna meminimalisir banjir yang terjadi di kawasan Perumahan Podo Asih.

Penetapan tata letak ekodrainase didasarkan pada kesesuaian antara kriteria lokasi yang terdapat dalam peraturan, standar, dan penelitian terdahulu dengan karakteristik lokasi studi (Sari dkk., 2018). Penerapan ekodrainase dapat menjadi alternatif dalam menangani permasalahan banjir di Perumahan Podo Asih yang tentunya berpatokan pada peraturan yang ada. Seperti yang tertulis pada Peraturan Daerah Kabupaten Pasuruan No. 8 Tahun 2016 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Masyarakat memiliki hak untuk berperan aktif dalam melindungi dan mengelola lingkungan hidup. Selain itu peran masyarakat dalam penyelenggaraan sistem drainase juga tertuang pada PERMEN PU No. 12 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan disebutkan pada pasal 31 peran masyarakat dapat berupa penyediaan Sumur Resapan, Kolam Tandon, Kolam Retensi sesuai dengan karakteristik kawasan.

Penerapan ekodrainase (sumur injeksi) dapat menjadi alternatif dalam menangani permasalahan banjir di Perumahan Podo Asih. Sistem ini dapat meresap limpasan air ke dalam tanah, dan mengurangi banjir, serta merangsang pengisian kembali air tanah (Idfi dkk., 2018). Pada penelitian (Manto & Kadri, 2020) penerapan ekodrainase (pengumpul air hujan, sumur resapan, biopori, dan bioretensi) mengurangi limpasan air hujan 52% dari total debit di perumahan The Royal Park. Kawasan Perumahan Podo Asih sulit untuk dilakukan perbaikan drainase karena lahan yang terbatas dan masih belum ada perencanaan sistem ekodrainase. Maka dari itu ekodrainase merupakan salah satu alternatif solusi yang dapat diterapkan di kawasan ini dalam mengendalikan banjir sehingga penulis berminat melakukan penelitian ini dengan judul *“Runoff Water Control with Ecodrainage for Podo Asih Residential Area”* (Pengendalian Air Limpasan dengan Konsep Ekodrainase Kawasan Perumahan Podo Asih Kabupaten Pasuruan). Hasil penelitian ini diharapkan memberikan banyak manfaat pada lokasi penelitian.

2. METODOLOGI

2.1. Persiapan

Pada tahap persiapan dibagi menjadi tiga langkah yaitu identifikasi masalah, studi literatur, dan peralatan yang digunakan.

Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah adalah cikal bakal alasan dilakukannya penelitian, dalam mengidentifikasi

masalah peneliti melihat keadaan/permasalahan yang ada di masyarakat. Masalah yang dirumuskan adalah masalah riil yang ada di lapangan.

Studi Literatur

Langkah ini menjadi dasar teori dan sebagai acuan dasar dalam menyelesaikan masalah. Tinjauan pustaka yang digunakan bersumber dari jurnal, buku, dan peraturan/SNI yang tersedia.

Peralatan yang Digunakan

Pada proses penelitian peneliti menggunakan peralatan untuk mengolah data yang berupa perangkat keras dan perangkat lunak.

- 1) Perangkat keras: laptop, alat ukur kemiringan tanah (theodolit/metode sipat datar), bor tangan, alat uji permeabilitas, termometer, pH meter, dan alat pendukung lainnya.
- 2) Perangkat lunak: Microsoft Office, Google Maps, Google Earth, AutoCAD, HEC RAS 4.1.0, Mendeley, Minitabs, Corel.

2.2. Pengumpulan Data

Dua hal yang sangat memengaruhi kualitas data hasil penelitian, yaitu instrumen penelitian dan pengumpulan data (Sugiyono, 2015). Menurut sumbernya data dibagi menjadi dua, yaitu data sumber primer dan data sumber sekunder.

Data Primer

Data primer merupakan data yang diambil langsung oleh pengumpul data. Dalam penelitian ini yang termasuk dalam data primer yaitu:

- 1) Data eksisting (data hidraulika) diperoleh melalui observasi,
- 2) tata guna lahan diperoleh melalui penginderaan Google Earth dan observasi,
- 3) peta jaringan drainase, diperoleh melalui penginderaan Google Earth,
- 4) koefisien permeabilitas tanah diperoleh melalui uji lab. Uji permeabilitas tanah menggunakan metode Falling Head Permeability. Pengambilan tanah menggunakan bor tangan dengan mengambil sampel tanah dengan kedalaman 30-50 cm. Metode Falling Head Permeability disimulasikan dengan mengalirkan air melalui sampel tanah menggunakan permeameter lalu menghitung laju resapan dengan mencatat tinggi air (h0) dan waktu (t0) di saat nol hingga beda tinggi (h1) dan waktu tertentu (t1) (Murthy, 2002). Persamaan yang digunakan untuk menghitung koefisien permeabilitas tanah adalah sebagai berikut.

$$k = \frac{2,3L}{(t_1 - t_0)} \log \frac{h_1}{h_2} \tag{1}$$

- 5) Uji kualitas air dilakukan pada lab air Perum Jasa Tirta Malang, uji ini dilakukan untuk mengetahui kualitas air pada tandon pengumpul air hujan.

Tabel 1. Metode analisa pengujian kualitas air

No.	Parameter	Metode Analisa
- Parameter Fisik		
1.	Warna	SNI 6989.80.2011
2.	TDS	APHA 2540 C-2017
3.	Suhu	-
4.	Rasa	SNI 06-6859-2002
5.	Bau	SNI 06-6859-2002
- Parameter Biologi		
1	E-coli	APHA 9221-B & E-2017 (Tabung Ganda)
- Parameter Kimia		
1	pH	-
2	Besi	APHA 3111 B-2017 (Flame)
3	Fluorida	SNI 06-6989.29-2005
4	Kesadahan (CaCO ₃)	SNI 06-6989.12-2004
5	Mangan	APHA 3111 B-2017 (Flame)

Sumber: Lab. Lingkungan, Perusahaan Umum (Perum) Jasa Tirta I

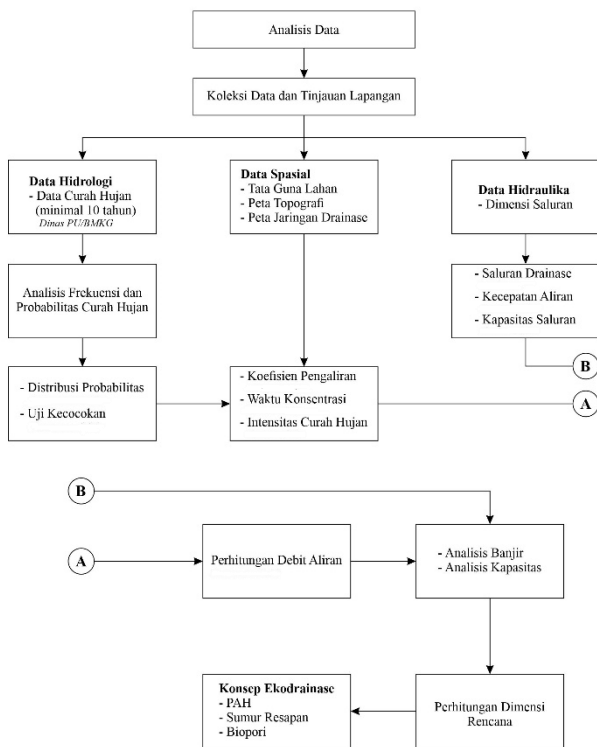
Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung oleh pengumpul data. Dalam penelitian ini yang termasuk dalam data sekunder yaitu data curah hujan yang diperoleh melalui Dinas PU Sumber Daya Air dan Tata Ruang Kabupaten Pasuruan.

2.3. Analisis Data

Dalam penelitian kuantitatif, analisis data merupakan tahap setelah seluruh data telah terkumpul (Sugiyono, 2015). Pada analisis data perlu dilakukan pengelompokan data lalu melakukan perhitungan untuk menjawab rumusan masalah serta melakukan perhitungan uji kecocokan data. Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis statistik inferensial, yaitu teknik statistik yang digunakan untuk menganalisis data sampel dan hasilnya diberlakukan untuk populasi.

Pada Gambar 1 terdapat tiga kelompok data, yaitu data hidrologi, data spasial, dan data hidraulika. Data-data tersebut yang nantinya akan diolah untuk menjawab rumusan masalah dalam penelitian ini.



Gambar 1. Diagram alir analisis data

Rata-rata Aljabar

Metode ini adalah metode yang paling sederhana digunakan untuk mencari data curah hujan yang hilang. Metode ini didasari oleh asumsi bahwa semua penakar mempunyai pengaruh yang sama dengan anggapan bahwa DAS tersebut sifat hujannya merata (Kamil, 2021). Persamaan yang digunakan adalah:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \tag{1}$$

Distribusi Log Pearson Tipe III

Distribusi Log Pearson Tipe III merupakan hasil modifikasi distribusi pearson tipe III menjadi data logaritmik (Winarsih dkk., 2009).

$$\log X_T = \log \bar{X} + K. s \tag{2}$$

Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran (C) merupakan perbandingan banyaknya air yang mengalir ke suatu daerah akibat hujan dengan banyaknya hujan yang jatuh pada daerah tersebut (Sa’ud, 2007).

$$C_{eq} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \tag{3}$$

Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi (t_c) ditentukan dengan cara memisahkan perhitungan waktu konsentrasi di lahan (t_0) dan di saluran (t_d) (Kamiana, 2019). Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus Kirpich sebagai berikut.

$$t_c = 0,0195L^{0,77} \cdot S^{-0,385} \tag{4}$$

Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah kedalaman air hujan per satuan waktu, semakin singkat waktu hujan maka semakin besar nilai intensitas hujan (Sa’ud, 2007).

Rumus Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \tag{5}$$

Limpasan (Surface RunOff)

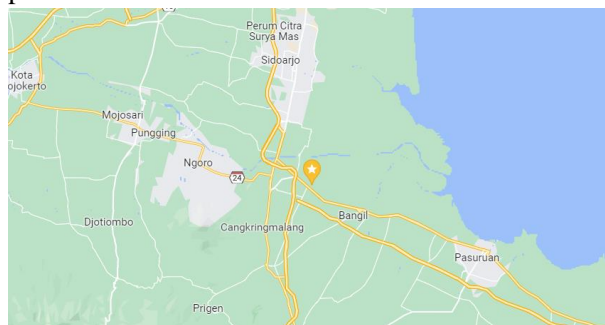
Debit limpasan (Q_i) dapat dihitung dengan **Metode Rasional**, metode ini banyak digunakan untuk daerah luas dan juga untuk perencanaan drainase dengan daerah pengaliran sempit (Budianto dkk., 2017). Secara matematis metode rasional dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$Q_i = 0,002778 \cdot C \cdot I \cdot A \tag{6}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Hidrologi

Dalam penelitian ini data hujan merupakan data sekunder yang didapat dari instansi lain yaitu Dinas PU Sumber Daya Air dan Tata Ruang Kabupaten Pasuruan yang memiliki data hujan di sekitaran lokasi penelitian.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian

Data yang didapat yaitu data hujan tahunan 2012-2021 di stasiun hujan terdekat dari lokasi penelitian, yaitu stasiun Banyulegi dan stasiun Gempol. Stasiun

terdekat yang digunakan adalah data stasiun Gempol dan Banyulegi.



Gambar 3. Peta stasiun hujan

Alasan mengambil dua stasiun ini adalah stasiun terdekat dari lokasi penelitian, pada stasiun Banyulegi (stasiun terdekat) terdapat data kosong pada tahun 2019, maka diperlukan stasiun lain (stasiun Gempol) untuk menutupi data yang kosong dengan melakukan metode rata-rata aljabar antara data stasiun hujan Banyulegi dengan stasiun hujan Gempol.

3.1.1. Hujan Maksimum Harian (Xi)

Data hujan maksimum harian stasiun Gempol/No. STA: 9 dan data hujan maksimum harian stasiun Banyulegi/No. STA: 12 dapat dilihat masing-masing pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hujan maksimum harian stasiun Gempol

Bulan Tahun	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
2012	70	53	21	41	20	84	0	0	0	0	2	48
2013	40	95	51	38	40	70	70	0	0	0	64	75
2014	145	79	74	65	37	0	0	0	0	0	0	87
2015	31	75	73	95	0	0	0	0	0	0	62	0
2016	50	72	70	46	45	67	20	20	21	21	21	70
2017	140	57	67	67	14	4	20	20	20	30	88	68
2018	64	133	73	46	0	0	0	0	0	0	45	22
2019	57	55	110	89	52	0	0	0	0	0	0	55
2020	115	64	72	55	113	0	7	42	0	16	174	60
2021	67	67	84	129	9	36	39	0	42	17	33	140

Sumber: Dinas PU SDA dan Tata Ruang Pemkab Pasuruan

3.2. Analisis Frekuensi

Analisis Frekuensi meliputi pengukuran dispersi, uji distribusi, dan uji kecocokan.

Pengukuran Dispersi

Pengukuran dispersi untuk mengetahui sifat data yang akan dianalisis dan diperhitungkan dengan jenis uji distribusi yang cocok yang nantinya akan digunakan untuk menghitung hujan rencana.

Tabel 3. Hujan maksimum harian stasiun Banyulegi

Bulan Tahun	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
2012	69	56	39	73	24	57	0	0	0	0	0	13
2013	28	88	77	35	33	56	65	0	0	0	75	67
2014	115	115	78	69	39	0	0	0	0	0	0	84
2015	88	34	80	70	98	0	0	0	0	0	24	82
2016	52	53	48	62	90	86	22	0	25	25	31	110
2017	81	70	57	57	6	9	22	0	0	29	70	91
2018	69	128	63	43	0	0	0	0	0	0	43	43
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	97	58	40	29	85	0	4	51	0	62	140	62
2021	54	54	96	98	14	28	40	0	65	0	75	102

Sumber: Dinas PU SDA dan Tata Ruang Pemkab Pasuruan

Hujan Rata-rata (X̄)

Hujan rata-rata diambil dari stasiun Gempol & Banyulegi yang telah dirata-rata. Data hujan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Hujan rata-rata

Bulan Tahun	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des	Maks	Rata-rata
2012	69,5	54,5	30	57	22	70,5	0	0	0	0	1	30,5	70,5	109
2013	34	91,5	64	36,5	36,5	63	67,5	0	0	0	69,5	71	91,5	
2014	130	97	76	67	38	0	0	0	0	0	0	85,5	130	
2015	59,5	54,5	76,5	82,5	49	0	0	0	0	0	43	41	82,5	
2016	51	62,5	59	54	67,5	76,5	21	10	23	23	26	90	90	
2017	110,5	63,5	62	62	10	6,5	21	10	10	29,5	79	79,5	110,5	
2018	66,5	130,5	68	44,5	0	0	0	0	0	0	44	32,5	130,5	
2019	57	55	110	89	52	0	0	0	0	0	0	55	110	
2020	106	61	56	42	99	0	5,5	46,5	0	39	157	61	157	
2021	60,5	60,5	90	113,5	11,5	32	39,5	0	53,5	8,5	54	121	121	

Uji Distribusi

Untuk menentukan jenis distribusi yang akan digunakan nilai parameter statistik harus memenuhi syarat minimal satu jenis distribusi. Pemilihan jenis distribusi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Uji distribusi

Jenis Distribusi	Sifat Distribusi	Sifat Data	Keterangan
Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$	$C_s = 0,28473899$ $C_k = 1,808215254$	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s = 0,1738$ $C_k = 3,0537$	$C_s = 0,17250883$ $C_k = 1,706499968$	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s = 5,4002$ $C_k = 1,1396$	$C_s = 0,28473899$ $C_k = 1,808215254$	Tidak Memenuhi
Log Pearson Tipe III	Selain kriteria Normal, Log Normal, dan Gumbel	$C_s = 0,17250883$ $C_k = 1,706499968$	Memenuhi

Dipilih jenis distribusi Log Pearson III karena nilai parameter statistik tidak memenuhi syarat pada distribusi normal, log normal, maupun gumbel. Pada Log Pearson III nilai X diubah ke nilai LogX, untuk persamaan yang digunakan adalah $\log X_T = \log \bar{X} + K \cdot s$ (persamaan 2.25) dan pada nilai K dapat dilihat di tabel 2.7 dengan melihat koefisien kemencengan (G)

terhitung. Nilai XT pada perhitungan Log pearson III masih berbentuk log jadi, perlu diubah ke nilai normal. Untuk perhitungan hujan rencana dengan distribusi Log Pearson III dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. Distribusi Log Pearson III

T (Periode Ulang)	\bar{X} (Rata-rata)	K (V. Standar)	Sd (St. Deviasi)	XT (R. Rencana)	R24 (mm)
2	2,02733005	-0,066	0,10609841	2,02032755	104,791861
5	2,02733005	0,816	0,10609841	2,11390635	129,988926
10	2,02733005	1,317	0,10609841	2,16706166	146,913485
25	2,02733005	1,88	0,10609841	2,22679506	168,575737
50	2,02733005	2,261	0,10609841	2,26721856	185,019952

3.3. Analisis Debit Limpasan

Pada analisis debit terdapat perhitungan koefisien pengaliran (C), waktu konsentrasi (tc), intensitas hujan (I), dan debit limpasan (Q).

Limpasan (Surface Runoff)

Hasil perhitungan nilai maksimum ada pada saluran CA21-CA1 yaitu sebesar 0,040581052 m³/s dan nilai minimum ada pada saluran OUT yaitu sebesar 0,000545787 m³/s. Hal ini dikarenakan daerah tangkapan saluran CA21-CA1 lebih luas daripada saluran OUT. Terhitung pada saluran hilir (akumulasi seluruh debit saluran) adalah 1,311110421 m³/s, hal ini berarti pada kawasan Perumahan Podo Asih menghasilkan debit limpasan permukaan sebesar 1,311110421 m³/s (periode ulang 2 tahun). Pada penelitian (Manto & Kadri, 2020) diperoleh debit limpasan kawasan dengan periode ulang 5 tahun sebesar 0,2229 m³/s. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian ini debit yang dihasilkan lebih besar daripada penelitian (Manto & Kadri, 2020), hal ini dikarenakan kawasan pada penelitian ini (Perumahan Podo Asih) memiliki luasan yang lebih besar yaitu 50.000 m², sedangkan pada penelitian (Manto & Kadri, 2020) memiliki kawasan dengan luas sebesar 15.512 m².

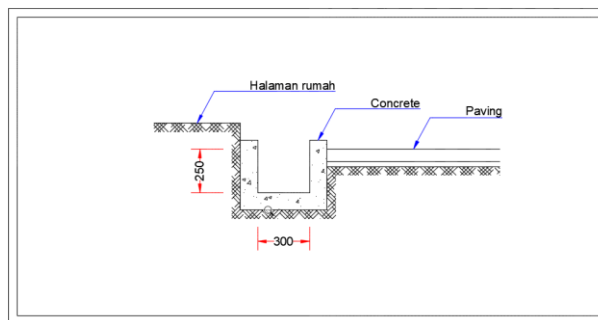
3.4. Analisis Hidraulika

Analisis hidraulika dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kapasitas tampungan saluran eksisting. Untuk mengetahui kapasitas saluran pada Perumahan Podo Asih dilakukan observasi terhadap saluran drainase di perumahan tersebut.

Saluran Drainase

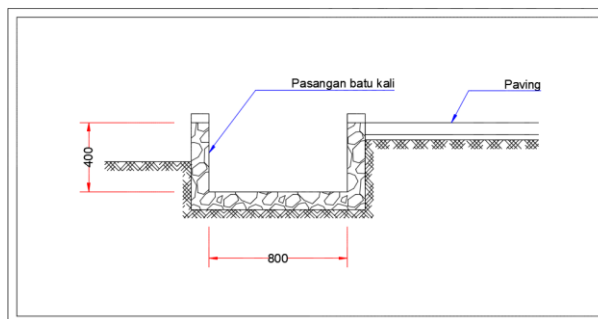
Bentuk penampang drainase pada lokasi penelitian ada dua macam yaitu persegi dan lingkaran (gorong-gorong). Untuk jenis penampang persegi memiliki dua macam dimensi, berikut detail dari penampang eksisting saluran drainase pada perumahan Podo Asih. Saluran persegi 30/25 terbuat dari *concrete* adalah

saluran primer di kawasan Perumahan Podo Asih, saluran ini terletak di setiap rumah.



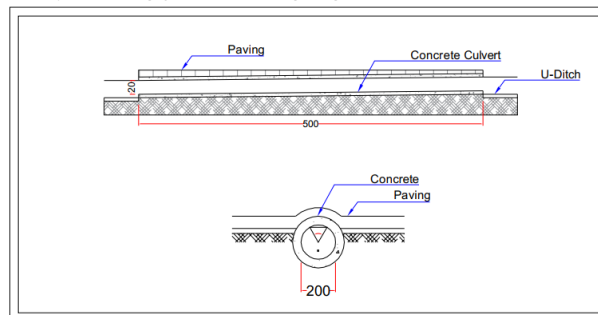
Gambar 4. Saluran drainase eksisting 30/25

Saluran persegi 80/40 terbuat dari pasangan batu kali adalah saluran sekunder di kawasan Perumahan Podo Asih, saluran ini terletak di bagian barat perumahan.



Gambar 5. Saluran drainase eksisting 80/40

Saluran lingkaran diameter 20 cm terbuat dari concrete adalah gorong-gorong di kawasan Perumahan Podo Asih, saluran ini terletak di bawah paving menyeberang jalan antar gang.



Gambar 6. Saluran drainase eksisting gorong-gorong

Tiap bentuk penampang memiliki jari-jari hidraulik yang berbeda. Perhitungan jari-jari hidraulik saluran eksisting dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7. Perhitungan jari-jari hidraulik

Bentuk Penampang	Dimensi				A (m ²)	P (m)	R (m)
	b (m)	yn (m)	D (m)	φ (rad)			
Persegi (1)	0,300	0,250	-	-	0,075	0,800	0,094
Persegi (2)	0,800	0,400	-	-	0,320	1,600	0,200
Lingkaran	-	-	0,200	5,236	0,659	0,524	0,058

Untuk mengetahui kemampuan kapasitas saluran dalam menampung debit limpasan, perlu dilakukan perhitungan selisih antara kapasitas saluran (Q_a) dengan debit limpasan gabungan ($\sum Q_2$) periode ulang 2 tahun, digunakan periode ulang 2 tahun karena cakupan sistem drainase tidak terlalu besar dan hanya terbatas pada area perumahan. Saluran dikatakan mencukupi apabila selisih lebih dari nol ($\Delta Q > 0$), dikatakan tidak mencukupi apabila selisih kurang dari nol ($\Delta Q < 0$). Terdapat 39 dari 118 atau sebesar 33,05% saluran yang tidak dapat menampung debit air limpasan (tidak mencukupi). Pada penelitian (Wahyuningtyas dkk., 2011) diketahui bahwa 55,69% saluran tidak mencukupi dikarenakan beberapa penyebab seperti proses sedimentasi, penumpukan sampah, dan kemiringan saluran drainase tidak sesuai.

3.5. Perencanaan Ekodrainase

Pada perencanaan drainase ini diterapkan konsep ekodrainase dengan media pengumpul air hujan, sumur resapan dangkal, dan lubang resapan biopori. Penerapan konsep ini sejalan dengan penelitian (Sari dkk., 2018), dikatakan bahwa konsep ekodrainase sebagai alternatif pengendalian air limpasan.

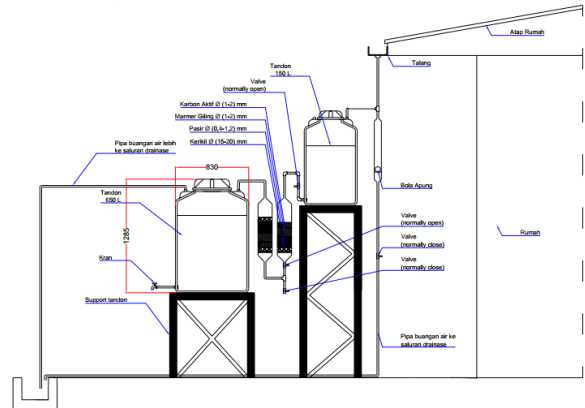


Gambar 7. Peta perencanaan ekodrainase

Penerapan ini disesuaikan dengan perhitungan kebutuhan dan kondisi lahan yang ada pada perumahan Podo Asih. Setelah direncanakan titik dan jumlah media, maka dilakukan perhitungan dan evaluasi kapasitas drainase setelah diterapkannya konsep ekodrainase.

Pengumpul Air Hujan

Pengumpul air hujan menggunakan profil tandon 650 L atau setara dengan 0,65 m³. Diterapkan setiap rumah satu sebanyak 378 titik.



Gambar 8. Rencana pengumpul air hujan atap rumah dan masjid

Berikut contoh perhitungan PAH pada Blok CV1-CV22.

$$V_{total} = n_{pasang} \times V_{toren}$$

$$V_{total} = 22 \times 0,65$$

$$V_{total} = 14,3 \text{ m}^3$$

$$t = \frac{R_{24}}{I}$$

$$t = \frac{0,105}{(0,0804 \times 3600)}$$

$$t = 1,3 \text{ s}$$

$$Q_{toren} = \frac{V_{total}}{t}$$

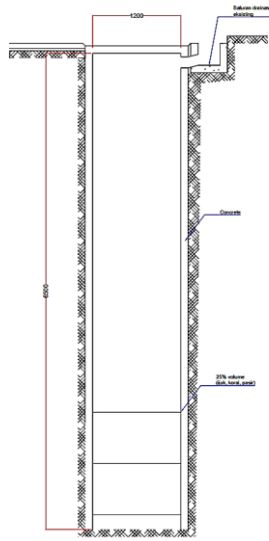
$$Q_{toren} = \frac{14,3}{1,3}$$

$$Q_{toren} = 0,00305 \text{ m}^3/\text{s}$$

Jumlah rencana pengumpul air hujan sebanyak 378 titik, debit total 0,086240416 m³/s dengan kontribusi sebesar 6,58 %. direncanakan untuk pengumpul air hujan dipasang satu tiap rumah dan satu di masjid. Atap setiap rumah berbeda-beda menyebabkan debit yang ditampung tiap rumah berbeda-beda. Pada penelitian (Manto & Kadri, 2020) diterapkan pengumpul air hujan berdimensi 1550 L dengan jumlah 102 titik, debit total 0,08205 m³/s dengan kontribusi sebesar 36,81%.

Sumur Resapan

Direncanakan sumur resapan dengan diameter 120 cm dan tinggi 650 cm, diterapkan sebanyak 68 titik di kawasan perumahan Podo Asih.



Gambar 9. Rencana sumur resapan

Permeabilitas Tanah

Sebelum menginjak pada perhitungan kebutuhan ekodrainase perlu diketahui nilai permeabilitas tanah untuk perhitungan sumur resapan dan lubang resapan biopori. Sampel tanah diambil di empat titik berbeda pada kawasan Perumahan Podo Asih, yaitu dengan menggali tanah sedalam 50 cm lalu diujikan dengan metode Falling Head Permeability yang diuji di lab Mekanika Tanah Universitas Negeri Malang. Dilakukan tiga kali pengujian setiap sampel agar mendapatkan data yang akurat. Untuk perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 8. Hasil pengujian *Falling Head Permeability*

Sampel	Ø buret (cm)	Ø sampel (cm)	L sampel (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	Δh (cm)	Δt (s)	k (cm/s)	rerata k (cm/s)	rerata k (m/s)
1a	1,5	6	8	30	26	4	15	0,076	0,101 cm/s	0,0010 m/s
1b	1,5	6	8	25	21,5	3,5	15	0,08		
1c	1,5	6	8	25	19	6	15	0,146		
2a	1,5	6	6	30	26	4	15	0,057	0,064 cm/s	0,0006 m/s
2b	1,5	6	6	25	21	4	15	0,07		
2c	1,5	6	6	20	17	3	15	0,065		
3a	1,5	6	8	40	36	4	15	0,056	0,069 cm/s	0,0007 m/s
3b	1,5	6	8	40	35	5	15	0,071		
3c	1,5	6	8	40	34,5	5,5	15	0,079		
4a	1,5	6	9	25	19,5	5,5	15	0,149	0,109 cm/s	0,0011 m/s
4b	1,5	6	9	40	34	6	15	0,097		
4c	1,5	6	9	40	35	5	15	0,08		
Rata-rata Koefisien									0,0856 cm/s	0,000856 m/s

Sampel diuji hingga tiga kali dan hasil perhitungan akan dirata-rata. Dari empat sampel yang diambil diperoleh rata-rata koefisien permeabilitasnya adalah 0,086 cm/s atau setara dengan 0,0009 m/s. Nilai ini yang akan digunakan dalam perhitungan debit pada sumur resapan dan lubang resapan biopori

$$Q_{1sr} = 4RKH$$

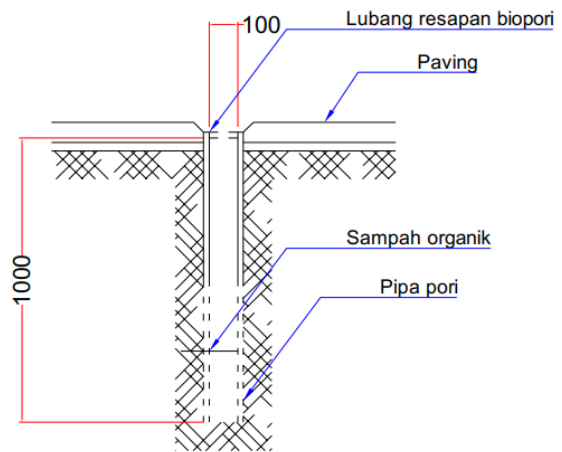
$$Q_{1sr} = 4 \times 0,6 \times 0,000856 \times 6,5$$

$$Q_{1sr} = 0,013351 \text{ m}^3/\text{s}$$

sehingga total tampungan debit satu buah sumur resapan adalah 0,013351 m³/s. Jumlah rencana sumur resapan sebanyak 68 titik, debit total 0,90784 m³/s dengan kontribusi sebesar 69,24% Pada penelitian (Manto & Kadri, 2020) diterapkan sumur resapan diameter 80 cm dan tinggi 600 cm. dengan jumlah 102 titik, debit total 0.00883 m³/s dengan kontribusi sebesar 3,96 %.

Lubang Resapan Biopori

Lubang resapan biopori (LRB) direncanakan dengan diameter 10 cm dan tinggi 100 cm, dengan nilai koefisien permeabilitas adalah 0,086 cm/s. Diterapkan sebanyak 289 titik di kawasan perumahan Podo Asih.



Gambar 10. Rencana lubang resapan biopori

$$Q_{1LRB} = \frac{2\pi LKH}{\ln\left(\frac{L}{R} + \sqrt{1 + \left(\frac{L}{R}\right)^2}\right)}$$

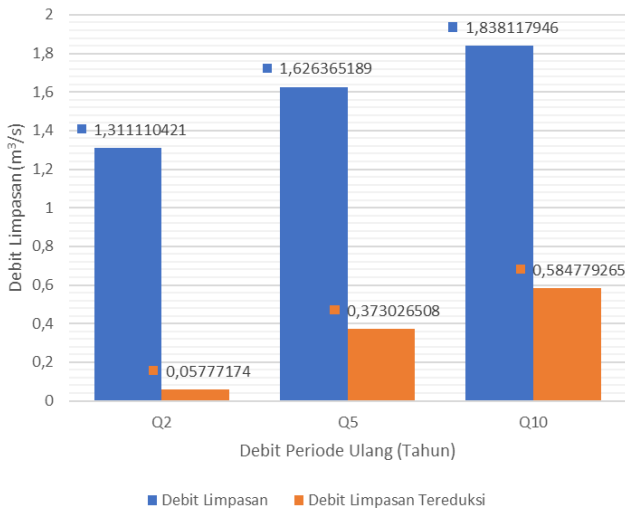
$$Q_{1LRB} = \frac{2\pi \times 0,5 \times 0,000856 \times 1}{\ln\left(\frac{0,5}{0,05} + \sqrt{1 + \left(\frac{0,5}{0,05}\right)^2}\right)}$$

$$Q_{1LRB} = 0,00089709 \text{ m}^3/\text{s}$$

sehingga total tampungan debit satu buah lubang resapan biopori adalah 0,00089709 m³/s. Jumlah rencana sumur resapan sebanyak 289 titik, debit total 0,259259079 m³/s dengan kontribusi sebesar 19,77 %. Pada penelitian (Manto & Kadri, 2020) diterapkan lubang resapan biopori diameter 10 cm dan tinggi 80 cm. dengan jumlah 230 titik, debit total 0,00033 m³/s dengan kontribusi sebesar 0,15 %.

Grafik Reduksi Debit Limpasan

Setelah diterapkan konsep ekodrainase debit limpasan mengalami penurunan. Terlihat pada gambar 9 bahwa semakin besar periode ulang semakin besar pula debit limpasannya. Penerapan konsep ekodrainase menghasilkan tampungan sebesar 1.2533387 m³/s.



Gambar 11. Reduksi debit limpasan

Penurunan pada periode ulang 2 tahun sebesar 95,594% sehingga limpasan hanya tersisa 0,0578 m³/s, pada periode ulang 5 tahun sebesar 77,064% sehingga limpasan tersisa 0,373 m³/s, dan pada periode ulang 10 tahun sebesar 68,186% sehingga limpasan hanya tersisa 0,584 m³/s. Pada penelitian (Manto & Kadri, 2020) reduksi dari penerapan ekodrainase yaitu sebesar 52% (0,1162 m³/s) dengan kala ulang 5 tahun, diterapkan penampungan air hujan, sumur resapan, biopori dan bioretensi.

Dilihat dari hasil analisis di atas sejalan dengan penelitian (Wahyuningtyas dkk., 2011) dapat mereduksi air limpasan sebesar 95,594 %, analisis pemodelan drainase yang paling efektif sebagai pengendali banjir adalah sumur resapan. Begitu juga pada penelitian ini kontribusi terbesar terdapat pada sumur resapan yaitu sebesar 69,242%. Namun, pada penelitian (Sari dkk., 2018) nilai kontribusi terbesar ada pada penerapan biopori yang diterapkan pada Ruang Terbuka Hijau (RTH). Hal ini terjadi dikarenakan tata guna lahan yang berbeda-beda tiap daerah.

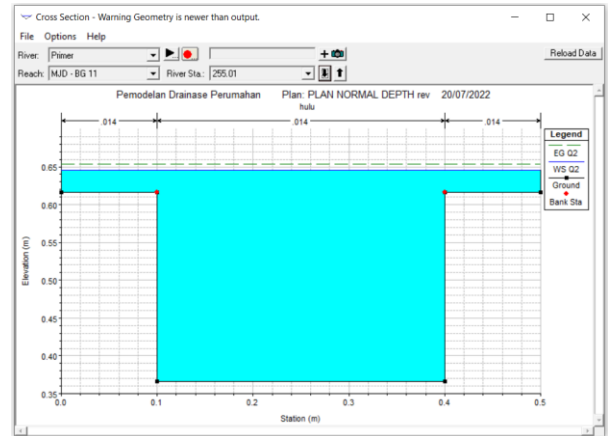
3.6. Kalibrasi Analisis Menggunakan Software HEC-RAS 4.1.0

Analisis perhitungan hidraulika dibantu software HEC-RAS versi 4.1.0 untuk kalibrasi antara perhitungan manual. Hal ini untuk mengetahui

penurunan permukaan air yang ada pada saluran drainase setelah diterapkan ekodrainase.

Evaluasi Saluran (Potongan Melintang)

Input data yang sudah terhitung akan tergambar otomatis pada HEC-RAS. Pada gambar 12 terlihat pada hulu saluran primer (MJD-BG11) tinggi air (WS/water surface) debit periode 2 tahun melebihi kapasitas saluran (Bank Sta).

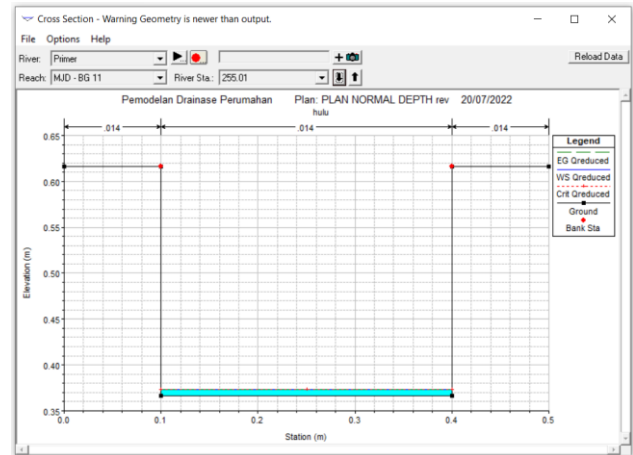


Gambar 12. Simulasi saluran melintang sebelum ekodrainase

Nilai WS dari profil Q₂ pada saluran tersebut sebesar 27,99 cm dari dasar saluran dan dapat dibilang bahwa air melebihi batas saluran dimana dimensi saluran tersebut hanya memiliki ketinggian 25 cm

Setelah penerapan ekodrainase, debit kawasan yang masuk ke saluran drainase menjadi berkurang terlihat pada gambar 13.

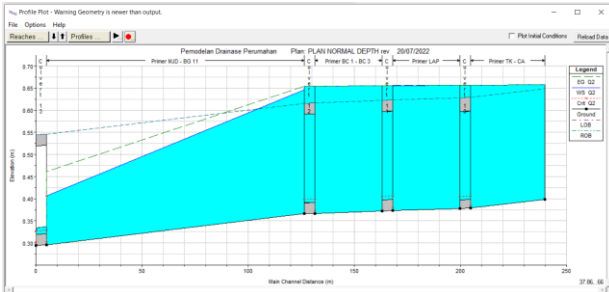
Nilai WS menjadi berkurang sebesar 27,29 cm. Setelah penerapan pada hulu saluran primer (MJD-BG11) debit limpasan menjadi 0,7 cm dari dasar saluran.



Gambar 13. Simulasi saluran melintang setelah ekodrainase

Evaluasi Saluran (Potongan Memanjang)

Hasil simulasi juga dapat menampilkan potongan memanjang saluran dimana dapat digambarkan lebih dari satu saluran yang saling terhubung. Pada gambar 14 ditampilkan hasil simulasi mulai dari saluran primer TK-CA sampai culvert 13 dengan profil Q₂ (data debit periode 2 tahun).

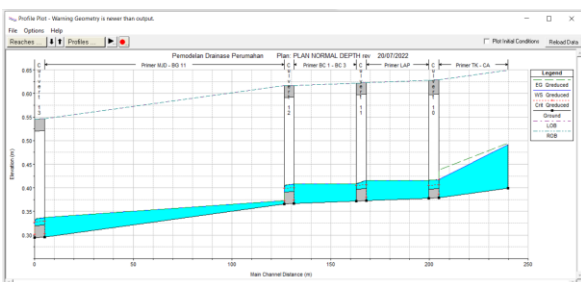


Gambar 14. Simulasi saluran memanjang sebelum ekodrainase

Pada hilir saluran TK-CA nilai WS berada 27,88 cm dari dasar saluran. Pada hilir saluran LAP nilai WS berada 28,31 cm dari dasar saluran. Pada hilir saluran BC1-BC3 nilai WS berada 28,78 cm dari dasar saluran. Pada hilir saluran MJD-BG11 nilai WS berada 11 cm dari dasar saluran.

Setelah penerapan ekodrainase, debit kawasan yang masuk ke saluran drainase menjadi berkurang terlihat nilai WS yang tadinya melebihi batas sekarang berada di bawah batas saluran.

Pada hilir saluran TK-CA nilai WS berada 3,88 cm dari dasar saluran. Pada hilir saluran LAP nilai WS berada 4,28 cm dari dasar saluran. Pada hilir saluran BC1-BC3 nilai WS berada 4,13 cm dari dasar saluran. Pada hilir saluran MJD-BG11 nilai WS berada 4,13 cm dari dasar saluran.



Gambar 15. Simulasi saluran memanjang setelah ekodrainase

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang sudah dilakukan diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Debit limpasan kawasan Perumahan pada periode ulang 2 tahun sebesar 1,311110421 m³/s, periode

- ulang 5 tahun sebesar 1,626365189 m³/s, dan periode ulang 10 tahun sebesar 1,838117946 m³/s.
2. Kondisi eksisting drainase pada Perumahan Podo Asih terdapat tiga macam yaitu persegi 30/25, persegi 80/40, dan lingkaran diameter 20. Terdapat 31 dari 118 saluran yang tidak dapat menampung debit limpasan.
3. Diterapkan Pengumpul Air Hujan digunakan tandon 650 L dan dipasang satu buah setiap rumah dapat menampung debit sebanyak 0,086240416 m³/s. Sumur resapan berdiameter 120 cm dan tinggi 650 cm dipasang sebanyak 68 titik menghasilkan tampungan debit sebesar 0,907839186 m³/s. Lubang resapan biopori (LRB) berdiameter 10 cm dan tinggi 100 cm dipasang sebanyak 285 buah menghasilkan tampungan debit sebesar 0,259259079 m³/s.
4. Penerapan ekodrainase dapat mereduksi debit limpasan total sebesar 1.2533387 m³/s. Jika dilihat dari total debit limpasan penerapan ekodrainase pada Perumahan Podo Asih mampu mereduksi debit limpasan sebesar 95.594% (periode ulang 2 tahun), 77.064% (periode ulang 5 tahun), dan 68.186% (periode ulang 10 tahun).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Universitas Negeri Malang dan Kementerian Riset & Teknologi Republik Indonesia.

NOMENKLATUR

- K : koefisien permeabilitas (cm/s)
- L : panjang contoh tanah (cm)
- t₀ : waktu awal (s)
- t₁ : waktu tempuh (s)

DAFTAR PUSTAKA

Budianto, M. B., Yasa, I. W., & Hanifah, L. (2017). Analisis karakteristik curah hujan untuk pendugaan debit puncak dengan metode rasional di Mataram. *Spektrum Sipil*, 2(2), 137–144. <http://www.spektrum.unram.ac.id/index.php/Spektrum/article/view/29>

Idfi, G., Yulistyorini, A., & Apriliani, T. (2018). Injection well as an eco-drainage solution to reduce surface run-off at the State University of Malang. *MATEC Web of Conferences*, 204, 0–5. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201820403017>

Kamiana, I. made. (2019). Pengendalian Debit

- Limpasan Permukaan Berbasis Pemanenan Air. *PROTEKSI (Proyeksi Teknik Sipil)*, 4 Nomor 2, (September). Debit Limpasan Permukaan, Pemanenan Air Hujan, Drainase
- Kamil, M. F. I. (2021). Analisis Data Curah Hujan Yang Hilang Dengan Menggunakan Metode Rata-Rata Aljabar Dan Metode Resiprokal Di Stasiun Cibeureum Kertasari, Cicalengka, Dan CiheranG. 2013–2015.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2007). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 18/PRT/M/2007. Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum. ciptakarya.pu.go.id/dok/hukum/permen/permen_18_2007.pdf
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2014). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 12/PRT/M/2014. *Tentang Penyelenggaraan Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan*, 1–331.
- Lopa, A. T., Sampebua, O., & Arfandi, A. (2020). Penerapan Drainase Biopori dan Kolam Resapan pada lingkungan Perumahan. *Dedikasi*, 22(2), 117–121. <http://103.76.50.195/dedikasi/article/view/16117>
- Manto, A., & Kadri, T. (2020). Reduksi Debit Limpasan Dengan Menerapkan Sistem Ekodrainase Pada Kawasan Perumahan. *Construction Engeneering and Sustanable Development*, 3(2), 104–109.
- Murthy, V. N. S. (2002). *Geotechnical Engineering*. www.EasyEngineering.net
- PERMEN LH No.12, I. (2009). *Permen LH No. 12 Tahun 2009*. 1–14. <http://luk.tsipil.ugm.ac.id/atur/sda/PermenLH12-2009PemanfaatanAirHujan.pdf>.
- Sa'ud, I. (2007). Kajian Penanggulangan Banjir di Wilayah Pematusan Surabaya Barat. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.12962/j12345678.v3i1.2562>
- Sari, K. E., Harisuseno, D., & Shafira, C. A. (2018). Pengendalian Air Limpasan Permukaan Dengan Penerapan Konsep Ekodrainase (Studi Kasus Kelurahan Oro-Oro Dowo Kota Malang). *Plano Madani : Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 7(1), 24–36. <https://doi.org/10.24252/planomadani.v7i1a3>
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. 2004.
- Triatmodjo, B. (2008). Hidrologi terapan. In *Beta Offset, Yogyakarta* (Vol. 59).
- UU No. 1, I. (2011). *UU RI No. 1 Tahun 2011*. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7130/1/LUZARDO-BUIATRIA-2017.pdf>
- Winarsih, I., Adhyani, L., Meteorologi, B., Geofisika, K., No, J. A. I., & Fax, K. T. (2009). *Analisis Periode Ulang Hujan Maksimum Dengan Berbagai Metode (Return Period Analyze Maximum Rainfall with three method)*. 23(2), 76–92.
- Yulistyorini, A. (2011). Pemanenan Air Hujan Sebagai Alternatif Pengelolaan Sumberdaya Air di Perkotaan. *Teknologi Dan Kejuruan*, 34(1), 105–114. <http://journal.um.ac.id/index.php/teknologi-kejuruan/article/view/3024/408>