



Research Articles

Pengaruh Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan terhadap Debit Limpasan pada Daerah Penyangga Kota Mataram

The Effect of an Environmentally Drainage System on Runoff Discharge in the Buffer Area of Mataram City

Muh Bagus Budianto*, I Wayan Yasa, Agustono Setiawan, Hartana

Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram
Jl. Majapahit No. 62, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia

**corresponding author, email: mbagusbudianto@unram.ac.id*

Manuscript received: 24-08-2023. Accepted: 26-09-2023

ABSTRACT

Mataram sebagai ibukota Provinsi Nusa Tenggara Barat memiliki daya tarik masyarakat untuk tinggal di dalamnya. Kota Mataram yang kecil membuat daerah sekitar sebagai daerah penyangga mengalami perkembangan yang pesat. Kondisi ini dapat dilihat dari peningkatan perumahan di sekitar Kota Mataram. Peningkatan areal perumahan ini menyebabkan berkurangnya daerah resapan air. Sehingga ketika musim hujan terjadi peningkatan limpasan. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh sistem drainase berwawasan lingkungan terhadap besarnya debit limpasan. Data yang diperlukan berupa data tata guna lahan, curah hujan, peta lokasi, dan data tanah. Data curah hujan digunakan untuk analisis Intensity Duration Frequency (IDF). Kurva IDF dan data tata guna lahan digunakan untuk analisis debit limpasan. Data tanah digunakan untuk mengetahui permeabilitas yang digunakan untuk menentukan debit sumur resapan. Selanjutnya analisis efektifitas sumur resapan sebagai sistem drainase berwawasan lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan luas pemukiman selama 10 tahun terakhir sebesar 58% di Kecamatan Labuapi bagian Selatan Kota Mataram, 25% di Kecamatan Lingsar dan 29% di Kecamatan Gunungsari yang berada di bagian utara Kota Mataram. Perubahan tata guna lahan mengakibatkan meningkatnya debit limpasan 21% di Kecamatan Labuapi, 8% di Kecamatan Lingsar dan 15% di Kecamatan Gunungsari. Sebuah sumur resapan dengan diameter 1 m dan kedalaman 1 m dapat meresapkan air 1,13 m³ di bagian selatan dan 1,21 m³ di bagian utara Kota Mataram. Jika setiap 100 m² areal pemukiman terdapat satu sumur resapan, maka efektifitas sumur resapan untuk mengurangi debit limpasan banjir sebesar 17,71% di Kecamatan Labuapi, 15, 61% di Kecamatan Lingsar dan 23,35% di Kecamatan Gunungsari.

Kata kunci: debit limpasan; sumur resapan; peningkatan limpasan

ABSTRAK

Mataram as the capital of West Nusa Tenggara Province has attracted people to live in it. The small city of Mataram makes the surrounding area a buffer area for rapid development. This condition can be seen from the increase in housing around Mataram City. This increase in housing area causes a reduction in water catchment areas. So during the rainy season there is an increase in runoff. The aim of the research is to determine the effect of an environmentally friendly drainage system on the amount of runoff

discharge. The data required is land use data, rainfall, location maps and soil data. Rainfall data is used for Intensity Duration Frequency (IDF) analysis. IDF curves and land use data are used for runoff discharge analysis. Soil data is used to determine permeability which is used to determine of the discharge of infiltration well. Next, analyze the effectiveness of infiltration wells as an environmentally friendly drainage system. The results of the research show that there has been an increase in residential area over the last 10 years by 58% in Labuapi District, the southern part of Mataram City, 25% in Lingsar District and 29% in Gunungsari District, which is in the northern part of Mataram City. Changes in land use resulted in an increase in runoff discharge of 21% in Labuapi District, 8% in Lingsar District and 15% in Gunungsari District. An infiltration well with a diameter of 1 m and a depth of 1 m can absorb 1.13 m³ of water in the southern part and 1.21 m³ in the northern part of Mataram City. If every 100 m² of residential area there is one infiltration well, then the effectiveness of the infiltration well in reducing flood runoff is 17.71% in Labuapi District, 15.61% in Lingsar District and 23.35% in Gunungsari District.

Key words: runoff discharge; infiltration wells; increased runoff

PENDAHULUAN

Kota Mataram sebagai Ibukota Propinsi Nusa Tenggara Barat dan sebagai pusat pemerintahan, perdagangan dan perekonomian mempunyai magnit yang besar bagi masyarakat untuk datang dan tinggal di dalamnya. Pertumbuhan penduduk dengan pesat terjadi tidak hanya di Kota Mataram, namun berkembang ke daerah sekitarnya yang ditandai hadirnya kawasan pemukiman yang semakin luas. Peningkatan pemukiman seperti perumahan yang terus berkembang mengakibatkan berkurangnya daerah resapan air hujan, hampir semua lahan di kawasan perumahan ditutupi oleh atap atau perkerasan, sehingga menyebabkan berkurangnya kemampuan tanah untuk meresapkan air. Dan sebagai dampaknya terjadinya peningkatan limpasan aliran permukaan pada musim penghujan dan terjadinya kekeringan pada musim kemarau.

Untuk menanggulangi permasalahan meningkatnya limpasan aliran permukaan dan kekeringan khususnya di kawasan perumahan salah satunya adalah menerapkan sistem drainase berwawasan lingkungan. Drainase berwawasan lingkungan merupakan upaya mengendalikan kelebihan air permukaan sedemikian rupa sehingga air limpasan dapat mengalir secara terkendali dan lebih banyak mendapat kesempatan untuk meresap ke dalam tanah. Pengelolaan air limpasan yang terkendali dan bertambahnya air hujan yang meresap ke dalam tanah, mengakibatkan air limpasan yang dialirkan ke sungai berkurang sehingga tidak menambah beban besar pada sungai dan meningkatkan kandungan air tanah sebagai simpanan air (Syarifudin A, 2017).

Salah satu konsep drainase berwawasan lingkungan yang bisa diterapkan pada perumahan adalah sumur resapan. Sumur resapan adalah rekayasa teknik konservasi air berupa bangunan yang dibuat sedemikian rupa sehingga menyerupai bentuk sumur gali dengan kedalaman tertentu yang berfungsi sebagai tempat menampung air hujan yang jatuh diatas atap rumah atau daerah kedap air dan meresapkannya ke dalam tanah. Secara berkala air akan meresap sedikit demi sedikit menembus permukaan tanah dan menjadi imbuhan air tanah sehingga debit air tanah akan bertambah. Proses tersebut akan menambah jumlah air tanah dalam lapisan akuifer. Melalui konservasi air tanah ini maka diharapkan adanya peningkatan jumlah debit air tanah sehingga kebutuhan akan air bersih dan air di bawah permukaan dapat terpenuhi walaupun pada saat musim kemarau. Kelebihan dari adanya sumur resapan ini adalah

mengurangi volume limpasan air saat hujan, menambah cadangan air tanah, menampung air bersih, dan mencegah penurunan lahan. Memadukan sumur resapan dengan drainase perumahan menjadi salah satu alternatif yang efektif untuk mengurangi limpasan aliran permukaan.

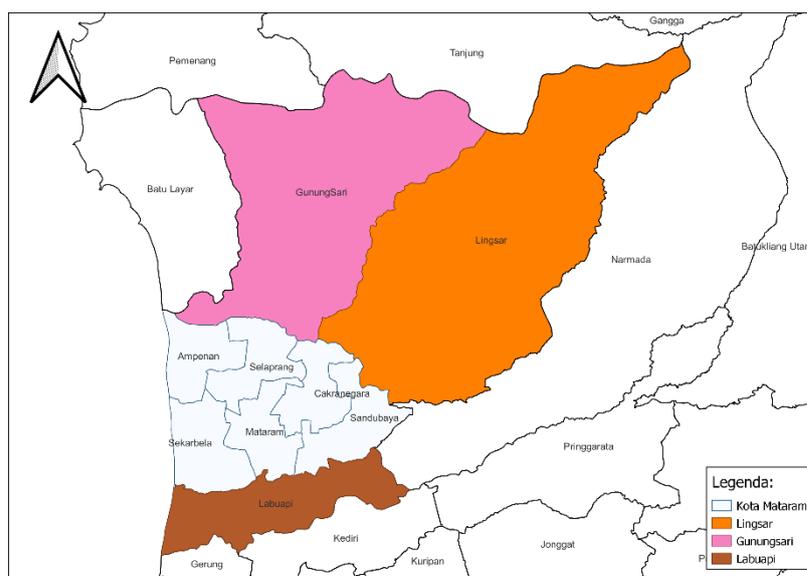
Sumur resapan dengan diameter 1 m dan kedalaman 1 m dapat meresapkan air 0,1356 m³/dt dengan jumlah 5 sumur dapat mengatasi genangan di perumahan Wenwin-Sea Tumpengan Kabupaten Minahasa (Rurung MA., dkk, 2019). Menurut Nisumanti S, 2017 sumur resapan tetap diperlukan dengan tujuan untuk mempertinggi elevasi muka air tanah di Perumahan Pusri Sembawa Bayuasin. Penelitian yang dilakukan oleh Supriyani E, 2012 kombinasi antara sumur resapan dan kolam tampungan pada sub sistem drainase Magersari Mojokerto dapat mereduksi genangan 50% hingga 100%. Efek variasi diameter sumur resapan 0,8 m, 1,0 m dan 1,2 m dengan kedalaman 2 m dapat mengurangi volume limpasan hingga limpasan yang tersisa tinggal 10%-20% (Yasa IW., dkk, 2020).

Analisis penerapan sumur resapan air hujan pada daerah permukiman di daerah penyangga Kota Mataram menarik untuk dikaji terutama pengaruh sumur resapan air hujan terhadap besarnya debit limpasan. Hasil penelitian dapat dijadikan pertimbangan bagi pemangku kepentingan untuk mengambil kebijakan, bahwa sumur resapan air hujan dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif untuk mengurangi limpasan permukaan.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Studi

Lokasi studi berada di daerah penyangga Kota Mataram, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Daerah penyangga di bagian utara Kota Mataram adalah Kecamatan Gunung Sari dan Lingsar, dan di bagian Selatan Kota Mataram Kecamatan Labuapi. Kecamatan Gunung Sari mempunyai luas 84,47 km², Kecamatan Lingsar mempunyai luas 115,95 km², dan Kecamatan Labuapi mempunyai luas 23,77 km².



Gambar 1. Lokasi Studi

Data dan Sumber Data

Dalam penelitian ini data-data yang digunakan merupakan data primer dan sekunder. Data primer didapatkan dengan observasi dan pengukuran langsung di lapangan. Data primer yang digunakan yaitu tinggi muka air tanah. Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari kajian pustaka maupun dari beberapa instansi terkait. Jenis data dan sumbernya disajikan pada tabel di bawah :

Tabel 1. Data-data dan sumber untuk memperoleh data :

No	Data/Peta	Sumber
1	Tinggi muka air tanah	Survei lokasi
2	Data curah hujan Stasiun Hujan Gunungsari dan Stasiun Hujan Bertais	BWS Nusa Tenggara I
3	Tata guna lahan	Google Earth
4	Data tanah	Sampel di lapangan

Metodologi dibagi menjadi tiga tahap yaitu tahap persiapan, tahap survei dan pengumpulan data, serta tahap analisis. Tahap persiapan adalah membaca dan mempelajari referensi, literatur, jurnal, dan buku serta mengurus proses administrasi kepada instansi terkait. Tahap survei dilakukan dengan pengamatan dan pengambilan sampel tanah secara langsung pada lokasi studi. Sedangkan tahap analisis untuk mengetahui perubahan tata guna lahan, nilai permeabilitas, kurva IDF, debit limpasan dan kapasitas resapan sumur. Metode pengambilan dan pengolahan analisis data dilakukan secara primer dan sekunder. Tahapan teknik pengolahan dan analisis data sebagai berikut.

1. Mengetahui Kondisi Eksisting Wilayah Studi

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui kondisi eksisting dari wilayah studi, berupa tinggi muka air tanah dan tata guna lahan.

2. Penentuan Debit Rencana

Pada tahap ini dilakukan perhitungan debit banjir rencana. Untuk mengetahui debit banjir rencana, diperlukan data curah hujan, perhitungan hujan rencana, perhitungan waktu konsentrasi, dan luas daerah yang menjadi daerah aliran. Dalam menentukan debit banjir rencana, ada beberapa tahapan perhitungan yang meliputi perhitungan curah hujan rata-rata, analisis frekuensi, uji kecocokan probabilitas, perhitungan curah hujan rencana, perhitungan curah hujan periode ulang, perhitungan intensitas hujan, dan perhitungan debit banjir rencana. Standar yang digunakan untuk menghitung debit banjir rencana adalah Pt T-15-2002-C, dan rumus-rumus pendukung pada buku Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan oleh Suripin, 2014.

3. Analisis Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan dengan Sumur Resapan

Pada tahap ini dilakukan perhitungan dan perancangan sumur resapan. Perhitungan yang dilakukan di antaranya perhitungan volume limpasan, kapasitas resapan per unit sumur resapan, kapasitas total sumur, dan efektifitas sumur resapan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

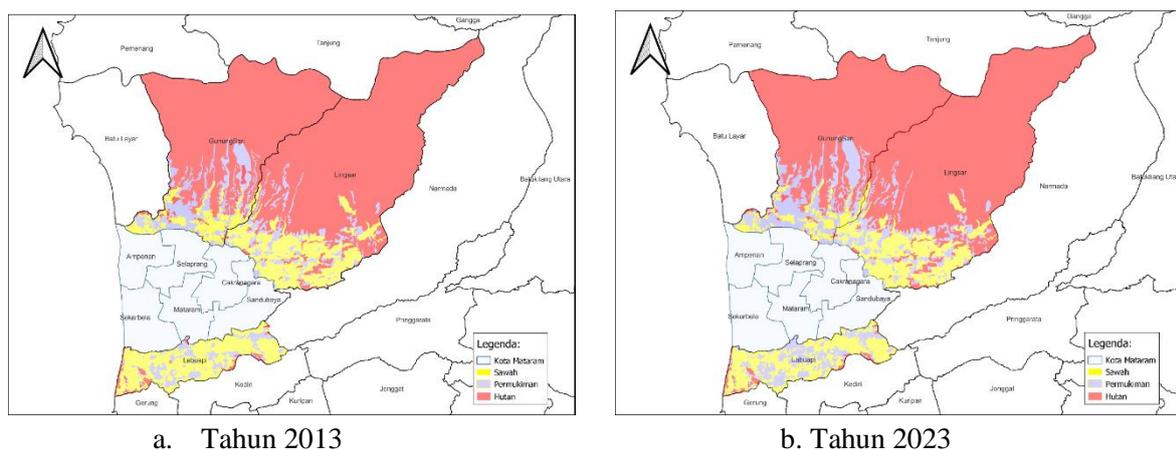
Pengukuran Kedalaman Muka Air Tanah

Kedalaman muka air tanah dilakukan dengan melakukan pengukuran langsung kedalaman air pada sumur warga pada saat musim penghujan. Hasil pengukuran kedalaman muka air menunjukkan antara 2 m sampai dengan 4,8 m. Sesuai dengan syarat kedalaman minimal pembuatan sumur resapan pada SNI 03-2453-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan, yaitu 1,5 m, maka pada lokasi studi dapat diterapkan sumur resapan.

Tata Guna Lahan

Perubahan tata guna lahan adalah bertambah atau berkurangnya penggunaan lahan dari satu sisi penggunaan ke penggunaan yang lainnya pada suatu waktu ke waktu, atau berubahnya fungsi suatu lahan pada kurun waktu yang berbeda (Wahyunto dkk., 2001).

Dalam 10 tahun terakhir terjadi perubahan tata guna lahan. Meningkatnya jumlah penduduk berdampak semakin banyak perumahan baru yang dibangun di lahan yang sebelumnya adalah kawasan pertanian dan hutan. Tata guna lahan yang terdapat di Kecamatan Labuapi, Kecamatan Gunungsari, dan Kecamatan Lingsar terdiri dari kawasan pertanian, pemukiman, dan hutan. Berikut perbandingan tata guna lahan tahun 2013 dan 2023 dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Peta Tata Guna Lahan Daerah Penyangga Kota Mataram

Dan untuk perbandingan total luas tata guna lahan pada tahun 2013 dan 2023 dapat dilihat pada table 2.

Tabel 2. Total Luas Tata Guna Lahan

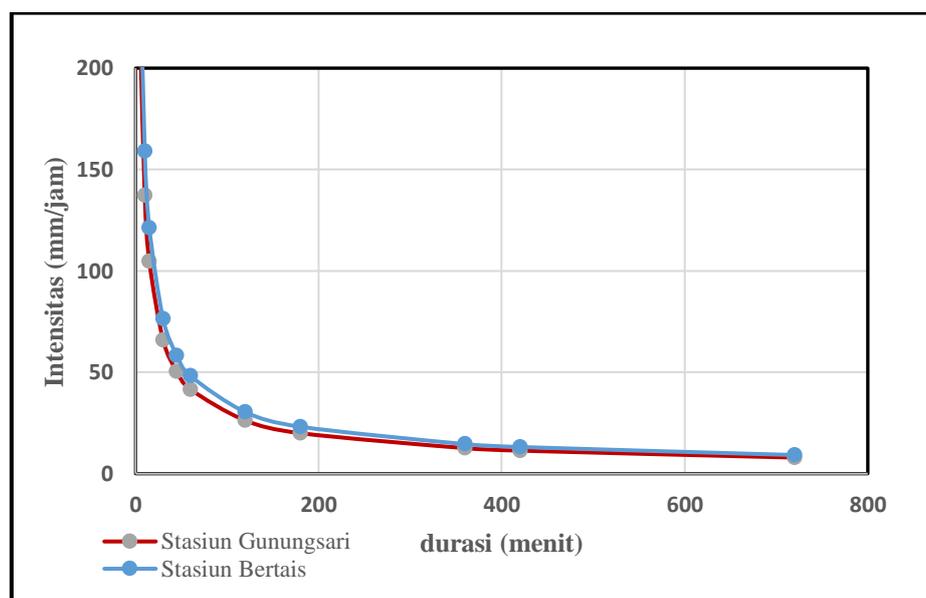
Tahun	Tata Guna Lahan	Luas Daerah (Ha)		
		Labuapi	Lingsar	Gunungsari
2023	Pemukiman	817,88	1.008,25	1.485,02
	Hutan	144,60	8.873,95	6.418,34
	Sawah	1.415,51	1.712,93	544,13
2013	Pemukiman	518,30	809,28	1.148,21
	Hutan	155,16	8.970,36	6.609,61
	Sawah	1.701,48	1.816,66	696,96

Pada Kecamatan Labuapi selama 10 tahun terakhir, luas daerah pemukiman mengalami peningkatan yang cukup besar sampai 57,8%, luas hutan mengalami penurunan sebesar 6,8%, dan luas sawah mengalami penurunan sebesar 16,81%. Pada Kecamatan Lingsar selama 10 tahun, luas daerah pemukiman mengalami peningkatan sebesar 24,59%, luas hutan mengalami penurunan sebesar 1,07%, dan luas sawah mengalami penurunan sebesar 5,71%. Pada Kecamatan Gunungsari selama 10 tahun, luas daerah pemukiman mengalami peningkatan sebesar 29,33%, luas hutan mengalami penurunan sebesar 2,89%, dan luas sawah mengalami penurunan sebesar 21,93%.

Intensitas Hujan

Dalam analisis hidrologi, data curah hujan yang digunakan adalah stasiun penakar hujan terdekat lokasi studi, yaitu Stasiun Hujan Gunungsari untuk bagian utara Kota Mataram dan Stasiun Hujan Bertais untuk bagian Selatan Kota Mataram. Panjang data hujan Stasiun Gunungsari 25 tahun (2001-2020) untuk wilayah Kecamatan Gunungsari dan Kecamatan Lingsar. Untuk Kecamatan Labuapi menggunakan data dari Stasiun Hujan Bertais dengan panjang 15 tahun (2008-2022).

Data hujan merupakan komponen penting dalam proses hidrologi. Karakteristik hujan diantaranya adalah intensitas, durasi, kedalaman dan frekuensi. Hubungan antara Intensitas hujan dengan durasi dan frekuensi diekspresikan dengan kurva IDF. Selanjutnya kurva IDF digunakan untuk analisis banjir rencana dengan menggunakan rumus rasional. Hasil analisis kurva IDF disajikan pada gambar 3.



Gambar 2. Kurva IDF Kala Ulang 5 Tahun

Dari kurva IDF tersebut untuk kala ulang 5 tahun dengan durasi hujan 120 menit diperoleh intensitas hujan untuk wilayah Gunungsari dan Lingsar sebesar 26,18 mm, sedangkan untuk wilayah Labuapi sebesar 30,33 mm.

Debit Limpasan

Metode Rasional adalah metode yang digunakan untuk menghitung debit banjir. Dalam metode ini membutuhkan data perkiraan koefisien limpasan, intensitas hujan dan luas daerah tangkapan air. Nilai koefisien aliran tergantung pada penggunaan lahan. Hasil analisis koefisien

limpasan komposit yaitu koefisien limpasan yang mewakili dua atau lebih penggunaan lahan pada daerah penyangga Kota Mataram disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Koefisien Limpasan Daerah Penyangga Kota Mataram

Tata Guna Lahan	Labuapi		Lingsar		Gunungsari	
	Luas (ha)	Koef. Limp.	Luas (ha)	Koef. Limp.	Luas (ha)	Koef. Limp.
Permukiman	817,88	0,70	1.008,25	0,70	1.485,02	0,70
Hutan	144,60	0,05	8.873,95	0,05	6.418,34	0,05
Sawah	1.415,51	0,20	1.712,93	0,20	544,13	0,20
Jumlah	2.377,99	0,36	11.595,14	0,13	8.447,49	0,17

Dari hasil analisis nilai koefisien limpasa (C) komposit, selanjutnya digunakan untuk analisis debit banjir dengan metode rasional pada tahun 2013 dan 2023, dan hasilnya disajikan pada tabel 4

Tabel 4. Debit Limpasan Tahun 2013 dan 2023

Tahun	Daerah	C	I	A (Ha)	Q (m3/s)
2023	Labuapi	0,36284	30,33	2377,99	72,74
	Lingsar	0,12868	26,18	11595,14	108,58
	Gunungsari	0,17392	26,18	8447,49	106,92
2013	Labuapi	0,29931	30,33	2374,94	59,93
	Lingsar	0,11886	26,18	11596,30	100,31
	Gunungsari	0,15063	26,18	8454,78	92,69

Perubahan tata guna lahan dalam satu dekade terakhir di daerah penyangga Kota Mataram berdampak pada peningkatan debit limpasan pada setiap kecamatan. Debit limpasan pada setiap kecamatan mengalami peningkatan yang signifikan. Pada Kecamatan Labuapi terjadi peningkatan debit limpasan sebesar 21,38%, Kecamatan Lingsar sebesar 8,25%, dan Kecamatan Gunungsari sebesar 15,36%.

Sumur Resapan

Volume dan efisiensi sumur resapan dapat dihitung berdasarkan keseimbangan air yang masuk ke sumur dan juga air yang meresap ke dalam tanah (Sunjoto,1988) dan dapat dihitung sebagai berikut:

- Debit resapan pada sumur (Q_o):

$$Q_o = \frac{2\pi LkH}{\ln \left[\frac{L}{r} + \sqrt{1 + \left(\frac{L}{r}\right)^2} \right]}$$

- Volume air hujan yang meresap (V_{rsp})

$$V_{rsp} = Q_o \times T$$

- Kapasitas per unit sumur resapan

$$V_s = \pi \times r^2 \times t$$

- Volume total air yang meresap per unit sumur resapan

$$V_{total} = V_s + V_{rsp}$$

dengan :

- L = ketinggian lapisan porus (m)
- k = permeabilitas tanah (m/dt)
- H = tinggi muka air dalam sumur (m)
- r = jari-jari sumur (m)
- T = durasi hujan (7200 dt)

Sumur direncanakan berbentuk typical terbuat dari bis beton dengan diameter 1m dan kedalaman sumur 1 m, maka hasil analisis volume air yang dapat meresap per unit sumur resapan disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Volume Air yang meresap per unit sumur resapan

Keterangan	Simbol	Satuan	Labuapi	Gunungsari dan Lingsar
Diameter	D	m	1.00	1.00
Jari-jari	r	m	0.50	0.50
Permeabilitas	K	m/dt	1.75E-05	2.04E-05
Durasi hujan	T	dt	7200	7200
Ketinggian Lap. Porus	L	m	1.00	1.00
Tinggi ma. Sumur	H	m	0.85	0.85
Debit Resapan Sumur	Q _o	m ³ /dt	6.4871E-05	7.54586E-05
Volume Resapan	V _{rsp}	m ³	0.4671	0.5433
Volume Sumur	V _s	m ³	0.6673	0.6673
Volume Total Resapan	V _{trsp}	m ³	1.1343	1.2106

Dari tabel di atas volume air yang meresap per unit sumur resapan di Kecamatan Labuapi adalah sebesar 1,1343 m³, sedangkan di wilayah Kecamatan Gunungsari dan Lingsar sebesar 1,2106 m³.

Efektifitas Sumur Resapan

Sumur resapan merupakan salah satu alternatif dalam sistem drainase berwawasan lingkungan yang dapat diaplikasikan pada kawasan pemukiman untuk mengurangi limpasan permukaan. Sumur resapan tidak membutuhkan lahan yang luas, namun untuk mengaplikasikannya dibutuhkan regulasi dari pemegang kebijakan. Jika ada satu sumur resapan pada setiap areal pemukiman seluas 100 m², maka efektifitas sumur resapan dalam mengurangi besarnya limpasan pada kawasan penyangga Kota Mataram dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Efektifitas Sumur Resapan

Daerah	Luas m ²	Debit Limpasan m ³ /dt	Volume Limpasan m ³	Volume Resapan (m ³) m ³	Jumlah Sumur Resapan unit	Total Volume Resapan (m ³) m ³	Efektifitas %
Labuapi	237.798,59	72,74	523.760,02	1,13	81.788	92.773,87	17,71
Lingsar	1.159.513,56	108,58	781.792,04	1,21	100.825	122.053,91	15,61
Gunungsari	844.749,25	106,92	769.844,38	1,21	148.502	179.769,40	23,35

Dari tabel di atas diperoleh efektifitas sumur resapan pada Kecamatan Labuapi adalah 17,71%, pada Kecamatan Lingsar 15,61% dan pada Kecamatan Gunungsari sebesar 23,35%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis penelitian menunjukkan bahwa intensitas hujan dengan kala ulang 5 tahun dengan durasi hujan 2 jam untuk Kecamatan Labuapi sebesar 30,33 mm, sedangkan untuk wilayah Lingsar dan Gunungsari sebesar 26,18 mm. Dalam kurun waktu 10 tahun terakhir terjadi peningkatan luas lahan perumahan yang sangat signifikan, yaitu di Kecamatan Labuapi 57,80%, Kecamatan Lingsar 24,59% dan pada Kecamatan Gunungsari 29,33%. Perubahan tata guna lahan tersebut mengakibatkan peningkatan limpasan sebesar 21,38% di Kecamatan Labuapi, 8,25% pada Kecamatan Lingsar dan 15,36% pada Kecamatan Gunungsari. Dan aplikasi sumur resapan pada setiap 100 m² lahan perumahan akan mengurangi debit limpasan dengan efektifitas 17,71% di Kecamatan Labuapi, 15,61% pada Kecamatan Lingsar dan sebesar 23,35% pada Kecamatan Gunungsari.

Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Mataram atas dana yang diberikan melalui skema penelitian dosen peningkatan kapasitas tahun 2023 dengan nomor kontrak 1449/UN18.L1/PP/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Nisumanti, S. (2017). Analisis Kebutuhan Sumur Resapan Sebagai Pencegahan Limpasan Air Hujan Pada Perumahan PUSRI Sembawa Banyuwasin. *Jurnal Tekno Global UIGM Fakultas Teknik*, 6(2).
- Pt-15-2002-C tentang Tata Cara Penerapan Drainase Berwawasan Lingkungan di Kawasan Pemukiman
- Rurung, M. A., Riogilang, H., & Hendratta, L. A. (2019). Perencanaan sistem drainase berwawasan lingkungan dengan sumur resapan di lahan Perumahan Wenwin–Sea Tumpengan Kabupaten Minahasa. *Jurnal Sipil Statik*, 7(2).
- SNI-03-2453-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Sumur Resapan Air Hujan untuk Lahan Pekarangan
- Sunjoto, S. 1988. Optimasi Sumur Resapan Air Hujan Sebagai Salah Satu Usaha Pencegahan Instruksi Air Laut. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

- Supriyani, E., Bisri, M., & Dermawan, V. (2012). Studi Pengembangan Sistem Drainase Perkotaan Berwawasan Lingkungan (Studi Kasus Sub Sistem Drainase Magersari Kota Mojokerto). *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 3(2), 112-121.
- Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Yogyakarta: ANDI.
- Syarifudin, A. (2017). *Drainase Perkotaan Berwawasan Lingkungan*. Penerbit Andi.
- Wahyunto (Dalam Tinjauan Pustaka Universitas Sumatra Utara). 2001. Pengertian Alih Fungsi Lahan. UNSU
- Yasa, I. W., Soekarno, S., & Negara, I. D. G. J. (2020). Efek Sumur Resapan Terhadap Pengurangan Volume Limpasan Permukaan. *Jurnal Ganec Swara*, 14(1), 537-543.