

Kajian *Green Infrastructure* dalam Pengendalian Genangan di Ruas Jalan Kota Kupang

Alifya Poeti N. A^{*}, Hilwati Hindersah

Prodi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*10070318038@unisba.ac.id, hilwati@unisba.ac.id

Abstract. Kupang City is the capital of East Nusa Tenggara Province which currently experiencing inundation issues due to the lack of drainage planning capabilities followed by increased permeable land use without paying attention to the stormwater absorption areas. W.J Lalamentik Street is a collector's road that has trade and service activities that experience inundation every year, especially in the wet weather season. As a result of this inundation, it has hampered people's mobility. This study aims to bioretention to control overflow inundation towards the road area through the urban stormwater management method. The analysis consisted of peak runoff discharge analysis to measure the maximum discharge that occurred in the research area using the rational method and then comparing the planned discharge with the existing drainage channel discharge. After that, the volume of bioretention capacity was calculated to see the ability of bioretention in controlling inundation using the Manning method. The results showed that the runoff discharge on W.J Lalamentik was 3.975 m³/s for a 2 year return period, 5.765 m³/s for a 5 year return period and 7.305 m³/s for a 10 year return period. For capability analysis, it was found that bioretention capacity has a volume of 8.93 m³/s which indicates that the bioretention capacity is able to control inundation on the Jalan W.J Lalamentik section. The application of bioretention must also supported by soil type, infiltration and the ability of the trees so it can maximize the potential of bioretention as one of the green infrastructures for controlling inundation.

Keywords: *Inundation, Bioretention, Green Infrastructure, Drainage.*

Abstrak. Kota Kupang merupakan Ibukota Provinsi Nusa Tenggara Timur yang saat ini telah mengalami isu genangan akibat minimnya kemampuan perencanaan drainase yang diikuti oleh peningkatan tata guna lahan kedap air tanpa memperhatikan kawasan penyerapan air hujan. Jalan W.J Lalamentik merupakan jalan kolektor yang memiliki kegiatan perdagangan dan jasa yang mengalami kejadian genangan tiap tahunnya khususnya pada musim penghujan. Timbulan genangan ini mengakibatkan terhambatnya mobilitas masyarakat dalam melakukan perjalanan antar wilayah. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji salah satu jenis infrastruktur hijau yaitu bioretensi untuk mengendalikan genangan yang melimpah menuju ruas jalan melalui metode manajemen limpasan air hujan. Analisis pada penelitian ini terdiri dari analisis debit limpasan puncak untuk mengukur debit maksimal yang terjadi di wilayah penelitian menggunakan metode rasional kemudian dilakukan perbandingan debit rencana dengan debit saluran drainase eksisting. Setelah itu, dilakukan perhitungan volume kapasitas bioretensi untuk melihat kemampuan bioretensi dalam mengendalikan genangan menggunakan metode Manning. Hasil dari analisis debit didapatkan bahwa debit limpasan yang terjadi di Jalan W.J Lalamentik adalah sebesar 3.975 m³/s untuk kala ulang 2 tahun, 5,765 m³/s untuk kala ulang 5 tahun dan 7,305 m³/s untuk kala ulang 10 tahun. Untuk analisis kemampuan, didapatkan bahwa kapasitas bioretensi memiliki volume sebesar 8.93 m³/s yang menunjukkan bahwa kapasitas bioretensi mampu mengendalikan genangan di ruas Jalan W.J Lalamentik. Penerapan bioretensi juga harus didukung oleh jenis tanah, infiltrasi beserta kemampuan pohon yang akan dipilih sehingga dapat memaksimalkan potensi bioretensi sebagai salah satu infrastruktur hijau pengendali genangan.

Kata Kunci: *Genangan, Bioretensi, Infrastruktur Hijau, Drainase.*

A. Pendahuluan

Drainase merupakan salah satu infrastruktur perencanaan kawasan perkotaan yang memiliki fungsi penyerapan dan pengaliran air limpasan serta menjadi salah satu hal vital yang dibutuhkan ketika air limpasan hujan mulai menggenangi badan jalan [1]. Kota Kupang sebagai ibukota provinsi Nusa Tenggara Timur dalam perencanaan drainase terbilang belum cukup maksimal dan serius dalam perencanaannya [2]. Hal ini terlihat dari munculnya titik genangan pada beberapa ruas jalan, khususnya ketika musim penghujan yang dimulai pada bulan Desember hingga Maret tiba. Salah satu faktor penyebab genangan adalah letak posisi Kota Kupang yang berada pada dominasi topografi datar pada ketinggian 100-350 meter di atas permukaan laut dengan kemiringan 0-2% sehingga timbulan air limpasan lebih mudah membentuk genangan. Genangan yang muncul di Kota Kupang ketika hujan lokal terjadi memiliki ketinggian bervariasi di antara 30-40 cm [3]. Genangan ini timbul akibat perencanaan drainase tidak sebanding dengan perhitungan kemampuan drainase ketika curah hujan maksimum di Kota Kupang terjadi serta berkembangnya tata guna lahan kedap air yang minim areal resapan sehingga mengakibatkan limpasan permukaan berkumpul membentuk genangan.

Kota Kupang sendiri memiliki beberapa titik-titik terjadinya genangan berdasarkan laporan Bina Konstruksi PUPR, salah satunya adalah Jalan W.J Lalamentik yang merupakan jalan kolektor penghubung antar kelurahan dan kecamatan di Kota Kupang. Jalan W.J Lalamentik sudah sejak lama mengalami permasalahan genangan terutama ketika terjadinya curah hujan tinggi. Jalan ini memiliki tipe drainase terbuka pada sisi kiri maupun kanan jalan. Namun dalam fungsi eksistingsnya, drainase ini dianggap tidak maksimal dalam penyerapan dan pengalirannya sehingga titik titik genangan tetap timbul dan menggenangi ruas jalan. Timbulan genangan ini mengakibatkan hambatan mobilitas yang mengganggu bangkitan dan tarikan pengguna jalan di Jalan W.J Lalamentik

Salah satu bentuk bentuk pengendalian genangan akibat air limpasan hujan adalah USWM (*urban stormwater management*) atau manajemen limpasan air hujan yang dapat dipraktikkan pada area perkotaan. Pendekatan USWM ini difokuskan pada integrasi drainase eksisting namun tetap menjaga keberlanjutan lingkungan disekitarnya. Metode ini sangat cocok digunakan pada ruas jalan Kota Kupang dalam mendukung pengendalian genangan sebab hanya membutuhkan areal peresapan yang sedikit namun memiliki banyak multifungsi didalamnya. Kota Kupang yang memiliki permasalahan tata guna lahan kedap air (*impervious area*) dapat menerapkan pendekatan USWM karena hanya membutuhkan lahan yang minim namun dapat menawarkan hasil yang maksimal. Penerapan USWM ini dapat dilakukan melalui kolaborasi dengan penerapan media infrastruktur hijau perkotaan atau *green infrastructure*.

Infrastruktur hijau merupakan salah satu konsep pembangunan yang memiliki banyak multifungsi tanpa merusak proses alamiah di sekitarnya [4]. Konsep *green infrastructure* juga dapat membantu dalam upaya manajemen air untuk melindungi dan menciptakan siklus air yang alamiah [5]. Metode USWM yang dikolaborasikan dengan infrastruktur hijau ini dinilai sesuai untuk digunakan pada ruas jalan Kota Kupang dalam mendukung pengendalian genangan sebab hanya membutuhkan areal peresapan yang sedikit namun memiliki banyak multifungsi didalamnya. Kota Kupang yang memiliki permasalahan tata guna lahan kedap air (*impervious area*) dapat menerapkan pendekatan USWM karena hanya membutuhkan lahan yang minim namun dapat menawarkan hasil yang maksimal. Penerapan USWM ini dapat dilakukan melalui kolaborasi dengan penerapan media infrastruktur hijau perkotaan. Bioretensi sebagai rekayasa *natural surface* dengan cekungan depresi untuk menangkap dan mengumpulkan air limpasan hujan memiliki multifungsi berupa melindungi kualitas air di sungai dengan menghilangkan hingga 90% polutan [6]. Hal ini juga didukung oleh ukuran kapasitas bioretensi yang dapat diterapkan di ruas jalan yang umumnya memiliki luasan penerapan yang terbatas. Proses alamiah bioretensi menggunakan media campuran antara tanah dan pasir sebagai media tanam jalur hijau dapat mengisi kembali persediaan air tanah, menyerap karbon, meningkatkan kualitas udara dan estetika lingkungan, dan menyediakan koneksi hijau antara taman dan ruang terbuka [7].

Berdasarkan permasalahan dan penelitian-penelitian di atas, diperlukan upaya dalam pengendalian air limpasan hujan di Kota Kupang agar dapat meminimalisi terjadinya genangan

sehingga air limpasan dapat disaring dan disimpan di dalam tanah sebagai *groundwater recharge*. Untuk itu, posisi penelitian ini sebagai salah satu alternatif dalam pengendalian genangan akibat air limpasan hujan berbasis infrastruktur hijau menggunakan media bioretensi di Kota Kupang.

Maka didapatkan pertanyaan penelitian berupa:

1. Berapa debit air limpasan permukaan yang terjadi di Jalan W.J Lalamentik, Kota Kupang?
2. Bagaimanakah kemampuan *bioretention* dalam mengendalikan genangan di ruas jalan W.J Lalamentik?

B. Metodologi Penelitian

Peneliti menggunakan metode kuantitatif yang kemudian dielaborasi dengan kondisi dan fenomena eksisting yang ada melalui pendekatan deskriptif. Dari segi konsep, penelitian yang menggunakan baik jenis penelitian kuantitatif maupun kualitatif mampu menjelaskan suatu tujuan penelitian [8]. Terdapat 2 jenis analisis dalam penelitian ini, yaitu: analisis debit limpasan rencana yang merujuk pada Permen PU PRT/M/12 Tahun 2014 mengenai Tata Cara Penyelenggaraan Drainase Perkotaan. Sedangkan, untuk selanjutnya dilakukan analisis perhitungan kemampuan bioretensi dengan menggunakan metode *manning*.

1. Rumus analisis debit limpasan rencana [9]:

$$Q = 0,00278 X Ceq x I x A$$

Dimana:

Q = Debit Limpasan (m³/det)

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

A = Luas Daerah Tangkapan (m²)

Ceq = Koefesien Equivalen dengan rumus

$$Ceq = \frac{C1.A1 + C2.A2 + C3.A3 \dots \dots Cn.An}{A1 + A2 + A3}$$

2. Rumus analisis kemampuan bioretensi (*manning*)

Untuk perhitungan dari kemampuan bioretensi dalam mengurangi debit limpasan, menggunakan metode *manning* yaitu:

$$V: \frac{1}{n} x R^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}$$

Dimana:

V = Kecepatan (m/s)

R = Radius Hidrolik (m)

So = Slope

N = faktor kekasaran (0,025 mengikuti desain)

Selanjutnya dilakukan perhitungan kapasitas bioretensi menggunakan rumus:

$$Q = V x A$$

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Analisis Debit Limpasan Rencana

1. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Dalam analisis ini, dihitung curah hujan maksimum menggunakan metode log pearson tipe III dengan perhitungan kala ulang 2, 5 dan 10 tahun berdasarkan tipologi kota yang diatur oleh Permen PU PRT/M/12 Tahun 2014 mengenai Tata Cara Penyelenggaraan Drainase Perkotaan. Didapatkan nilai curah hujan maksimum berupa:

$$X = XRT + (K \times S)$$

XRT = Nilai rata-rata

K = *Reduced Variable*

S = Standar Deviasi

Tabel 1. Perhitungan CH Maksimum

Kala Ulang	KTR	Nilai CH Maksimum
2	-0,162731807	80
5	0,758871883	116
10	1,339920738	147

Sumber: Hasil Analisis, 2022

2. Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Perhitungan intensitas curah hujan didasarkan pada intensitas saluran drainase eksisting yang ada di wilayah penelitian. Perhitungan rumus intensitas hujan menggunakan metode Mononobe:

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Dimana:

I = Intensitas Hujan

R24 = Curah Hujan Maksimum dalam kala ulang T tahun

tc = waktu konsentrasi hujan dalam jam

$$tc = 0,0195L^{0,77} \times S^{-0,385}$$

L = Panjang Saluran (m)

S = Slope (Kemiringan Dasar Saluran)

Untuk perhitungan tc (konsentrasi waktu) menggunakan metode Kipprich. Perhitungan ini membutuhkan data panjang serta kemiringan (*slope*) saluran. Diketahui panjang saluran jalan W.J Lalamentik adalah 1.150 Meter untuk sisi sebelah kanan dan 1.160 untuk sisi sebelah kiri. Untuk kemiringannya sendiri sebesar 0,26%. Maka didapatkan perhitungan berupa:

Tabel 2. Waktu Konsentrasi Saluran

Saluran	L	S	tc menit	tc jam
Kanan	1.150 m	0,0026	43,85	0,730
Kiri	1.160 m	0,0026	44,15	0,735
Total			88,00	1,465

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Didapatkan waktu konsentrasi kedua saluran drainase adalah 88 menit atau 1,4 jam. Maka didapatkan tabel periode ulang curah hujan sebagai berikut:

Tabel 3. Intensitas Curah Hujan

Tahun	Intensitas (mm/jam)	
	Kanan	Kiri
2	34,6	34,5
5	50,2	50,0
10	63,6	63,3

Sumber: Hasil Analisis, 2022

3. Perhitungan Debit Limpasan Rencana

Selanjutnya, dilakukan perhitungan debit limpasan rencana. Sebelum dilakukan perhitungan, dilakukan perhitungan koefisien ekuivalen sesuai dengan tata guna lahan yang ada disepanjang Jalan W.J Lalamentik.



Gambar 1. Tata Guna Lahan di sekitar Jl. WJ Lalamentik

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Tabel 4. Pehitungan Nilai Koefesien Ekuivalen Tata Guna Lahan

No	Tata Guna Lahan	Koefesien	Luasan (Ha)	Ceq
1	Perdagangan Daerah Kota	0,95	18,70	17,77
2	Taman	0,25	1,97	0,49
3	Lapangan	0,17	1,33	0,23
4	Jalan Raya (Aspal)	0,95	24,16	22,95
Total		2,32	46	0,90

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Setelah didapatkan nilai untuk C (koefisien) dan A (luas daerah tangkapan) dan tc selanjutnya dilakukan perhitungan debit limpasan rencana Jalan W.J Lalamentik.

Tabel 5. 1 Debit Limpasan Rencana

Tahun	Intensitas		C	A	Debit Rerata (m ³ /s)
	Kanan	Kiri			
2	34,6	34,5	0,9	46	3,975
5	50,2	50,0	0,9	46	5,765
10	63,6	63,3	0,9	46	7,30

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Berdasarkan hasil perhitungan debit limpasan rencana kala ulang 2, 5 dan 10 tahun diketahui debit rata-rata limpasan di Jalan W.J Lalamentik berkisar diantara 3 hingga 7 meter kubik per sekon. Nilai debit limpasan rencana ini kemudian akan dibandingkan dengan debit saluran drainase eksisting untuk melihat apakah melimpas atau mengalir sesuai kapasitasnya.

Analisis Kemampuan Bioretensi

Setelah melakukan perhitungan analisis debit limpasan rencana, selanjutnya dilakukan komparasi dengan data eksisting debit saluran drainase eksisting di Jalan W.J Lalamentik. Berdasarkan data Masterplan Drainase Kota Kupang, didapatkan data eksisting saluran adalah sebesar 1,53 m³/s. Maka didapatkan tabel komparasi untuk melihat kemampuan drainase berupa:

Tabel 5. Kemampuan Drainase Jl. W.J Lalamentik

Kala Ulang	Qeksisting (m ³ /s)	Qrencana (m ³ /s)	Persentase Kemampuan Drainase (%)	Keterangan
2	1,53	3,975	38	Melimpas
5	1,53	5,765	27	Melimpas
10	1,53	7,305	21	Melimpas

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Perhitungan bioretensi yang dilakukan merujuk pada desain bioretensi yang diperhitungkan oleh Prastiwi (2017). Desain yang direncanakan merupakan desain penampung basah bioretensi untuk selanjutnya dilakukan perhitungan kapasitas bioretensi untuk menampung debit eksisting yang melimpas pada perhitungan sebelumnya.

Tabel 6. Desain Bioretensi

Bahu Jalan (m)	Dimensi Penampung Basah (m x m)
1	0,6 x 0,3

Berikut merupakan perhitung debit kapasitas bioretensi:

Data perhitungan:

1. Kemiringan Saluran (S) = 0,0026 (0,26%)
2. Koefisien Manning = 0,0025 (nilai kekasaran untuk saluran berbatu)
3. Desain Penampung = 0,6 x 0,3 m
4. Luas penampang saluran (A) = 0,6 x 0,3 m = 0,18 m²
5. Keliling Basah Penampang Saluran (P) = 0,6 + 0,3 + 0,6 = 1,5 m
6. Jari-jari hidrolis (R) = A/P = 0,18 / 1,5 = 0,12 m
7. Kecepatan Aliran (V) = $\frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$
8. $V = \frac{1}{0,0025} \times 0,12^{\frac{2}{3}} \times 0,26^{\frac{1}{2}}$
- 9.
10. V = 49,621 m/s

11. $Q = V \times A$
12. $Q = 0,18 \text{ m}^2 \times 49,621 \text{ m/s}$
13. $Q = 8,93 \text{ m}^3/\text{s}$

Diketahui kapasitas bioretensi adalah $8,93 \text{ m}^3/\text{s}$. Kapasitas ini diharapkan dapat menampung debit saluran drainase yang melimpah pada perhitungan yang sebelumnya dilakukan. Setelah mendapatkan hasil kapasitas bioretensi, selanjutnya dilakukan komparasi debit setelah penerapan bioretensi di Jalan W.J Lalamentik dilaksanakan.

Tabel 7. Kemampuan Bioretensi Jalan W.J Lalamentik

Kala Ulang	Qeksisting (m^3/s)	Qrencana (m^3/s)	Persentase Kemampuan Drainase (%)	Qkapasitas Bioretensi (m^3/s)
2	1,53	3,975	38	8,93
5	1,53	5,765	27	8,93
10	1,53	7,305	21	8,93

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Berdasarkan hasil komparasi di atas, diketahui penerapan bioretensi dapat menghasilkan zero-run off dengan menampung debit limpasan rencana baik pada kala ulang 2, 5 hingga 10 tahun dengan persentase melebihi 100%. Hasil perhitungan kapasitas bioretensi yang mencapai 100% atau *zero-run off* ini dipengaruhi oleh faktor nilai koefisien penampang yang digunakan dalam perencanaan bioretensi yaitu saluran berbatu (geotekstil). Saluran berbatu dianggap berpengaruh besar dalam percepatan penyerapan dan penyaringan air limpasan hujan dibandingkan dengan tanah biasa pada umumnya.

Desain Bioretensi yang direncanakan akan diterapkan setiap 5 meter ruas jalan sehingga diharapkan dapat mengendalikan air hujan yang melimpah menuju ruas jalan [7]. Bioretensi ini direncanakan memiliki bentuk cekungan dan memiliki 2 komponen utama didalamnya yaitu: permukaan bervegetasi sebagai zona penggenangan untuk menyimpan air secara sementara serta media tanah bioretensi sebagai zona infiltrasi dalam meresapkan air menuju badan tanah [10]. Secara struktural, lapisan bioretensi umumnya terdiri dari 4 lapisan yaitu: lapisan atas sebagai media tanam, lapisan pasir sebagai filterisasi polutan, lapisan geotekstil serta lapisan kerikil sebagai filter terakhir sebelum air menyerap menuju tanah [6].

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Debit banjir rencana atau debit limpasan yang terjadi di Jalan W.J Lalamentik adalah sebesar $3.975 \text{ m}^3/\text{s}$ untuk kala ulang 2 tahun, $5,765 \text{ m}^3/\text{s}$ untuk kala ulang 5 tahun dan $7,305 \text{ m}^3/\text{s}$ untuk kala ulang 10 tahun.
2. Berdasarkan perhitungan desain bioretensi, didapatkan volume bioretensi adalah sebesar $8.93 \text{ m}^3/\text{s}$. Kapasitas bioretensi ini dapat menahan debit limpasan yang terjadi baik pada kala ulang 2, 5 dan juga 10 tahun.

Acknowledge

Penulis menghaturkan banyak terima kasih kepada orang tua, keluarga, teman terbaik dan juga dosen pembimbing penulis, Prof. Dr. Ir. Hilwati Hindersah, MURP. yang telah membimbing penulis selama penyusunan tugas akhir ini.

Daftar Pustaka

- [1] Saidah, H., Nur, N. K., Rangan, P. R., Mukrim, M. I., Tamrin, T., Tumpu, M., & Sindagamanik, F. D. (2021). Drainase Perkotaan. Yayasan Kita Menulis.
- [2] Lewanmeru, O. 2022. Andre Koreh Bicara Soal Banjir, Master Plan Drainase Kota Kupang Sudah Ada Tapi Masih Masalah. Dalam web: <https://kupang.tribunnews.com/2022/02/25/andre-koreh-bicara-soal-banjir-master-plan->

- drainase-kota-kupang-sudah-ada-tapi-masih-masalah. (accessed 14.03.22)
- [3] Amalo, O. 2021. Hujan Deras Muncul Genangan di Ruas Jalan Kota Kupang. Dalam web: <https://mediaindonesia.com/nusantara/379945/hujan-deras-muncul-genangan-di-ruas-jalan-kota-kupang> (accessed: 12.03.22)
- [4] Wati, P., & Hindersah, H. (2021). Potensi Penerapan Infrastruktur Hijau dalam Upaya Mengurangi Genangan Banjir di Kawasan Sub DAS Cisangkuy. *Prosiding Perencanaan Wilayah dan Kota*, 481-492.
- [5] Priscannanda, F., & Hindersah, H. (2022). Identifikasi Kemampuan Berbagai Jenis Green Infrastructure dalam Upaya Mengurangi Banjir pada Das Ciliwung Hilir DKI Jakarta. *Jurnal Riset Perencanaan Wilayah dan Kota*, 23-35.
- [6] Handayani, D. (2016). KAJIAN BIORETENSI SEBAGAI SALAH SATU ECO-DRAINASE JALAN. *Jurnal Ilmiah KORPRI Kopertis Wilayah IV*.
- [7] Prastiwi, I. Desain Konseptual Green Street di Kota Bogor sebagai Sarana Penanggulangan Banjir (Doctoral dissertation, Bogor Agricultural University (IPB)).
- [8] Hindersah, H. (2005). Krisis ilmu pengetahuan modern: menuju metodologi partisipatif. *Jurnal Perencanaan Wilayah & Kota*, 16(2), 1-24.
- [9] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 12/PRT/M/2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan 7(2), 295–309.
- [10] Ardiyana, M., Bisri, M., & Sumiadi. (2016). Studi Penerapan Ecodrain pada Sistem Drainase Perkotaan (studi kasus: Perumahan Sawojajar Kota Malang). *Jurnal Teknik Pengairan*, 7(2), 295–309.
- [11] F. Priscannanda and H. Hindersah, “Identifikasi Kemampuan Green Infrastructure dalam Upaya Mengurangi Banjir pada DAS Ciliwung Hilir Jakarta,” vol. C, pp. 23–35, 2022.