



EFEKTIVITAS PENERAPAN INFRASTRUKTUR HIJAU DALAM MENGURANGI GENANGAN AIR PADA JALUR PEDESTRIAN DI KOTA PONTIANAK

*THE EFFECTIVENESS OF GREEN INFRASTRUCTURE TO REDUCE PUDDLES ON
PEDESTRIAN WAYS IN PONTIANAK CITY*

Ely Nurhidayati¹

Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Tanjungpura, Kota Pontianak, Indonesia

Trida Ridho Fariz²

Ilmu Lingkungan, Universitas Negeri Semarang, Kota Semarang, Indonesia

Nana Novita Pratiwi³

Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Tanjungpura, Kota Pontianak, Indonesia

Agustiah Wulandari⁴

Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Tanjungpura, Kota Pontianak, Indonesia

Artikel Masuk : 4 Desember 2022

Artikel Diterima : 20 Desember 2023

Tersedia Online : 30 April 2024

Abstrak: Selama kurun waktu 15 tahun (tahun 2002-2017) telah terjadi perubahan luas tutupan lahan di wilayah Kota Pontianak dengan penurunan terbesar terdapat pada lahan vegetasi yaitu terjadi penurunan sebesar 1.109,08 Ha. Berkurangnya lahan vegetasi menyebabkan daerah untuk meresapkan limpasan air hujan menjadi berkurang. Berkaitan dengan hal tersebut, infrastruktur hijau yang diterapkan pada Kecamatan Pontianak Selatan dan Pontianak Tenggara berjenis *permeable pavements* yang digunakan pada jalur pedestrian. Namun, penggunaannya pada jalur pedestrian masih menimbulkan genangan di beberapa titik sehingga belum diketahui keefektifan *permeable pavements* dalam mengurangi limpasan air hujan yang jatuh pada kawasan tersebut. Sehingga penting untuk mengevaluasi keefektifan *permeable pavements* dalam mengurangi genangan pada skala spasial yang berbeda agar penerapannya efektif dan berfungsi sesuai dengan kondisi lingkungan disekitarnya. Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis efektivitas penerapan infrastruktur hijau dalam mengurangi genangan air pada jalur pedestrian di Kota Pontianak. Hasil penelitian membuktikan bahwa kemampuan *permeable pavements* yang diterapkan pada jalur pedestrian di Kecamatan Pontianak Selatan dan Pontianak Tenggara sudah efektif untuk mengurangi genangan air dengan skor kemampuan *permeable pavements* sebesar 89,44% - 99,17%. Diantaranya pada segmen 1 (Jalan Daya Nasional–Jalan Media) apabila dibandingkan dengan volume genangan rencana awal, diketahui bahwa volume genangan berkurang sebesar 3.465,35 m³ atau sebesar 98,99%, segmen 2 (Jl. Prof Hadari Nawawi–Jl. Perdana) memiliki nilai kemampuan *permeable pavements* sebesar 4.311,61 m³ atau sebesar 98,69%, segmen 3 (Pontianak Ayani Mega Mall–Museum) memiliki nilai kemampuan *permeable pavements* sebesar 1.893,9 m³ atau 89,44%,

segmen 4 (Indosat Ooredoo–Pendopo Gubernur) memiliki nilai kemampuan *permeable pavements* sebesar 11.003,69 m³ atau sebesar 99,17%.

Kata Kunci: efektivitas, genangan air, infrastruktur hijau, pedestrian

Abstract: *Over a period of 15 years (2002-2017) there has been a change in the area of land cover in the Pontianak City area with the largest decrease occurring in vegetation land, namely a decrease of 1,109.08 Ha. Reduced vegetation land causes the area to absorb rainwater runoff to decrease. In this regard, the green infrastructure implemented in South Pontianak and Southeast Pontianak Districts is of the permeable pavement used on pedestrian paths. However, its use on pedestrian paths still causes puddles at several points, so the effectiveness of permeable pavements in reducing rainwater runoff that falls on the area is not yet known. So it is important to evaluate the effectiveness of permeable pavements in reducing inundation at different spatial scales so that their application is effective and functions according to the surrounding environmental conditions. The purpose of this study is to analyze the effectiveness of implementing green infrastructure in reducing waterlogging on pedestrian paths in Pontianak City. The results of the study proved that the permeable pavements applied to pedestrian paths in South Pontianak and Southeast Pontianak Districts were effective in reducing water logging with a score permeable pavements of 89.44% - 99.17%. Among them in segment 1 (Jalan Daya National - Jalan Media) when compared with the initial planned inundation volume, it is known that the volume of inundation has decreased by 3,465.35 m³ or by 98.99%, segment 2 (Jl. Prof. Hadari Nawawi - Jl. Perdanawati permeable pavements of 4,311.61 m³ or 98.69%, segment 3 (Pontianak Ayani Mega Mall – Museum) has a pavements permeable of 1,893.9 m³ or 89.44%, segment 4 (Indosat Ooredoo – Governor's Hall) has a permeable pavements of 11,003.69 m³ or 99.17%.*

Keywords: *effectiveness, green infrastructure, pedestrian ways, puddles*

Pendahuluan

Kota Pontianak memiliki permasalahan perubahan penggunaan lahan yang masif. Selama kurun waktu 15 tahun (tahun 2002-2017) telah terjadi perubahan luas tutupan lahan di wilayah Kota Pontianak dengan penurunan terbesar terdapat pada lahan vegetasi yaitu terjadi penurunan sebesar 1.109,08 ha (Abdullah et al., 2017). Pengurangan lahan vegetasi ini mengakibatkan Kota Pontianak secara umum memiliki kepadatan bangunan diatas 50% (Fariz & Faniza, 2023). Hal tersebut berdampak terhadap terganggunya fungsi hidrologis, resapan dan penyimpanan air, serta berdampak pada sistem penyaluran yang akan menimbulkan genangan dan banjir (Arianti & Rafani, 2023; Permadi, 2014). Banjir di Kota Pontianak juga disebabkan air pasang sungai dan penyempitan saluran air, serta banyaknya bangunan beton mengurangi daya serapan tanah, sehingga menambah parah kondisi banjir yang terjadi (Daud & Sukamto, 2019; Ely Nurhidayati & Fariz, 2021; Purnomo et al., 2018; Sampurno et al., 2023). Padahal Kota Pontianak merupakan kota yang dikelilingi oleh air atau *waterfront city*, bahkan pada zaman kolonial Belanda telah direncanakan pembangunan kanal-kanal untuk saluran air namun, saat ini kanal tersebut telah berubah fungsi menjadi jalan raya (E. Nurhidayati et al., 2017; Permadi, 2014).

Beberapa kecamatan di Kota Pontianak yang sering mengalami banjir dan genangan yaitu pada Kecamatan Pontianak Selatan dan Pontianak Tenggara (BPBD, 2016; Gultom et al., 2022; Kurnia et al., 2019). Genangan banjir yang terjadi di Kecamatan Pontianak Selatan dan Pontianak Tenggara biasanya berdurasi 6 jam atau mengikuti air pasang yang akan surut, sehingga jika air pasang surut maka genangan juga akan surut. Banjir dan genangan yang timbul didominasi oleh daerah badan jalan yaitu ruas jalan utama (Purnomo et al., 2018; Umar et al., 2022). Padahal badan jalan merupakan salah satu area jalur air mengalir namun memiliki permeabilitas yang rendah. Ini membuat aktifitas transportasi menjadi terganggu, baik kendaraan bermotor maupun pejalan kaki di *pedestrian* (Yahya & Musliadi, 2022).

Pembangunan jalur pedestrian perlu memperhatikan permasalahan banjir dan genangan yang terjadi, seperti pembangunan jalur pedestrian yang dapat mengurangi risiko meningkatnya genangan yang terjadi dalam jangka panjang. Upaya tersebut telah diterapkan pada Kecamatan Pontianak Selatan dan Pontianak Tenggara yaitu berupa suatu konsep yang dapat mengolah dan mengelola air hujan seperti proses hidrologi alami dalam bentuk infrastruktur hijau. Infrastruktur Hijau (*Green Infrastructure*) merupakan jaringan yang saling berhubungan antara sungai, lahan basah, hutan, habitat kehidupan liar dan daerah alami di wilayah perkotaan yang penerapannya sangat penting untuk menjaga kelestarian siklus alami air (Damayanti, 2019; Setiyono & Sidiq, 2018).

Tujuan dari penerapan infrastruktur hijau adalah untuk meningkatkan kondisi lingkungan dan memelihara ruang terbuka hijau, di mana penerapannya sangat berkaitan erat dengan aspek tata ruang, sosial, dan ekonomi (Widyaputra, 2020). Contoh dari bentuk infrastruktur hijau berupa *Bioswale*, *Constructed Wetland*, *Dry Pond*, *Green Roof*, *Green Street* serta *Permeable Pavement* yang telah banyak diterapkan pada jalur pedestrian (Buelles et al., 2017; Del Serrone et al., 2022; Hu et al., 2018; Klein et al., 2023). *Permeable Pavements* adalah sistem drainase air hujan yang memungkinkan air hujan dan limpasan mengalir melalui permukaan trotoar ke lapisan penyimpanan di bawah, dengan air akhirnya meresap ke dalam tanah di bawahnya (Rowe, 2012). Beberapa studi seperti dari Hu et al. (2018), Zhu et al. (2019), Li et al. (2022) dan Arora et al. (2023) telah menguji efektivitas *permeable pavements* yang hasilnya mampu mereduksi banjir. Namun, studi serupa masih jarang dilakukan di Indonesia, apalagi di Kota Pontianak yang merupakan wilayah rawan banjir dan telah membangun *permeable pavements* (Nurhidayati, 2022). Berdasarkan uraian di atas, maka penulis tertarik melakukan penelitian di kawasan tersebut yang difokuskan pada kemampuan infrastruktur hijau yaitu *permeable pavements* dalam mengurangi genangan yang terjadi pada jalur pedestrian.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Populasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu seluruh komponen yang terdapat di sekitar jalur pedestrian yang berada pada sisi jalur kendaraan dan berada pada fungsi jalan arteri, kolektor dan lokal serta jalur pedestrian yang menerapkan *permeable pavements* dan *non permeable pavements* di Kecamatan Pontianak Selatan dan Pontianak Tenggara. Teknik analisis yang digunakan yaitu dengan menghitung dan menganalisis volume genangan sebelum diterapkan *permeable pavements* di Kota Pontianak dan efektivitas kemampuan *permeable pavements* dalam mengurangi jumlah limpasan air atau genangan air pada jalur pedestrian di Kecamatan Pontianak Selatan dan Pontianak Tenggara. Metode pengumpulan data yang dilakukan melalui observasi lapangan dan data sekunder dari beberapa instansi terkait yaitu pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kebutuhan Data Sekunder

No	Data	Sumber Data
1	Curah Hujan Kota Pontianak (<i>time series</i> tahun 2012-2021)	BMKG Kota Pontianak
2	Tutupan Lahan Kota Pontianak tahun 2021	<ul style="list-style-type: none"> • BAPPEDA Kota Pontianak • PUPR Kota Pontianak
3	Jenis Tanah Kota Pontianak	<ul style="list-style-type: none"> • BAPPEDA Kota Pontianak • PUPR Kota Pontianak
4	Kapasitas Tampung Saluran (Primer, Sekunder dan Tersier)	<ul style="list-style-type: none"> • BWSK 1 Kota Pontianak • PUPR Kota Pontianak
5	Luas DAS Kapuas	BWSK 1 Kota Pontianak

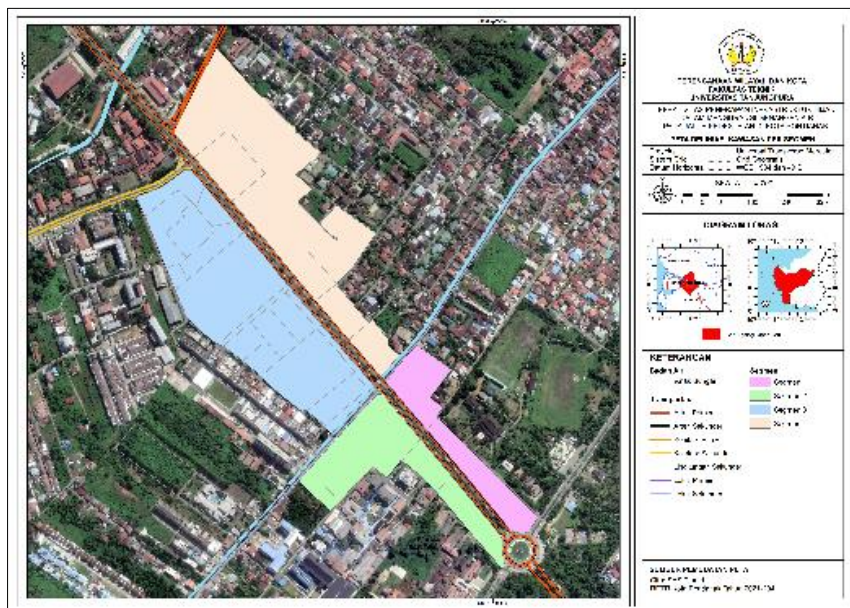
6	Jaringan Jalan Kota Pontianak	<ul style="list-style-type: none"> • PUPR Kota Pontianak • Dinas Perhubungan Kota Pontianak
7	Jaringan Jalur Pedestrian	<ul style="list-style-type: none"> • BAPPEDA Kota Pontianak • PUPR Kota Pontianak

Penelitian ini terdiri dari tiga (3) tahapan analisis. Tahapan analisis pertama yaitu Mengidentifikasi kondisi dan luas perkerasan pada jalur pedestrian di Kecamatan Pontianak Selatan dan Pontianak Tenggara menggunakan teknik analisis *Key Performance Indicators*. Tahap analisis kedua yaitu menganalisis volume genangan sebelum diterapkannya *permeable pavements* menggunakan metode distribusi frekuensi gumbel dan SCS – CN (*Soil Conservation Service – Curve Number*). Tahap analisis ketiga yaitu menganalisis efektivitas kemampuan *permeable pavements* dalam mengurangi jumlah limpasan air atau genangan air pada jalur pedestrian di Kecamatan Pontianak Selatan dan Pontianak Tenggara menggunakan teknik analisis SCS – CN (*Soil Conservation Service – Curve Number*) dan perbandingan nilai volume genangan sebelum diterapkan *permeable pavements* dengan volume genangan setelah diterapkan *permeable pavements*.

Hasil dan Pembahasan

Kondisi dan Luas Perkerasan Pada Jalur Pedestrian di Kecamatan Pontianak Selatan dan Pontianak Tenggara

Pengambilan sampel jalur pedestrian pada Kecamatan Pontianak Selatan dan Kecamatan Pontianak Tenggara masing-masing terdapat dua lokasi yakni untuk Kecamatan Pontianak Tenggara pada jalur pedestrian Jalan Daya Nasional hingga Jalan Media sebagai segmen I dan jalur pedestrian Jalan Prof. Hadari Nawawi hingga Jalan Perdana sebagai Segmen II. Kemudian untuk Kecamatan Pontianak Selatan pada jalur pedestrian Ayani Megamall hingga Museum Kalimantan Barat sebagai Segmen III serta jalur pedestrian Kantor Indosat Ooredoo hingga Pendopo Gubernur Kalimantan Barat sebagai Segmen IV. Untuk lebih jelas lokasi kawasan per segmen dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini.



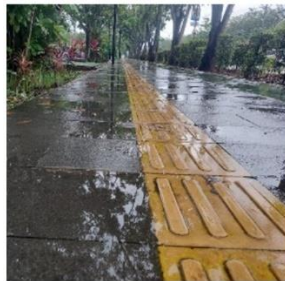
Gambar 1. Peta Pembagian Segmen Jalur Pedestrian

Jalur pedestrian pada segmen 1 yakni berada pada Jalan Daya Nasional hingga Jalan Media. Jalur pedestrian segmen 1 memiliki panjang 443 meter. Jalur pedestrian pada segmen 1 memiliki luas perkerasan seluas 2.436,5 m². Pengerasan jalur pedestrian menggunakan material keramik alam dengan desain tipis di atasnya. Kondisi jalur pedestrian pada segmen 1 dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini.

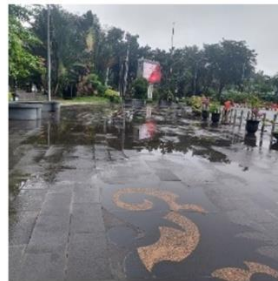


Gambar 2. Kondisi Eksisting Jalur Pedestrian Segmen 1

Jalur pedestrian pada segmen 2 berada pada Jalan Prof. Hadari Nawawi hingga Jalan Perdana. Jalur pedestrian tersebut memiliki panjang 432 meter. Jalur pedestrian pada segmen 2 memiliki luas perkerasan seluas 3.974,4 m². Pengerasan jalur pedestrian menggunakan material keramik alam dengan desain tipis di atasnya. Kondisi jalur pedestrian pada segmen 2 dapat dilihat pada gambar 3 berikut ini.



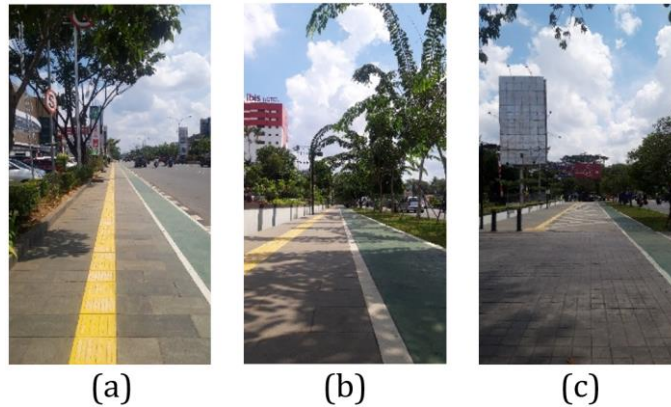
(a)



(b)

Gambar 3. Kondisi Eksisting Jalur Pedestrian Segmen 2 (a) Taman Catur - Jalan Perdana (b) Jalan Prof. Hadari Nawawi - Taman Catur

Jalur pedestrian pada segmen 3 berada pada Ayani Megamall hingga Museum Kalimantan Barat. Jalur pedestrian segmen 3 merupakan jalur penghubung untuk ke segmen selanjutnya yang memiliki Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) pada ruas jalannya. Jalur pedestrian tersebut memiliki panjang 302 meter. Jalur pedestrian pada segmen 2 memiliki luas perkerasan seluas 4.768,18 m². Pengerasan jalur pedestrian menggunakan material keramik alam dengan desain tipis di atasnya. Kondisi jalur pedestrian pada segmen 3 dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Kondisi Eksisting Jalur Pedestrian Segmen 3 (a) Ayani Megamall; (b) PT Taspen; (c) Museum Kalimantan Barat

Jalur Pedestrian segmen 4 berada pada Kantor Indosat Ooredoo hingga Pendopo Gubernur Kalimantan Barat. Jalur pedestrian segmen 4 merupakan jalur penghubung untuk ke segmen selanjutnya yang memiliki Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) pada ruas jalannya. Jalan tersebut memiliki panjang 305 meter. Jalur pedestrian pada segmen 2 memiliki luas perkerasan seluas 6.352,2 m². Pengerasan jalur pedestrian menggunakan material keramik alam dengan desain tipis di atasnya. Kondisi jalur pedestrian pada segmen 1 dapat dilihat pada gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Kondisi Eksisting Jalur Pedestrian Segmen 4 (a) Pendopo Gubernur (b) Kantor Indosat Ooredoo

Adapun kriteria penilaian kondisi jalur pedestrian seperti pada tabel 2 berikut ini. Setelah dilakukan observasi pada ke empat segmen, didapatkan data seperti pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Kondisi dan Luas Perkerasan Pada Jalur Pedestrian

Jalur Pedestrian	Luas Perkerasan (m ²)	Material			Drainase					
		Rongga	Void	Sumbatan	Permukaan	Genangan	Saluran	Sumbatan	Kecapatan air hilang dari tanah	
Segmen I										
Jalan Daya Nasional – Jalan Media	2.436,5	3	2	2	3	3	2	4	2	
Segmen II										

Jalan Prof. Hadari Nawawi – Jalan Perdana	3.974,4	3	2	2	3	3	2	4	2
Segmen III									
Ayani Mega Mall – Museum Kalimantan Barat	4.768,18	3	2	2	3	3	2	4	2
Segmen IV									
Indosat Ooredoo – Pendopo Gubernur Kalimantan Barat	6.352,2	3	2	2	3	3	2	4	2

Penilaian yang telah dilakukan pada beberapa sampel jalur pedestrian yang ada di Kecamatan Pontianak Tenggara dan Kecamatan Pontianak Selatan menggunakan analisis *Key Performance Indicators* yang berisikan indikator yang dapat memberikan informasi sejauh mana keberhasilan dalam mewujudkan sasaran strategis yang telah ditetapkan. Ada empat kategori penilaian di setiap indikatornya yakni Sangat Baik, Baik, Sedang, dan Buruk. Adapun pembobotan kategorinya sebagai berikut :

- a. Kategori Buruk : < 40 % kriteria terpenuhi
- b. Kategori Sedang : 41 – 60 % kriteria terpenuhi
- c. Kategori Baik : 61 – 80 % kriteria terpenuhi
- d. Kategori Sangat Baik : > 81 % kriteria terpenuhi

Disebabkan tiap segmen sampel pada jalur pedestrian di kedua kecamatan penelitian memiliki penilaian yang sama sehingga pada pembahasan ini akan di bahas secara umum. Berikut ini proses perhitungan skoring variabel material menggunakan analisis *Key Performance Indicators* :

$$KPI = \frac{\text{jumlah masing – masing kriteria penilaian}}{\text{jumlah ideal (total maksimum) masing – masing kriteria}} \times 100\%$$

$$KPI = \frac{10}{16} \times 100\%$$

$$KPI = 62,50\% \text{ (Baik)}$$

Berikut ini proses perhitungan skoring variabel drainase menggunakan analisis *Key Performance Indicators* :

$$KPI = \frac{\text{jumlah masing – masing kriteria penilaian}}{\text{jumlah ideal (total maksimum) masing – masing kriteria}} \times 100\%$$

$$KPI = \frac{11}{16} \times 100\%$$

$$KPI = 68,75\% \text{ (Baik)}$$

Dari hasil perhitungan analisis *Key Performance Indicators* dalam menentukan skoring dari tiap variabel pada sampel jalur pedestrian yang ada di Kecamatan Pontianak Tenggara dan Kecamatan Pontianak Selatan dapat disimpulkan jika material perkerasan dan drainase memiliki kondisi “baik”. Pada kondisi material perkerasan memiliki skoring sebesar 62,50% kriteria terpenuhi dan kondisi drainase memiliki skoring sebesar 68,75% kriteria terpenuhi. Itu artinya jalur pedestrian berupa *permeable pavements* yang ada di lokasi penelitian memiliki kondisi yang baik.

Volume genangan sebelum diterapkan permeable pavements di Kota Pontianak

Hasil volume genangan rencana yang akan digunakan dalam menganalisis kemampuan *permeable pavements* dalam mengurangi jumlah limpasan atau genangan air

pada jalur pedestrian di Kecamatan Pontianak Selatan dan Pontianak Tenggara, akan dilakukan perhitungan terhadap curah hujan rencana, limpasan permukaan, volume genangan awal dan selisih volume genangan awal dengan kapasitas tampungan saluran (volume genangan rencana). Berikut tahap-tahap perhitungan volume genangan sebelum diterapkannya *permeable pavements*:

Analisis Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana menggunakan data curah hujan selama kurun waktu 12 tahun yaitu mulai dari tahun 2009 sampai dengan tahun 2021. Data curah hujan tersebut kemudian ditentukan curah hujan maksimum pada setiap tahunnya. Hasil curah hujan maksimum pada setiap tahunnya dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Curah Hujan Maksimum Tahun 2009 - 2021

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum
1	2009	133
2	2010	129
3	2011	100
4	2012	118
5	2013	112
6	2014	155
7	2015	79
8	2016	85
9	2017	165
10	2018	115
11	2019	112
12	2020	154
13	2021	200
Jumlah		1657

Langkah selanjutnya yaitu menentukan analisis frekuensi yang akan digunakan. Metode Analisis Distribusi Frekuensi yang sering digunakan dalam bidang hidrologi antara lain: Distribusi Gumbel, Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, dan Distribusi Log Pearson Tipe III (Hudayarizka & Ariani, 2022; Pamuttu et al., 2018). Untuk melakukan pemilihan distribusi, maka terlebih dahulu dilakukan perhitungan parameter statistik curah hujan.

Tabel 4. Perhitungan Parameter Statistik

Tahun	Xi (mm)	Xi - X	(Xi - X) ²	(Xi - X) ³	(Xi - X) ⁴
2009	133	5,5385	30,67498225	-1812411,966	940,954536
2010	129	1,5385	2,36698225	-1996710,885	5,602604972
2011	100	-27,4615	754,1339823	-3718327,982	568718,0632
2012	118	-9,4615	89,51998225	-2567019,797	8013,827222
2013	112	-15,4615	239,0579823	-2919485,824	57148,71888
2014	155	27,5385	758,3689823	-997691,7782	575123,5132
2015	79	-48,4615	2348,516982	-5444623,674	5515532,016
2016	85	-42,4615	1802,978982	-4906327,123	3250733,21
2017	165	37,5385	1409,138982	-727130,5004	1985672,671
2018	115	-12,4615	155,2889823	-2739474,89	24114,66801
2019	112	-15,4615	239,0579823	-2919485,824	57148,71888
2020	154	26,5385	704,2919823	-1027946,365	496027,1963
2021	200	72,5385	5261,833982	-165677,2028	27686896,86

Jumlah	1657	0,0005	13795,2308	-31942313,8109	40226076,0172
Rata-rata (X)	127,4615				

Nilai parameter statistik pada tabel 4 akan digunakan dalam penentuan distribusi frekuensi yaitu Hujan Rata-Rata (X), Standard Deviasi (S), Koefisien Skewness (Cs), Koefisien Variasi (Cv) dan Koefisien Kurtosis (Ck). Berikut formula parameter statistik tersebut.

a. Hujan Rata-Rata (X)

$$X = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$X = \frac{1657}{13} = 127,4615 \tag{1}$$

b. Standard Deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{13795,231}{12}} = 33,906 \tag{2}$$

c. Koefisien Skewness (Cs)

$$Cs = \frac{n \times \sum_{i=1}^n (X_i - X)^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

$$Cs = \frac{13 \times 253075,633}{12 \times 11 \times 33,906^3} = 0,639 \tag{3}$$

d. Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{X}$$

$$Cv = \frac{33,906}{127,4615} = 0,266 \tag{4}$$

e. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2 \times \sum_{i=1}^n (X_i - X)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4}$$

$$Ck = \frac{13^2 \times 40226037,082}{12 \times 11 \times 10 \times 33,906^4} = 0,269 \tag{5}$$

Apabila hasil perhitungan parameter statistik telah didapatkan maka dapat memilih metode analisis distribusi yang akan digunakan dengan persyaratan sebagai berikut ini:

Tabel 5. Persyaratan Jenis Distribusi

No	Jenis Distribusi	Syarat
1	Gumbel	Cs ≤ 1,1396 Ck ≤ 5,4002
2	Normal	Cs ≈ 0 Ck = 3
3	Log Normal	Cs ≈ 3Cv + Cv ² = 3 Ck = 5,383
4	Log Pearson Tipe III	Cs ≠ 0

Sumber: Analisis Frekuensi, 2021

Dilihat dari hasil perhitungan Hujan Rata-Rata (X), Standard Deviasi (S), Koefisien Skewness (Cs), Koefisien Variasi (Cv) dan Koefisien Kurtosis (Ck), metode yang dipakai adalah metode gumbel. Berikut perhitungan untuk periode ulang 10 tahun dengan metode gumbel. Perhitungan hujan rencana periode ulang 10 tahun menggunakan metode distribusi frekuensi gumbel memerlukan nilai Sn, Yn, dan Yt dalam perhitungannya. Nilai Sn, Yn, dan Yt yang akan digunakan dalam perhitungan yaitu sebesar 0,507; 0,507; 2,2510. Maka, perhitungan curah hujan rencana periode ulang 10 tahun menggunakan distribusi frekuensi gumbel yaitu sebagai berikut:

Diketahui:
Sn = 0,507

$$S = 33,906$$

Menentukan nilai $\left(\frac{1}{a}\right)$

$$\frac{1}{a} = \frac{S}{S_n} \quad (6)$$

$$\frac{1}{a} = \frac{33,906}{0,507} = 34,002$$

Menentukan nilai (b)

$$b = X - \frac{yn \times S}{S_n} \quad (7)$$

$$b = 127,4615 - \frac{0,507 \times 33,906}{0,507} = 110,2$$

Menentukan Periode Ulang Hujan (PUH) 10 tahun

$$X_{10} = b - \frac{1}{a} Yt \quad (8)$$

$$X_{10} = 110,2 - 34,002 \times 2,2510 = 186,744 \text{ mm}$$

Perhitungan hujan rencana periode ulang 10 tahun menggunakan metode distribusi frekuensi gumbel, nantinya data curah hujan rencana tersebut akan dijadikan input dalam menghitung limpasan permukaan menggunakan metode SCS. Hasil perhitungan hujan rencana periode ulang 10 tahun berdasarkan metode distribusi frekuensi gumbel sebesar 186,744 mm. Setelah didapatkan angka curah hujan rencana, maka selanjutnya dapat melakukan perhitungan terhadap volume genangan rencana yang sebelumnya dilakukan perhitungan limpasan permukaan menggunakan metode SCS.

Limpasan Permukaan

Setelah mendapatkan nilai curah hujan rencana akan dilanjutkan ke perhitungan limpasan Permukaan dengan metode SCS – CN. Diketahui bahwa rata-rata jenis tanah pada wilayah penelitian adalah jenis kelompok tanah D, maka dalam menentukan koefisien CN didasarkan pada kelompok tanah D. Berikut rumus untuk menghitung limpasan permukaan menggunakan metode SCS-CN (Triatmodjo, 2008). Perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Limpasan Permukaan

Segmen	Nilai CN $\left(\frac{\sum(A_i \times CN_i)}{\sum A}\right)$	Nilai S $\left(\frac{25400}{CN} - 254\right)$	Nilai Pe $\left(\frac{(P-0,2S)^2}{(P+0,8S)}\right)$
Segmen 1 (Jalan Daya Nasional – Jalan Media)	82,06	55,54	0,1334 m
Segmen 2 (Jalan Prof Hadari Nawawi – Jalan Perdana)	84,52	46,51	0,14059 m
Segmen 3 (Pontianak Ayani Mega Mall – Museum)	87,57	36,05	0,14951 m
Segmen 4 (Indosat Ooredoo – Pendopo Gubernur)	83,46	50,32	0,13751 m

Volume Genangan Awal

Setelah mendapat nilai hujan efektif/limpasan permukaan, selanjutnya akan dilakukan perhitungan volume genangan awal (V_a) menggunakan rumus umum yaitu luas DAS dikalikan dengan curah hujan efektif/limpasan permukaan. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel 7 berikut.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Volume Genangan Awal

Segmen	Nilai A (m^2)	Nilai Pe $\left(\frac{(P-0,2S)^2}{(P+0,8S)}\right)$	$V_a (A \times Pe)$
--------	-------------------	---	---------------------

Segmen 1 (Jalan Daya Nasional – Jalan Media)	31.067 m ²	0,1334 m	4.145,63 m ³
Segmen 2 (Jalan Prof Hadari Nawawi – Jalan Perdana)	46.439 m ²	0,14059 m	6.528,92 m ³
Segmen 3 (Pontianak Ayani Mega Mall – Museum)	31.067 m ²	0,14951 m	4.644,95 m ³
Segmen 4 (Indosat Ooredoo – Pendopo Gubernur)	93.331,8 m ²	0,13751 m	12.834,51 m ³

Selisih Volume Genangan Awal dengan Kapasitas Tampungan Saluran Eksisting

Pengurangan volume genangan awal dengan kapasitas tampungan saluran eksisting ini dimaksudkan untuk mengetahui volume genangan yang terjadi sebelum diterapkannya *permeable pavements*. Penentuan kapasitas tampungan saluran eksisting dilakukan dengan mengkalikan panjang, lebar, dan kedalaman dari saluran tersebut sehingga diperoleh kapasitas tampungan saluran. Nantinya akan didapatkan volume genangan dengan mengurangi volume genangan awal dengan kapasitas tampungan saluran primer eksisting. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 8 berikut.

Tabel 8. Perhitungan Selisih Volume Genangan Awal dengan Kapasitas Tampungan Saluran Eksisting

Segmen	Va ($A \times Pe$)	KTS Eksisting	Selisih
Segmen 1 (Jalan Daya Nasional – Jalan Media)	4.145,63 m ³	645,119 m ³	3.500,51 m ³
Segmen 2 (Jalan Prof Hadari Nawawi – Jalan Perdana)	6.528,92 m ³	2.160 m ³	4.368,92 m ³
Segmen 3 (Pontianak Ayani Mega Mall – Museum)	4.644,95 m ³	2527,5 m ³	2.117,45 m ³
Segmen 4 (Indosat Ooredoo – Pendopo Gubernur)	12.834,51 m ³	1738,76 m ³	11.095,74 m ³

Efektivitas kemampuan permeable pavements dalam mengurangi jumlah limpasan air atau genangan air pada jalur pedestrian di Kecamatan Pontianak Selatan dan Pontianak Tenggara

Untuk menganalisis keefektifitasan kemampuan *permeable pavements* dalam mengurangi genangan pada jalur pedestrian akan dilakukan perhitungan volume genangan akhir atau volume genangan setelah diterapkan *permeable pavements* yang dihasilkan dari perhitungan dari limpasan permukaan, volume genangan awal, dan selisih volume genangan awal dengan kapasitas tampungan saluran eksisting (volume genangan akhir). Perhitungan tersebut sama dengan tahapan analisis di sasaran 2.

Limpasan Permukaan

Setelah mendapatkan nilai curah hujan rencana akan dilanjutkan ke perhitungan limpasan Permukaan dengan metode SCS – CN. Diketahui bahwa rata-rata jenis tanah pada wilayah penelitian adalah jenis kelompok tanah D, maka dalam menentukan koefisien CN didasarkan pada kelompok tanah D. Berikut rumus untuk menghitung limpasan permukaan menggunakan metode SCS-CN (Triatmodjo, 2008). Perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel 9 berikut ini.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Limpasan Permukaan

Segmen	Nilai CN ($\frac{\sum(A_i \times CN_i)}{\sum A}$)	Nilai S ($\frac{25400}{CN} - 254$)	Nilai Pe ($\frac{(P-0,2S)^2}{(P+0,8S)}$)
Segmen 1 (Jalan Daya Nasional – Jalan Media)	81,67	57,02 mm	0,13231 m
Segmen 2 (Jalan Prof Hadari Nawawi – Jalan Perdana)	84,09	48,04 mm	0,13935 m
Segmen 3 (Pontianak Ayani Mega Mall – Museum)	85,12	44,42 mm	0,14232 m
Segmen 4 (Indosat Ooredoo – Pendopo Gubernur)	83,12	51,56 mm	0,13653 m

Volume Genangan Awal

Setelah mendapat nilai hujan efektif/limpasan permukaan, selanjutnya akan dilakukan perhitungan volume genangan awal (V_a) menggunakan rumus umum yaitu luas DAS dikalikan dengan curah hujan efektif/limpasan permukaan. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel 10 berikut.

Tabel 10. Hasil Perhitungan Volume Genangan Awal

Segmen	Nilai A (m^2)	Nilai Pe ($\frac{(P-0,2S)^2}{(P+0,8S)}$)	Va ($A \times Pe$)
Segmen 1 (Jalan Daya Nasional – Jalan Media)	31.067 m^2	0,13231 m	4.110,47 m^3
Segmen 2 (Jalan Prof Hadari Nawawi – Jalan Perdana)	46.439 m^2	0,13935 m	6.471,61 m^3
Segmen 3 (Pontianak Ayani Mega Mall – Museum)	31.067 m^2	0,14232 m	4.421,45 m^3
Segmen 4 (Indosat Ooredoo – Pendopo Gubernur)	93.331,8 m^2	0,13653 m	12.742,46 m^3

Selisih Volume Genangan Awal dengan Kapasitas Tampungan Saluran Eksisting

Pengurangan volume genangan awal dengan kapasitas tampungan saluran eksisting ini dimaksudkan untuk mengetahui volume genangan yang terjadi sebelum diterapkannya *permeable pavements*. Penentuan kapasitas tampungan saluran eksisting dilakukan dengan mengkalikan panjang, lebar, dan kedalaman dari saluran tersebut sehingga diperoleh kapasitas tampungan saluran. Nantinya akan didapatkan volume genangan dengan mengurangi volume genangan awal dengan kapasitas tampungan saluran primer eksisting. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 11 berikut.

Tabel 11. Perhitungan Selisih Volume Genangan Awal dengan Kapasitas Tampungan Saluran Eksisting

Segmen	Va ($A \times Pe$)	KTS Eksisting	Selisih
Segmen 1 (Jalan Daya Nasional – Jalan Media)	4.110,47 m^3	645,119 m^3	3.465,35 m^3
Segmen 2 (Jalan Prof Hadari Nawawi – Jalan Perdana)	6.471,61 m^3	2.160 m^3	4.311,61 m^3
Segmen 3 (Pontianak Ayani Mega Mall – Museum)	4.421,45 m^3	2527,5 m^3	1.893,95 m^3

Segmen 4 (Indosat Ooredoo – Pendopo Gubernur)	12.742,46 m ³	1738,76 m ³	11.003,69 m ³
---	--------------------------	------------------------	--------------------------

Perbandingan Antara Volume Genangan Sebelum dan Sesudah Penerapan Permeable Pavements

Setelah diketahui volume genangan akhir di jalur pedestrian pada segmen 1 sampai dengan segmen 4, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan terhadap kemampuan infrastruktur hijau yaitu *permeable pavements* dalam mengurangi genangan dengan mengacu pada volume genangan rencana awal yang telah diperoleh sebelumnya. Kemudian dilakukan perbandingan antara volume genangan sebelum diterapkan *permeable pavements* dengan volume genangan akhir untuk melihat keefektifitasannya. Berikut hasil perbandingan antara volume genangan sebelum dan sesudah penerapan *permeable pavements* yang dapat dilihat pada tabel 12 berikut.

Tabel 12. Rekapitulasi Perhitungan Kemampuan *Permeable Pavements* Dalam Mengurangi Genangan Pada Jalur Pedestrian

No	Segmen	Volume Genangan Awal Sebelum Penerapan <i>Permeable Pavements</i> (m ³)	Volume Genangan Akhir Setelah Penerapan <i>Permeable Pavements</i> (m ³)	Volume Genangan yang Tersisa m ³	Kemampuan <i>Permeable Pavements</i> %
1	Segmen 1 pekarangan, pendidikan, taman (RTH), semak belukar, perdagangan dan jasa	3.500,51 m ³	3.465,35 m ³	35,16 m ³	98,99
2	Segmen 2 pekarangan, pendidikan, taman (RTH), semak belukar, perdagangan dan jasa	4.368,916 m ³	4.311,61 m ³	57,31 m ³	98,69
3	Segmen 3 perdagangan dan jasa, pekarangan, perkantoran, semak belukar, taman (RTH)	2.117,45 m ³	1.893,9 m ³	223,50 m ³	89,44
4	Segmen 4 semak belukar, pekarangan, perdagangan dan jasa, perumahan, perkantoran, taman (RTH)	11.095,74 m ³	11.003,69 m ³	92,05 m ³	99,17

Hasil perhitungan keefektifitasan penerapan *permeable pavements* terhadap kemampuannya dalam mengurangi genangan pada keempat segmen jalur pedestrian berdasarkan pola ruang eksisting sudah mampu mengurangi volume genangan sebelum penerapan *permeable pavements*. Hal tersebut dibuktikan oleh hasil perhitungan keefektifitasan penerapan *permeable pavements*, yaitu pada segmen 1 (Jalan Daya Nasional – Jalan Media) apabila dibandingkan dengan volume genangan rencana awal, diketahui bahwa volume genangan hanya berkurang sebesar 35,16 m³ atau sebesar 98,99%, segmen 2 (Jl. Prof Hadari Nawawi – Jl. Perdana) memiliki nilai kemampuan *permeable pavements* sebesar 57,31 m³ atau sebesar 98,69%, segmen 3 (Pontianak Ayani Mega Mall – Museum) memiliki nilai kemampuan *permeable pavements* sebesar 223,50 m³ atau 89,44%, segmen 4 (Indosat Ooredoo – Pendopo Gubernur) memiliki nilai kemampuan *permeable pavements* sebesar 92,05 m³ atau sebesar 99,17%.

Studi ini masih terdapat limitasi yaitu hanya menganalisis efisiensi pengendalian limpasan berdasarkan jumlah curah hujan dan limpasan. Padahal dalam pengujian efektivitas penerapan *permeable pavements* sebaiknya tidak mengabaikan pertukaran aliran masuk dan aliran keluar antar unit hidrologi (Chen et al., 2021; Wang et al., 2019). Studi ini perlu dikembangkan dengan menilai dampak limpasan terhadap distribusi spasial *permeable pavements* dalam skala detil dan melibatkan model hidrodinamik (Chen et al., 2021; Li et al., 2020). Model hidrodinamik juga melibatkan pola hujan mengingat perbedaan pola hujan akan mempengaruhi proses pembentukan limpasan (Mu et al., 2021). Model yang representatif akan memberikan rekomendasi kebijakan terkait pengurangan dampak genangan maupun banjir melalui pembangunan *permeable pavements* di jalur pedestrian.

Kesimpulan

Hasil penelitian membuktikan bahwa kemampuan *permeable pavements* yang diterapkan pada jalur pedestrian di Kecamatan Pontianak Selatan dan Pontianak Tenggara sudah efektif untuk mengurangi genangan air dengan skor kemampuan *permeable pavements* sebesar 89,44% - 99,17%. Diantaranya pada segmen 1 (Jalan Daya Nasional – Jalan Media) apabila dibandingkan dengan volume genangan rencana awal. Diketahui bahwa volume genangan berkurang sebesar 3.465,35 m³ atau sebesar 98,99%, segmen 2 (Jl. Prof Hadari Nawawi – Jl. Perdana) memiliki nilai kemampuan *permeable pavements* sebesar 4.311,61 m³ atau sebesar 98,69%, segmen 3 (Pontianak Ayani Mega Mall – Museum) memiliki nilai kemampuan *permeable pavements* sebesar 1.893,9 m³ atau 89,44%, segmen 4 (Indosat Ooredoo – Pendopo Gubernur) memiliki nilai kemampuan *permeable pavements* sebesar 11.003,69 m³ atau sebesar 99,17%.

Jenis infrastruktur hijau (*permeable pavements*) ini dapat menjadi bahan pertimbangan dan masukan dalam melakukan perencanaan infrastruktur kota dalam kaitannya untuk mengurangi genangan yang terjadi. Sebab penerapan *permeable pavements* pada jalur pedestrian sudah efektif untuk mengurangi genangan. Sehingga, harapan kedepannya penerapan infrastruktur hijau pada infrastruktur perkotaan terus dilakukan agar terbentuk hubungan sinergis antara manusia dengan lingkungan alam, dengan demikian akan tercipta lingkungan yang sehat dan nyaman bagi semua komunitas masyarakat.

Daftar Pustaka

- Abdullah, H., Ruliyansyah, A., & Fitriyaningsih, Y. (2017). *Analisis perubahan luas tutupan lahan bervegetasi terhadap*. 1–10.
- Arianti, I., & Rafani, M. (2023). Modeling of flood vulnerability level of Pontianak city. *AIP Conference Proceedings*, 2510(1).
- Arora, M., Chopra, I., Nguyen, M. H., Fernando, P., Burns, M. J., & Fletcher, T. D. (2023). Flood mitigation performance of permeable pavements in an urbanised catchment in Melbourne, Australia (Elizabeth Street Catchment): Case Study. *Water*, 15(3), 562.
- BPBD. (2016). *Kajian risiko bencana Kota Pontianak Kalimantan Barat Tahun 2017 - 2021*. [https://inarisk.bnbp.go.id/pdf/Kalimantan Barat/Dokumen KRB Prov. Kalimantan Barat_final draft.pdf](https://inarisk.bnbp.go.id/pdf/Kalimantan%20Barat/Dokumen%20KRB%20Prov.%20Kalimantan%20Barat_final%20draft.pdf)
- Buelles, A.-C., Carriere, K., Wacker, H., & Williamson, J. (2017). *A green infrastructure guide for small cities, towns and rural communities*.
- Chen, S., Li, D., Bu, S., & Li, Y. (2021). Modelling the effect of rainfall patterns on the runoff control performance of permeable pavements. *Water Science and Technology*, 84(7), 1566–1578.
- Damayanti, V. (2019). Potensi pengembangan infrastruktur hijau dalam upaya mewujudkan Cimahi sebagai kota hijau berkelanjutan. *ETHOS (Jurnal Penelitian Dan Pengabdian)*, 7(2), 233–243. <https://doi.org/10.29313/ethos.v7i2.4560>
- Daud, F., & Sukanto. (2019). Implementasi peraturan daerah Kota Pontianak Nomor 5 Tahun 2016 tentang drainase Kota Pontianak (Studi di Kecamatan Pontianak Tenggara). *PubliKA*, 1–20.
- Del Serrone, G., Peluso, P., & Moretti, L. (2022). Evaluation of microclimate benefits due to cool pavements and

- green infrastructures on urban heat islands. *Atmosphere*, 13(10), 1586.
- Fariz, T. R., & Faniza, V. (2023). Comparison of built-up land indices for building density mapping in urban environments. *AIP Conference Proceedings*, 2683(1).
- Gultom, B. J., Zaneta, J., & Javiera, E. (2022). Flood risk of today and tomorrow spatial analysis of flood vulnerability in Pontianak City. *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development*, 1(3), 170–187.
- Hu, M., Zhang, X., Siu, Y. L., Li, Y., Tanaka, K., Yang, H., & Xu, Y. (2018). Flood mitigation by permeable pavements in Chinese sponge city construction. *Water (Switzerland)*, 10(2), 1–12. <https://doi.org/10.3390/w10020172>
- Hudayarizka, R., & Ariani, I. K. (2022). Analysis of rainfall characteristics in Balikpapan City based on data from Balikpapan meteorological station. *Journal of Multidisciplinary Science*, 1(3), 212–220.
- Klein, C. W., Maykot, J. K., Ghisi, E., & Thives, L. P. (2023). Financial feasibility of harvesting rainwater from permeable pavements: A case study in a city square. *Sci*, 5(1), 1.
- Kurnia, M. I., Mulki, G. Z., & Firdaus, H. (2019). Pemetaan rawan banjir di Kecamatan Pontianak Selatan dan Pontianak Tenggara berbasis sistem informasi geografis (SIG). *PWK Untan*, 0(2), 1–7.
- Li, D., Hou, J., Xia, J., Tong, Y., Yang, D., Zhang, D., & Gao, X. (2020). An efficient method for approximately simulating drainage capability for urban flood. *Frontiers in Earth Science*, 8, 159.
- Li, Q., Zhou, Z., Dong, J., Wang, Y., Yu, M., Chen, Q., Du, Y., & He, P. (2022). Comparison of runoff control performance by five permeable pavement systems in Zhenjiang, Yangtze River delta of China. *Journal of Hydrologic Engineering*, 27(10), 5022011.
- Mu, D., Luo, P., Lyu, J., Zhou, M., Huo, A., Duan, W., Nover, D., He, B., & Zhao, X. (2021). Impact of temporal rainfall patterns on flash floods in Hue City, Vietnam. *Journal of Flood Risk Management*, 14(1), e12668.
- Nurhidayati, E., Buchori, I., Mussadun, & Fariz, T. R. (2017). Cellular automata modelling in predicting the development of settlement areas, a case study in the Eastern District of Pontianak waterfront city. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 79(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/79/1/012010>
- Nurhidayati, E. (2022). Konsep blue-green infrastructure (BGI) melalui permeable pavements pedestrian dan kolam retensi untuk mitigasi genangan banjir di Kota Pontianak. *Jurnal Planologi*, 19(1), 92–110.
- Nurhidayati, Ely, & Fariz, T. R. (2021). Korelasi karakteristik fisik rumah dan tingkat kerentanan sosio-ekonomi di tepian Sungai Kapuas Pontianak. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 9, 1.
- Pamuttu, D. L., Lasminto, U., Pasalli, D. A., Rada, Y. H. M., & Doloksaribu, A. (2018). The selection of rain distribution analysis method in (Bengawan Solo Watershed) downstream sub-watershed. *International Conference on Science and Technology (ICST 2018)*, 416–420.
- Permadi, A. S. (2014). *Penataan guna lahan daerah aliran sungai Kapuas Kota Pontianak*.
- Purnomo, S., Mulki, G. Z., & Firdaus, H. (2018). Pemetaan rawan banjir di Kecamatan Pontianak Barat dan Pontianak kota berbasis sistem informasi geografis (SIG). *UNIPLAN: Journal of Urban and Regional Planning*, 1–7.
- Rowe, A. (2012). Green Infrastructure Practices : An introduction to permeable pavement. in *Rutgers New Jersey Agricultural Experiment Station*.
- Sampurno, J., Ardianto, R., & Hanert, E. (2023). Integrated machine learning and GIS-based bathtub models to assess the future flood risk in the Kapuas River Delta, Indonesia. *Journal of Hydroinformatics*, 25(1), 113–125.
- Setiyono, S., & Sidiq, A. (2018). Konsep infrastruktur hijau pada area khatulistiwa park Kota Pontianak. *JU-Ke (Jurnal Ketahanan Pangan)*, 2(2), 159–164.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi terapan*. beta offset Yogyakarta.
- Umar, U., Gunarto, D., Herawati, H., & Yulianto, E. (2022). Flood model simulation of Purnama Street Area due to increase of water levels of the Kapuas River and the intensity and duration of rain. *Jurnal Teknik Sipil*, 22(2), 155–163.
- Wang, X., Kinsland, G., Poudel, D., & Fenech, A. (2019). Urban flood prediction under heavy precipitation. *Journal of Hydrology*, 577, 123984.

52 Efektivitas Penerapan Infrastruktur Hijau Dalam Mengurangi Genangan Air Pada Jalur Pedestrian...

- Widyaputra, P. K. (2020). *Penerapan infrastruktur hijau di berbagai negara*. WIDINA BHAKTI PERSADA BANDUNG.
- Yahya, F. T., & Musliadi, R. A. (2022). *Sejumlah ruas jalan di Kota Pontianak terendam air akibat banjir rob*. <https://pontianak.tribunnews.com/2022/12/23/sejumlah-ruas-jalan-di-kota-pontianak-terendam-air-akibat-banjir-rob>
- Zhu, H., Yu, M., Zhu, J., Lu, H., & Cao, R. (2019). Simulation study on effect of permeable pavement on reducing flood risk of urban runoff. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 8(4), 373–382.