

# Potensi Penerapan Infrastruktur Hijau Permukaan Berpori (*Permeable Pavement*) dalam Mengurangi Genangan dan Banjir di Kecamatan Panakukkang

Asyer Riansa<sup>1)\*</sup>, M. Yamin Jinca<sup>2)</sup>, Venny Veronica Natalia<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Email: asyerri2507@gmail.com

<sup>2)</sup>Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Email: : yamin\_jinca@unhas.ac.id

<sup>3)</sup>Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Email: veronicanatalia@unhas.ac.id

## ABSTRACT

*Makassar City, which is the largest city in Eastern Indonesia, still often faces inundation and flooding. In some areas in Makassar City, inundation often occurs, one of which is in Panakukkang District. So it is necessary to pay attention to infrastructure that is environmentally friendly and does not interfere with the natural cycle of the environment. The purpose of this study is to identify the level of flood susceptibility, calculate the volume of surface runoff and the influence of the physical spatial aspects of the area, and identify the potential for the application of permeable pavement based on the physical and spatial aspects of the area. This research was conducted from February to May 2022 (3 months). This study uses data types in the form of rainfall, land elevation, land use, slope, soil type, road network, land use, and utilities. The analytical methods used are scoring, overlay, and hydrological analysis. The results obtained for most of the research area are in flood-prone areas of 816 hectares. The volume of runoff water is 13 m<sup>3</sup>/second/km<sup>2</sup>. Permeable pavement can be applied to a number of roads with an area of 0.86 km<sup>2</sup> and is capable of absorbing a runoff volume of 2,526 m<sup>3</sup>/hour/km<sup>2</sup>.*

**Keywords:** Green Infrastructure, Permeable Pavement, Inundation, Flood

## ABSTRAK

Kota Makassar merupakan kota terbesar di Kawasan Indonesia Timur yang masih sering menghadapi genangan dan banjir. Pada beberapa wilayah di Kota Makassar masih sering terjadi genangan, salah satunya di Kecamatan Panakukkang. Sehingga hal ini perlu diperhatikan terkait infrastruktur yang ramah lingkungan dan tidak mengganggu siklus alami lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi tingkat kerawanan banjir, menghitung besar volume limpasan permukaan dan pengaruh aspek fisik spasial wilayah, serta mengidentifikasi potensi penerapan *permeable pavement* berdasarkan aspek fisik dan spasial wilayah. Penelitian ini dilakukan sejak Bulan Februari hingga Mei 2022 (3 bulan). Penelitian ini menggunakan jenis data berupa curah hujan, ketinggian lahan, penggunaan lahan, kemiringan lereng, jenis tanah, jaringan jalan, penggunaan lahan, dan utilitas. Metode analisis yang digunakan yaitu analisis skoring, *overlay*, dan analisis hidrologi. Hasil yang didapatkan untuk Sebagian besar wilayah penelitian berada pada daerah rawan banjir seluas 816 hektar. Besaran volume air limpasan sebesar 13 m<sup>3</sup>/detik/km<sup>2</sup>. *Permeable pavement* dapat diterapkan pada sejumlah ruas jalan seluas 0,86 km<sup>2</sup> dan mampu menyerap volume limpasan sebanyak 2.526 m<sup>3</sup>/jam/km<sup>2</sup>.

**Kata Kunci:** Infrastruktur Hijau, Permukaan Berpori, Genangan, Banjir

## PENDAHULUAN

Genangan dan banjir merupakan fenomena yang sering terjadi pada kota-kota besar dan menjadi salah satu permasalahan utama yang dihadapi setiap tahun, khususnya pada musim hujan. Genangan dan banjir timbul akibat air permukaan atau air hujan yang meluap dan volumenya melebihi kapasitas dari drainase tersebut. Penyebab terjadinya genangan dan banjir yaitu curah hujan yang tinggi, peningkatan lapisan yang kedap air, kapasitas

saluran drainase yang tidak memadai, dan desain *inlet* yang tidak memadai (Suharyanto, 2006).

Drainase berperan penting dalam mengalirkan semua air yang berada pada permukaan, agar dapat segera dialirkan guna mencegah terjadinya genangan. Selain drainase, daerah resapan air berperan penting dalam mengatasi limpasan air permukaan dengan cara menyerap air ke dalam tanah. Namun seiring dalam berjalannya waktu, peran daerah resapan air menjadi berkurang akibat

\*Corresponding author. Tel: +62-813-4266-0999  
Jalan Poros Malino km. 6 Bontomarannu, Gowa  
Sulawesi Selatan, Indonesia, 92711

terjadinya alih fungsi lahan menjadi permukiman atau perumahan.

Untuk mengatasi terjadinya genangan dan banjir, maka diperlukan untuk memperhatikan pemanfaatan sumber daya alam dengan tidak merusak siklus alami lingkungan tersebut. Hal ini dapat berguna bukan hanya bagi generasi sekarang, tetapi bagi generasi berikutnya. Infrastruktur hijau atau *green infrastructure* dapat menjadi alternatif dalam perencanaan tata ruang masa kini.

Benedict & McMahon (2006), menjelaskan bahwa jaringan infrastruktur hijau adalah sistem kawasan alami dan ruang terbuka yang saling terkait dan menjaga nilai ekosistem, menjaga kondisi udara dan air, serta memberikan manfaat bagi penduduk dan makhluk hidup lainnya. Secara umum, konsep infrastruktur hijau adalah menciptakan lingkungan hidup melalui proses alami yang terjaga. Konsep ini, meliputi manajemen air hujan, manajemen kualitas air, hingga pada mitigasi banjir.

Kecamatan Panakkukang yang merupakan salah satu kecamatan yang terdampak banjir (BPBD, 2021) dan dalam dokumen RTRW Kota Makassar, Kecamatan Panakkukang diperuntukkan sebagai kawasan permukiman yang menyebabkan kurangnya daerah resapan air seiring dengan kebutuhan lahan untuk permukiman. Wilayah yang didominasi oleh kawasan terbangun berupa permukiman seluas 9.03 km<sup>2</sup> ini menyebabkan infiltrasi menjadi berkurang, sehingga berpotensi menimbulkan genangan bahkan banjir jika tidak ditangani lebih lanjut.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA) merekomendasikan salah satu jenis *green infrastructure* yaitu *permeable pavement*. Infrastruktur ini mampu menyerap, menyaring, dan mengurangi air hujan. Konsep ini dilakukan dengan cara mengalirkan air hujan melalui rongga pada strukturnya ke dasar tanah.

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya, adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kerawanan banjir di Kecamatan Panakkukang, menghitung besar volume limpasan air hujan dan pengaruh aspek fisik dan spasial, serta mengidentifikasi potensi dan

penerapan *permeable pavement* berdasarkan aspek fisik dan spasial.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Green Infrastructure

Widyaputra (2022), menjelaskan bahwa infrastruktur hijau (*green infrastructure*) adalah konsep atau pendekatan dalam menjaga lingkungan yang berkelanjutan melalui sebuah penataan ruang terbuka hijau serta menjaga proses alami yang terjadi di alam seperti siklus air hujan, kondisi tanah, limpasan permukaan, dan lainnya.

### Manfaat Green Infrastructure

Menurut EPA (*Environmental Protection Agency*) 2017, *green infrastructure* sering dikaitkan dengan manajemen pengolahan limpasan air hujan. Akan tetapi konsep ini memiliki manfaat lain berupa meningkatkan kualitas air dan hujan, serta menyediakan habitat bagi flora dan fauna. Selain itu, infrastruktur hijau juga memberikan implikasi positif terhadap aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan.

Untuk aspek ekonomi yaitu menurunkan suhu panas pada perkotaan dengan memanfaatkan fungsi tumbuhan hijau. Hal tersebut akan menekan biaya penggunaan pendingin ruangan dan juga dapat meningkatkan ekonomi masyarakat dengan menggunakan konsep *urban farming*.

Pada aspek sosial, kehadiran ruang terbuka hijau mendorong aktifitas fisik dan sosial diluar ruangan kepada masyarakat perkotaan. Selain itu, ruang terbuka hijau dapat menjadi ruang rekreasi bagi masyarakat perkotaan yang ingin menikmati pemandangan hijau tanpa harus meninggalkan kota dan juga menjadi habitat bagi satwa.

Pada aspek lingkungan, pemanfaatan vegetasi pada wilayah perkotaan memberikan banyak dampak lingkungan. Dampak lingkungan tersebut berupa meningkatnya kualitas air dan udara, mengatasi krisis air bersih, mitigasi banjir, mengurangi pemanasan global dan lainnya.

### Jenis dan Fungsi Green Infrastructure

*Green Infrastructure Ontario Coalition* menjelaskan bahwa infrastruktur hijau terbagi menjadi 17 jenis. Dimana setiap jenis infrastruktur tersebut dapat

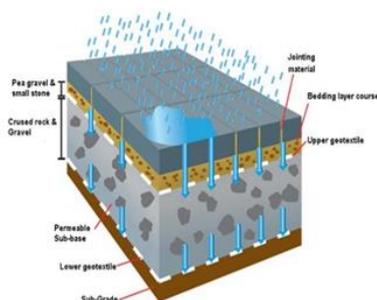
dimanfaatkan pada beberapa macam zona seperti perumahan, jalan atau pedestrian, ruang terbuka, komersial, pinggir kota, kawasan pembangunan baru, agrikultur, dan lainnya. Selain itu 17 jenis infrastruktur tersebut memiliki fungsi tiap jenisnya, seperti menyaring dan menyerap polutan dalam air, menyimpan air hujan, mengurangi efek *urban heat island*, menambah keindahan, dan lainnya.

### Indikator *Green Infrastructure*

Ely dan Pitman (2014) menjelaskan tentang indikator dasar dari *green infrastructure* disebut sebagai *triple bottom line* berupa lingkungan, sosial, dan ekonomi. Kemudian Pakzad dan Oswald (2015) menambahkan indikator sosial dan budaya dalam ketiga aspek tersebut. Pada indikator sosial dan budaya memiliki peran penting dan manfaat dalam peningkatan kesehatan dan kesejahteraan masyarakat.

### Permukaan Berpori (*Permeable Pavement*)

Menurut Lewis dan Lewis (2018), *permeable pavement* atau perkerasan berpori adalah permukaan jalanan yang memungkinkan terjadinya proses infiltrasi atau menyimpan air hujan yang jatuh di atasnya. Permukaan jalanan tersebut dibentuk dari material yang dapat memungkinkan air dapat bergerak melalui material tersebut menuju tanah.



**Gambar 1.** Struktur *Permeable Pavement*  
Sumber : Tota - Maharaj

*Permeable pavement* terdiri menjadi 3 jenis, meliputi *permeable asphalt*, *permeable concrete*, dan *permeable pavers*. Pemanfaatan *permeable pavement* dapat diterapkan pada beberapa zona di perkotaan. Zona tersebut berupa perumahan, ruang terbuka, taman, atau area parkir, pinggir kota, institusi atau komersial, dan pengembangan kawasan baru.

### Penyebab Banjir

Kodoatie dan Sugiyanto (2002) menyebutkan bahwa faktor penyebab terjadinya banjir secara umum disebabkan oleh dua faktor, yaitu faktor alam dan manusia.

Faktor alam berpengaruh pada air pasang, curah hujan, pengaruh geografi fisik, erosi dan sedimentasi, kapasitas sungai, serta kapasitas drainase.

Faktor manusia berupa Kawasan kumuh dan sampah, kerusakan bangunan pengendali banjir, kerusakan hutan, drainase perkotaan, penurunan fungsi daerah aliran sungai, dan perencanaan sistem pengendalian banjir yang tidak tepat.

### Mitigasi Banjir Perkotaan

Berdasarkan Peraturan Menteri Perumahan Rakyat No. 10 Tahun 2014 tentang Pedoman Mitigasi Bencana Alam Bidang Perumahan dan Kawasan Permukiman menjelaskan bahwa tahap awal dalam mitigasi banjir ialah dengan mengidentifikasi wilayah rawan banjir melalui pemetaan atau pemanfaatan sistem informasi geografis (SIG). Identifikasi yang dimaksud ialah pencegahan dan pengurangan resiko kerusakan dari banjir.

### Genangan

Genangan menurut Sobirin (2007) dalam Kusumadewi, dkk (2012) adalah peristiwa dimana kawasan dipenuhi air karena tidak adanya drainase yang memutus air keluar dari kawasan tersebut.

### Perubahan Penggunaan Lahan

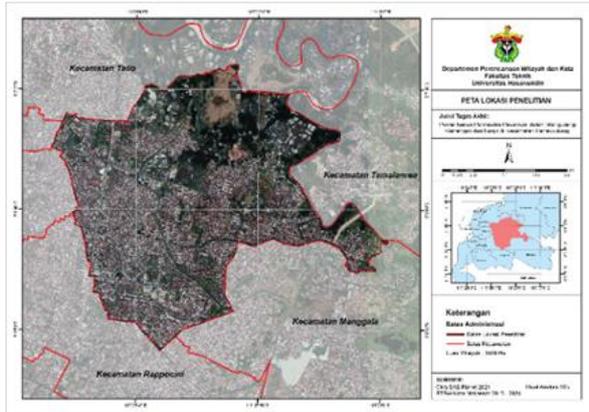
Perubahan penggunaan lahan merupakan salah satu faktor terjadinya genangan dan banjir. Sari (2010) menjelaskan bahwa karakteristik suatu kawasan seperti topografi, penggunaan lahan, dan jenis tanah berpengaruh terhadap jumlah air yang meresap ke dalam tanah dan jumlah air yang menjadi limpasan permukaan.

### Drainase

Drainase menurut Suripin (2004) adalah serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal.

**METODE PENELITIAN**

Penelitian ini berlokasi di Kecamatan Panakkukang, Kota Makassar. Jenis peneltian ialah penelitian kuantitatif dan kualitatif deskriptif Penelitian ini dilakukan sejak Bulan Februari 2022 hingga Mei 2022. Pemilihan lokasi ini didasarkan bahwa Kecamatan Panakkukang merupakan salah satu dari lima kecamatan yang rawan banjir (BPBD, 2021). Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



**Gambar 2.** Peta lokasi penelitian

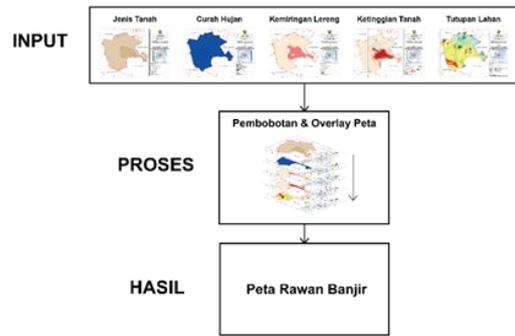
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Penentuan Daerah Rawan Banjir**

Proses penentuan daerah rawan banjir dilakukan dengan menggunakan metode *overlay* dan pemberian bobot berdasarkan pada tiap parameter yang digunakan. Parameter tersebut adalah curah hujan, ketinggian lahan, jenis tanah, kemiringan lereng, dan penggunaan lahan.

Hasil yang didapatkan berupa sebuah peta yang berisikan informasi daerah rawan banjir di Kecamatan Panakkukang. Penentuan daerah rawan banjir dilakukan dengan cara menentukan interval guna mendapatkan klasifikasi tingkat kerawanan banjir.

Adapun skema pembuatan peta daerah rawan banjir dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



**Gambar 3.** Alur penentuan daerah rawan banjir

Berdasarkan analisis *overlay*, maka nilai tertinggi yang didapatkan yaitu 8.3 dan nilai terendah yang didapatkan yaitu 6.1. Nilai tersebut akan digunakan dalam proses penentuan interval dimana rumus penentuan nilai interval dalam klasifikasi daerah rawan banjir, sebagai berikut:

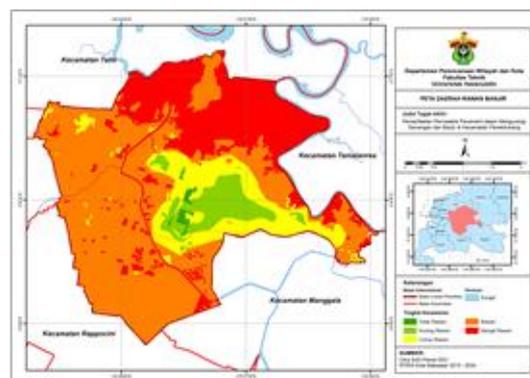
$$\begin{aligned}
 K_i &= \frac{8.3-6.1}{5} \\
 &= \frac{2.2}{5} \\
 &= 0.44
 \end{aligned}$$

Nilai interval yaitu 0.44 kemudian digunakan dalam penentuan tingkat klasifikasi daerah rawan banjir. Sehingga klasifikasi daerah rawan banjir di Kecamatan Panakkukang, antara lain: sangat rawan (8.3 – 7.86); rawan (7.86 – 7.42); cukup rawan (7.42 – 6.98); kurang rawan (6.98 – 6.54); dan tidak rawan (6.54 – 6.1).

Berdasarkan hasil klasifikasi diatas, maka Kecamatan Panakkukang didominasi oleh daerah rawan banjir dengan luas sebesar 815 hektar atau 52% dari luas Kecamatan Panakkukang. Pada wilayah tersebut tutupan lahan didominasi oleh permukiman dengan luas 656 hektar, sehingga parameter jenis tanah tidak mampu dalam menyerap air. Hal ini disebabkan karena sebagian besar wilayah ini telah terbangun. Kemudian daerah sangat rawan banjir memiliki luas 430 hektar atau 27% dari luas Kecamatan Panakkukang. Tutupan lahan pada wilayah ini berupa tambak yang mendominasi dengan luas 196 hektar.

Pada daerah cukup rawan hingga tidak rawan banjir, walaupun memiliki tutupan yang sebagian besar sama yaitu permukiman namun faktor

ketinggian lahan menjadi parameter yang penting dalam penentuan daerah rawan banjir. Hal ini disebabkan karena berada pada ketinggian 20-30 m dibandingkan dengan daerah rawan yang berada pada ketinggian 0-10 m. Adapun klasifikasi daerah rawan banjir Kecamatan Panakkukang dapat dilihat pada Gambar 4 dan Tabel 1 dan 2 berikut ini.



**Gambar 4.** Peta daerah rawan banjir Kecamatan Panakkukang

**Tabel 1.** Luas daerah rawan banjir per kelurahan

Kelurahan	Sangat Rawan	Rawan	Cukup Rawan	Kurang Rawan	Tidak Rawan
Karampuang	10.28	45.6	33.52	27.73	9.35
Karuwisi Utara	0.18	24.41	-	-	-
Karuwisi	1.8	58.34	6.11	-	-
Masale	8.25	142.43	0.33	-	-
Pampang	223.12	105.86	4.75	0.15	-
Panaikkang	136.08	73.19	73.28	23.41	0.77
Pandang	5.31	88.39	9.58	1.19	-
Paropo	13.04	70.92	18.06	25.87	-
Sinrijala	1.68	43.55	0.12	-	-
Tamamaung	4.44	115.34	1.16	-	-
Tello Baru	25.83	48.04	62.1	25.93	-
<b>Total</b>	<b>430.01</b>	<b>816.07</b>	<b>208.01</b>	<b>104.28</b>	<b>10.12</b>

**Tabel 2.** Hasil analisis luas daerah rawan banjir

Klasifikasi	Luas (Ha)	Persentase (%)
Sangat Rawan	430.01	27.42
Rawan	816.07	52.03
Cukup Rawan	208.01	13.26
Kurang Rawan	104.27	6.65
Tidak Rawan	10.11	0.64
<b>Total</b>	<b>1568</b>	<b>100</b>

### Besar volume limpasan permukaan

Perhitungan besaran debit limpasan permukaan dilakukan dengan menggunakan analisis hidrologi. Proses yang dilakukan terlebih dahulu dengan mencari nilai frekuensi hujan kemudian koefisien permukaan dan intensitas hujan.

Pada wilayah penelitian hanya tercakup pada satu stasiun pengamatan yaitu Stasiun Maritim Paotere. Untuk langkah yang dilakukan selanjutnya ialah perhitungan metode distribusi untuk digunakan dalam analisis frekuensi terhadap curah hujan.

Perhitungan dilakukan menggunakan data curah hujan maksimum selama 10 tahun terakhir yaitu tahun 2010-2021. Adapun nilai curah hujan maksimum di Kecamatan Panakkukang dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

**Tabel 3.** Data curah hujan maksimum (Stasiun Maritim Paotere)

Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)
2011	856.1
2012	634.7
2013	979.6
2014	832.6
2015	960
2016	725
2017	735
2018	787
2019	642
2020	924
<b>Jumlah</b>	<b>8076</b>

Sumber : BPS, Kota Makassar dalam Angka

Data curah hujan pada Tabel 3 digunakan dalam perhitungan statistik guna menentukan metode mana yang dapat digunakan dalam perhitungan selanjutnya. Adapun perhitungan statistik dengan menggunakan data curah hujan diatas dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

**Tabel 4.** Parameter Uji Distribusi Statistik

Tahun	$X_i$	$\bar{X}$	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	Tahun
2011	856.1	807.6	48.5	2352.25	114084.1	2011
2012	634.7	807.6	-172.9	29894.41	-516874	2012
2013	979.6	807.6	172	29584	5088448	2013
2014	832.6	807.6	25	625	15625	2014
2015	960	807.6	152.4	23225.76	3539606	2015
2016	725	807.6	-82.6	6822.76	-563560	2016
2017	735	807.6	-72.6	5270.76	-382657	2017
2018	787	807.6	-20.6	424.36	-8741.82	2018
2019	642	807.6	-165.6	27423.36	-4541308	2019
2022	924	807.6	116.4	13548.96	1577099	2022
<b>Jumlah</b>	<b>8076</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>139171.6</b>	<b>-330149</b>	<b>8076</b>

Berdasarkan Tabel 4, maka nilai tersebut dapat dipakai dalam perhitungan persamaan untuk menentukan metode distribusi, sebagai berikut:

Data Reta

$$\bar{X} = \frac{8076}{10} = 807.6$$

Sandar Deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{139171.6}{9}} = 124.35$$

Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{124.35}{807.6} = 0.153$$

Koefisiensi Skewness (Cs)

$$Cs = \frac{10(-330149)}{(9)(8)124.35^3}$$

$$= -0.023$$

Koefisiensi Curtosis (Ck)

$$Ck = \frac{10^2(139171.6)}{(9)(8)(7)124.35^4} = 0.000115488$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka metode frekuensi curah hujan yang dapat dilakukan selanjutnya ialah dengan metode Log Pearson III.

### Metode Log Pearson III

Metode Log Pearson III dilakukan dengan menggunakan perhitungan logaritma. Nilai yang telah ada pada Tabel 3 diubah ke dalam bentuk logaritma (Diaspuri, 2021). Sehingga hasil perhtungan dengan metode Log Pearson III dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

**Tabel 5.** Hasil distribusi Frekuensi Log Pearson III

Tahun	$\text{Log } X_i$	$\text{Log } \bar{X}$	$\text{Log } X_i - \bar{X}$	$(\text{Log } X_i - \bar{X})^2$	$(\text{Log } X_i - \bar{X})^3$	$\text{Log } X_i$
2011	856.1	2.932	0.030	0.00090	0.00002	856.1
2012	634.7	2.802	-0.09	0.00997	-0.00099	634.7
2013	979.6	2.991	0.088	0.00784	0.00069	979.6
2014	832.6	2.920	0.017	0.00032	0.00000	832.6
2015	960	2.982	0.079	0.00636	0.00050	960
2016	725	2.860	-0.042	0.00177	0.00007	725
2017	735	2.866	-0.036	0.00130	0.00004	735
2018	787	2.895	-0.006	0.00004	0.00000	787
2019	642	2.807	-0.094	0.00901	-0.00085	642
2022	924	2.965	0.063	0.00399	0.00025	924
<b>Jumlah</b>	<b>8076</b>	<b>29.02</b>	<b>26.12</b>	<b>0.0415</b>	<b>-0.0004</b>	<b>8076</b>

Nilai Rata-Rata Log  $\bar{X}$

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum \log X_i}{n} = \frac{29.02}{10} = 2.90$$

Harga Simpang Baku (s)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.041555}{9}}$$

$$= 0.067$$

Koefisien Kemencengan (G)

$$G = \left( \frac{n \sum (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \right) = \left( \frac{10 \times -0.00048}{(10-1)(10-2)0.068^3} \right) = -0.2146$$

Perhitungan Frekuensi Curah Hujan Log Pearson III

$$\text{Log } X_T = \log \bar{X} + K.s$$

Nilai yang telah dihitung akan digunakan kembali dalam perhitungan frekuensi curah hujan Log Pearson III. Kemudian nilai K dapat dicari dengan mencari interpolasi linear berdasarkan nilai Koefisien kemencengan (G) dengan melihat harga K untuk distribusi Log Pearson III (Limantara, 2010). Nilai perhitungan Log Pearson III dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini.

**Tabel 6.** Hasil Curah Hujan Metode Log Pearson III

Periode Ulang (T)	Log $\bar{X}$	G	K	s	Log $X_T$	$X_T$
2	2.90	-0.214	0.035	0.067	2.902345	799
5	2.90	-0.214	0.850	0.067	2.95695	906
10	2.90	-0.214	1.256	0.067	2.984152	964
25	2.90	-0.214	1.674	0.067	3.012158	1028
50	2.90	-0.214	1.930	0.067	3.02931	1070

**Koefisien Permukaan (C)**

Nilai Koefisien Permukaan (C) bergantung pada jenis tutupan lahan suatu wilayah. Dalam proses terjadinya genangan dan banjir dimana semakin besar nilai koefisien maka jumlah debit air akan semakin tinggi juga. Nilai C sendiri menunjukkan besaran atau persentase air yang akan menjadi limpasan permukaan dibandingkan dengan besaran air yang meresap ke dalam tanah, misalnya tutupan lahan berupa bangunan rumah, jalan, permukaan yang terbangun memiliki nilai koefisien permukaan 0.70 yang berarti 70% dari total air hujan yang jatuh akan menjadi aliran pada permukaan ini. Koefisien aliran permukaan pada Kecamatan Panakkukang dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini.

**Tabel 7.** Koefisien Permukaan Berdasarkan Tutupan Lahan Kecamatan Panakkukang

Jenis Tutupan Lahan	Luas (km <sup>2</sup> )	Koefisien Permukaan (C)	Total
Rawa	0.10	0.3	0.03
Bakau	1.41	0.3	0.424
Tambak	1.97	0.3	0.591
Lahan Kosong	0.38	0.3	0.113
Sungai	0.53	0.3	0.158
Kolam	0.01	0.3	0.004
Permukiman	9.04	0.7	6.327
Pendidikan	0.14	0.7	0.095
Makam	0.14	0.7	0.098
Taman	0.31	0.3	0.092
Industri	0.11	0.7	0.075
Komersil	0.64	0.7	0.450
Kebun Campuran	0.48	0.3	0.145
Lapangan	0.12	0.3	0.036
Semak	0.29	0.3	0.086
Sawah	0.02	0.3	0.006
<b>Total</b>	<b>15.68</b>	<b>-</b>	<b>8.72</b>

Total nilai koefisien permukaan di Kecamatan Panakkukang dihitung dengan menggunakan rumus total nilai koefisien permukaan dikali luas tutupan lahan dibagi dengan total luas wilayah, dengan persamaan sebagai berikut:

$$C = \frac{C1A1+C2A2+\dots+CnAn}{A1+A2+\dots+An}$$

$$C = \frac{8.72}{15.5563}$$

$$C = 0.56$$

Nilai yang didapatkan tersebut akan digunakan dalam perhitungan besaran volume air limpasan pada perhitungan berikutnya. Selain itu, nilai koefisien permukaan diatas dapat diartikan bahwa sebesar 56% air hujan yang jatuh di Kecamatan Panakkukang akan menjadi air limpasan permukaan atau tidak terserap di wilayah ini. Penggunaan lahan yang didominasi oleh permukiman dimana luasnya mencapai 9.03 km<sup>2</sup> dan tutupan lahan yang kedap air menyebabkan besarnya total nilai koefisien permukaan di wilayah ini.

**Inensitas Curah Hujan**

Perhitungan nilai intensitas curah hujan dilakukan dengan metode Mononobe. Metode ini dilakukan jika data curah hujan jangka pendek tidak tersedia, melainkan hanya data curah hujan harian tersedia. Perhitungan ini menggunakan data curah hujan rencana dalam suatu periode ulang, dimana nilainya telah didapatkan pada tahap analisis frekuensi sebelumnya (Purba, dkk. 2021). Adapun waktu konsentrasi wilayah Indonesia ialah 6 jam (Ali & Jurmadin, 2019). Berikut contoh perhitungan dengan metode Mononobe dengan periode ulang (T) 2 tahun sebagai berikut:

$$I = \frac{799}{24} \left( \frac{24}{6} \right)^{2/3}$$

$$= 83.85 \text{ mm/jam}$$

Berikut hasil perhitungan intensitas curah hujan dengan tiap periode ulang dapat dilihat pada Tabel 8 berikut ini.

**Tabel 8.** Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Periode Ulang (T)	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)
2	799	83.85
5	906	95.09
10	964	101.23
25	1028	107.97
50	1070	112.32

### Debit Limpasan Permukaan

Perhitungan debit banjir atau limpasan dilakukan dengan menggunakan metode rasional. Metode tersebut menggunakan nilai koefisien permukaan dan juga nilai intensitas curah hujan dimana kedua nilai tersebut telah didapatkan pada perhitungan sebelumnya. Adapun perhitungan debit limpasan permukaan dengan metode rasional, antara lain:

$$Q_p = 0.278 \times 0.56 \times 83.85 \times 15.68 \\ = 204 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Berdasarkan hasil diatas, maka besaran volume air limpasan yang dapat terjadi yaitu sebesar 204 m<sup>3</sup>/detik untuk wilayah seluas 15.68 km<sup>2</sup> atau 13 m<sup>3</sup>/detik/km<sup>2</sup>. Limpasan permukaan (*runoff*) dapat terjadi jika tanah tidak mampu lagi menyerap air atau apabila air hujan jatuh di permukaan bersifat *impermeable* atau kedap air seperti beton, aspal, keramik dan lain-lain (Wirasembada, dkk. 2017).

### Dampak Terhadap Aspek Fisik dan Spasial

Limpasan permukaan dapat terjadi ketika tanah sudah tidak dapat menyerap air lagi atau ketika kapasitas drainase sudah tidak dapat menampung volume aliran air yang ada. Morfologi wilayah berpengaruh dalam terciptanya genangan dan banjir, selain disebabkan oleh faktor alam berupa curah hujan yang tinggi. Karakteristik fisik berupa kemiringan lereng, ketinggian lahan, dan

penggunaan lahan pada tiap kawasan merupakan parameter penting dalam hal tersebut.

Sifat air yang akan selalu mengalir dari tempat tinggi menuju tempat rendah, menyebabkan perbedaan ketinggian lahan dan juga kemiringan lereng berperan dalam peluang terjadinya banjir. Aliran air yang ada pada wilayah tinggi akan mengalir ke wilayah yang lebih rendah dengan bantuan kemiringan lereng, sehingga menyebabkan wilayah tersebut akan tergenang oleh air. Ketinggian lahan pada Kecamatan Panakkukang memiliki nilai yang bervariasi dengan rentang 0-30 meter dan tersebar pada tiap kelurahan. Kemiringan lereng pada Kecamatan Panakkukang sendiri memiliki nilai sebesar 0-5% dan tersebar juga pada tiap kelurahan.

Dapat dilihat pada Tabel 2 sebelumnya, bahwa terdapat empat kelurahan yang memiliki luas daerah yang kurang rawan cukup besar dibandingkan dengan kelurahan lainnya. Hal disebabkan salah satunya karena perbedaan ketinggian lahan dan kemiringan lereng antar kelurahan. Hal tersebut menunjukkan bahwa sebagian wilayah berada pada daerah yang tinggi, sehingga menyebabkan air limpasan akan mengalir pada kawasan tinggi menuju wilayah yang lebih rendah lagi. Ketinggian lahan dan kemiringan lereng dapat dilihat pada Tabel 9 berikut ini.

**Tabel 9.** Ketinggian Lahan dan Kemiringan Lereng per Kelurahan di Kecamatan Panakkukang

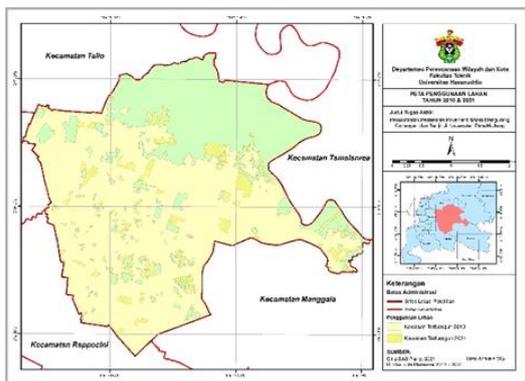
No	Kelurahan	Ketinggian Lahan (m)					Kemiringan Lereng (%)	
		0-2	2-5	5-10	10-20	20-30	0-2	2-5
1	Karampuang	39.7	39.8	-	21	26	60.2	66.4
2	Karuwisi	24.6	-	-	-	-	24.7	-
3	Karuwisi Utara	66.2	-	-	-	-	66.2	-
4	Masale	151	-	-	-	-	151	-
5	Pampang	332.8	-	-	-	-	332.7	-
6	Pandang	94.2	9.3	-	-	-	95.3	8.2
7	Panaikkang	218	34.2	-	36	17.8	209.1	97.2
8	Paropo	53.6	35.3	2.9	7.8	28.4	86.3	41.6
9	Sinrijala	45.4	-	-	-	-	45.4	-
10	Tamamaung	121	-	-	-	-	121	-
11	Tello Baru	61.4	40	-	37.6	23.2	77.8	84.4
<b>Total</b>		<b>1208</b>	<b>159</b>	<b>2.9</b>	<b>102</b>	<b>95</b>	<b>1270</b>	<b>298</b>

Faktor selanjutnya yaitu jenis tanah, namun hal tersebut tidak terlalu berpengaruh karena sebagian besar wilayah pada kecamatan ini telah terbangun oleh berbagai macam bangunan dengan fungsi yang berbeda. Faktor ini akan berkaitan dengan tutupan lahan, dimana telah terbangun suatu kawasan menyebabkan tertutupnya tanah oleh permukaan

yang kedap air, sehingga tanah tidak dapat menyerap air yang jatuh diatasnya.

Peningkatan kawasan non terbangun menjadi terbangun akan menyebabkan perubahan nilai koefisien limpasan yang akan berpengaruh dalam peningkatan debit limpasan permukaan.

Perkembangan kawasan terbangun dan non terbangun di Kecamatan Panakkukang mengalami perubahan pada tahun 2010 dan 2021. Pada tahun 2010 luas kawasan terbangun dan non terbangun sebesar 987 hektar dan 581 hektar, sedangkan pada tahun 2021 luas kawasan terbangun dan non terbangun sebesar 1083 hektar dan 485 hektar. Hal tersebut menunjukkan terjadinya peningkatan kawasan terbangun sebesar 96 hektar atau 6% dalam rentang tahun tersebut. Adapun peta perbandingan kawasan terbangun dan non terbangun di Kecamatan Panakkukang dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



**Gambar 5.** Peta perbandingan penggunaan lahan Kecamatan Panakkukang tahun 2010 & 2021

### Potensi dan Penerapan *Permeable Pavement*

Penentuan potensi dan penerapan *permeable pavement* didapatkan dari hasil identifikasi karakteristik fisik dan spasial Kecamatan Panakkukang berdasarkan pedoman yang berlaku. Beberapa parameter divisualisasikan kedalam bentuk peta guna menentukan penerapan yang berpotensi di wilayah penelitian.

Pedoman yang digunakan berdasarkan pada pedoman dari *Department of Energy & Environment Coloumbia, 2010*. Adapun kriteria penerapannya dapat dilihat pada Tabel 10 berikut ini.

**Tabel 10.** Kriteria Penerapan *Permeable Pavement*

No	Aspek	Keterangan
1	Kebutuhan Lahan	<i>Permeabel pavement</i> tidak memerlukan ruang yang luas atau tambahan pada lokasi yang akan diterapkan atau pada pengembangan kawasan baru.
2	Jenis Tanah	Jenis tanah pada umumnya tidak membatasi penggunaan <i>permeabel pavement</i> dimana pada kasus tertentu jenis tanah menjadi pertimbangan menentukan apakah <i>underdrain</i> diperlukan apabila jenis

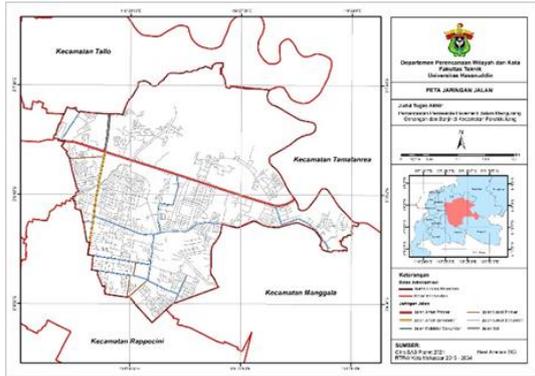
No	Aspek	Keterangan
		tanah tersebut memiliki infiltrasi rendah
3	Kemiringan Lereng	Kemiringan lereng permukaan yang curam dapat mengurangi kemampuan penyerapan air hujan. Kemiringan lereng harus kurang dari 5%.
4	Utilitas	Perlunya menghindari wilayah apabila terdapat jaringan utilitas dibawah tanah, seperti jaringan air, minyak, gas, kabel (fiber optik) karena dapat menanggung fungsi dari utilitas tersebut
5	Jaringan Jalan	<i>Permeabel pavement</i> tidak boleh digunakan untuk jalan berkecepatan tinggi dengan beban kendaraan yang berat.

Sumber : *Department of Energy & Environment District of Coloumbia, 2020*

### Jaringan Jalan

Kecamatan Panakkukang terdiri atas beberapa jaringan jalan dengan fungsi berbeda satu sama lain yaitu jalan arteri utama, kolektor sekunder, lokal dan tol. Hasil yang didapatkan adalah jaringan jalan dengan fungsi jalan lokal sekunder merupakan jenis jalan yang mendominasi atau paling banyak dengan total panjang 110,084 meter. Kemudian jalan lokal sekunder menurut PP No. 34 Tahun 2006 adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kesatu, kawasan sekunder kedua, dan kawasan sekunder ketiga menuju ke perumahan dengan kecepatan rencana paling rendah 10 km/jam dengan lebar bahu jalan 7.5 m sehingga total luas jalan lokal sekunder ialah seluas 1,319,408 m<sup>2</sup> atau 8.3 % dari luas total wilayah terbangun.

Jalan lokal sekunder memiliki arti jalan menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan dengan kecepatan rencana paling rendah 10 km/jam (PP No. 34 tahun 2006). Jalan tersebut berpotensi dan dapat diterapkan *permeable pavement* karena memiliki fungsi jalan yang menuju ke perumahan dan bukan merupakan jalan dengan kecepatan kendaraan yang tinggi. Adapun peta jaringan jalan dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini.

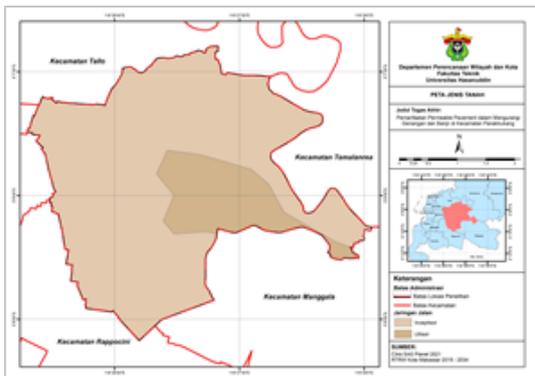


Gambar 6. Peta jaringan jalan Kecamatan Panakkukang

### Jenis Tanah

Jenis tanah berperan dalam kecepatan menyerap air. Proses cepat atau lambatnya infiltrasi bergantung pada tekstur tanah itu sendiri, walaupun jenis dan tekstur tanah tidak membatasi penggunaan *permeabel pavement*. Perbedaan jenis tanah dapat menjadi pertimbangan menggunakan *underdrain* apabila infiltrasi tanah rendah. Kecamatan Panakkukang terdiri menjadi 2 jenis tanah yaitu ultisol dan inceptisol. Menurut Prasetyo dan Suriadikarta (2006), tanah ultisol memiliki tekstur tanah liat berpasir sehingga memiliki kemampuan resap air yang kurang. Hal tersebut akan menyebabkan peningkatan aliran permukaan.

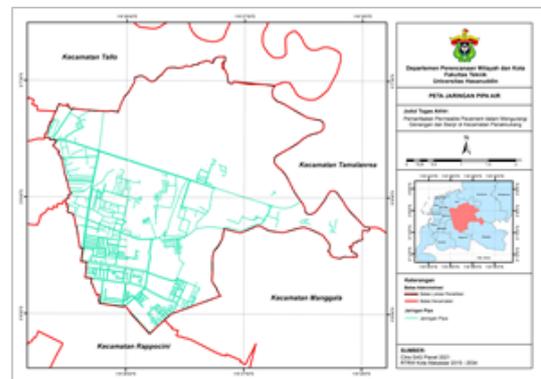
Untuk tanah inceptisol merupakan kategori tanah alluvial, dimana tanah ini merupakan tanah mineral sehingga memiliki tekstur tanahnya agak halus dan ringan karena kandungan bahan organik kurang dari 20% (Putra, 2017). Jenis tanah inceptisol mendominasi dibandingkan tanah ultisol pada lokasi penelitian, sehingga penerapan *permeable pavement* berpotensi dan dapat diterapkan walaupun jenis ultisol dapat menggunakan *underdrain*. Adapun peta jenis tanah dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. Peta jenis tanah Kecamatan Panakkukang

### Utilitas

Utilitas merupakan penunjang fisik yang ada pada perumahan dengan tujuan mewujudkan perumahan yang sehat, aman, nyaman, dan berkelanjutan. Ketersediaan prasarana, sarana, dan utilitas umum (PSU) merupakan kelengkapan wajib dalam pengembangan kawasan permukiman dan perumahan. Jaringan utilitas di Kecamatan Panakkukang berupa jaringan pipa air. Jaringan tersebut sebagian besar dan umumnya mengikuti pola jaringan jalan yang berada pada lokasi penelitian. Dalam penerapan *permeable pavement* diperlukan untuk menentukan lokasi yang tidak dilalui atau tepat berada di atas utilitas umum perlu diperhatikan agar tidak mengganggu fungsi dari utilitas tersebut. Adapun peta jaringan utilitas dapat dilihat pada Gambar 8 berikut ini.

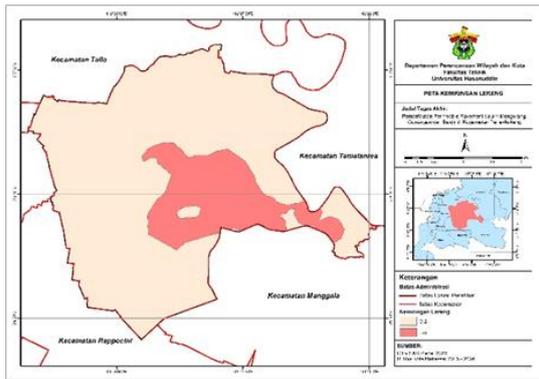


Gambar 8. Peta utilitas Kecamatan Panakkukang

### Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng yang disarankan minimal 5% dalam penerapan *permeable pavement* dengan tujuan agar aliran air yang berada di permukaan dapat mengalir masuk kedalam *permeable pavement*. Semakin curam lahan suatu wilayah maka peluang limpasan air untuk masuk kedalam lapisan *permeable pavement* akan kurang karena kecepatan air yang mengalir akan semakin cepat. Kecamatan Panakkukang memiliki kemiringan lereng sebesar 0-5%, dengan kemiringan lereng 0-2% seluas 1269 ha dan 2-5% seluas 298 ha.

Sehingga Kecamatan Panakkukang dapat diterapkan *permeable pavement* karena memiliki kemiringan lereng yang berada dibawah 5%. Adapun dimana sebarannya dapat dilihat pada Gambar 9 berikut ini.

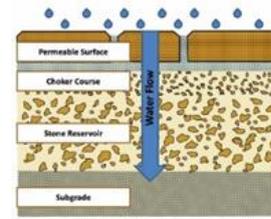


**Gambar 9.** Peta kemiringan lereng Kecamatan Panakkukang

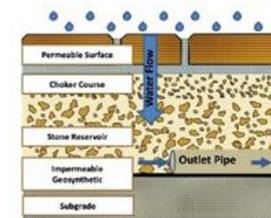
### Penentuan Lokasi Penerapan

Proses penentuan lokasi jalan yang berpotensi *permeable pavement* dilakukan dengan menggunakan teknik *overlay*. Keempat parameter yang telah ada sebelumnya dan telah dibuatkan kedalam bentuk peta akan dimasukkan kedalam *software SIG* dan diolah. Berdasarkan hasil *overlay*, maka konsep *permeable pavement* berpotensi dan dapat diterapkan pada wilayah penelitian dengan luas penerapan *permeable pavement* sendiri sebesar 861,123 m<sup>2</sup> atau 0.86 km<sup>2</sup> atau hanya sebesar 5.4% dari total luas wilayah terbangun di Kecamatan Panakkukang. Luas tersebut merupakan luas dari jaringan jalan lokal sekunder.

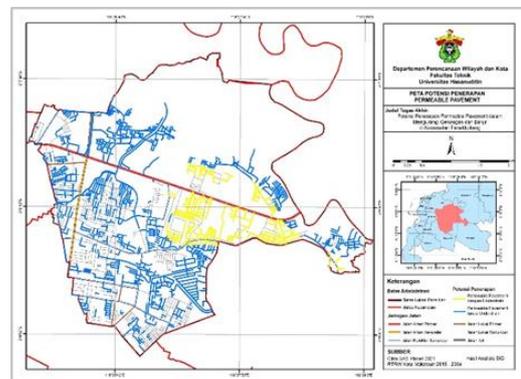
Untuk arahan desain strukturnya terbagi menjadi dua desain struktur, yaitu *permeable pavement* dengan infiltrasi dan menggunakan infiltrasi secara parsial atau bahkan tidak memanfaatkan kemampuan infiltrasi tanah karena terdapat dua jenis tanah pada lokasi penelitian. Tanah ultisol memiliki tekstur tanah liat berpasir dan memiliki kemampuan menyerap air yang rendah, sehingga pemasangan *underdrain* dapat membantu dalam mengurangi air limpasan dalam mengatasi kemampuan infiltrasi yang rendah. Pada wilayah dengan tanah inceptisol dapat memanfaatkan kemampuan tanah tersebut dalam mengurangi air limpasan. Adapun contoh ilustrasi desain *permeable pavement* dan lokasi penerapannya dapat dilihat pada Gambar 10 dan 11 berikut ini.



**Gambar 10.** Ilustrasi *Permeable Pavement* tanpa *underdrain*

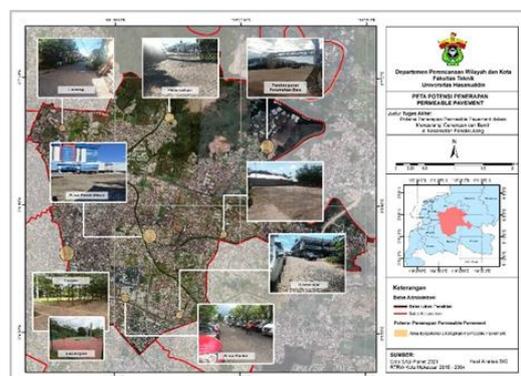


**Gambar 11.** Ilustrasi *Permeable Pavement* dengan *underdrain*



**Gambar 12.** Peta potensi penerapan *Permeable Pavement* pada jaringan jalan di Kecamatan Panakkukang

Selain dapat diterapkan pada jalan, *permeable pavement* dapat diterapkan juga pada permukaan di perumahan, taman atau ruang publik, area parkir, alun-alun, pedestrian, jalur sepeda, ataupun pada pembangunan kawasan baru seperti pada Gambar 13 berikut ini.



**Gambar 13.** Peta penerapan *Permeable Pavement* pada bidang permukaan di Kecamatan Panakkukang

Menghitung perkiraan kemampuan *permeable pavement* dalam mengurangi debit genangan dan banjir, maka dalam penelitian ini hanya berfokus pada jaringan jalan yang berpotensi dengan melihat nilai koefisien *runoff* jenis *permeable pavement* yaitu *Permeable Interlocking Concrete Pavement* (PICP), menurut Marchioni & Becciu (2015) ialah sebesar 0,37 – 0,45. Sehingga jika dihitung kembali dari mencari nilai koefisien *runoff* sebelumnya, maka total nilai koefisien dapat dilihat pada Tabel 11 berikut ini.

**Tabel 11.** Total nilai koefisien *runoff* dengan *Permeable Pavement*

Jenis Tutupan Lahan	Luas (km <sup>2</sup> )	Koefisien Permukaan (C)	Total
Rawa	0.1	0.3	0.03
Bakau	1.41	0.3	0.42
Tambak	1.97	0.3	0.59
Lahan Kosong	0.38	0.3	0.11
Sungai	0.53	0.3	0.16
Kolam	0.01	0.3	0.00
Makam	0.14	0.7	0.10
Taman	0.31	0.3	0.09
Kebun Campuran	0.48	0.3	0.14
Lapangan	0.12	0.3	0.04
Semak	0.29	0.3	0.09
Sawah	0.02	0.3	0.01
Wilayah Terbangun	9.06	0.7	6.36
<i>Permeable Pavement</i>	0.86	0.37	0.31
<b>Total</b>	<b>15.68</b>	<b>-</b>	<b>8.44</b>

Luas *permeable pavement* diambil dari luas wilayah terbangun sebesar 0.86 km<sup>2</sup>. Kemudian adapun total koefisien *runoff* sebagai berikut:

$$C = \frac{8.44}{15.68}$$

$$C = 0.53$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka total nilai koefisien permukaan di Kecamatan Panakkukang ialah 0.53 atau sebesar 53% air hujan yang jatuh akan menjadi limpasan permukaan di wilayah ini. Nilai yang telah didapatkan diatas, kemudian digunakan dalam perhitungan debit banjir atau limpasan dalam metode rasional dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_p = 0.278 \times 0.53 \times 83.85 \times 15.68$$

$$= 193 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Berdasarkan hasil perhitungan terhadap penerapan *permeable pavement*, dapat diketahui bahwa

volume banjir atau limpasan di Kecamatan Panakkukang menjadi 193 m<sup>3</sup>/detik atau 12 m<sup>3</sup>/detik/km<sup>2</sup>. Kemudian debit banjir yang dapat dikurangi ialah sebagai berikut:

Debit banjir atau limpasan awal pada Kecamatan Panakkukang:

$$= 204 \text{ m}^3/\text{detik atau } 734.440 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Debit banjir dengan penerapan *permeable pavement*:

$$= 193 \text{ m}^3/\text{detik atau } 694.000 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Debit yang berkurang:

$$= 734,440 - 694,000$$

$$= 39,600 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 2,526 \text{ m}^3/\text{jam}/\text{km}^2$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka debit limpasan yang dapat dikurangi oleh *permeable pavement* ialah sebesar 2,526 m<sup>3</sup>/jam/km<sup>2</sup> atau hanya sebesar 5% sehingga *permeable pavement* tidak mampu dalam mengurangi keseluruhan debit air limpasan yang ada di Kecamatan Panakkukang. Jumlah debit air yang mampu diserap tersebut disebabkan kecilnya luasan penerapan yang hanya sebesar 5.3% dari total luas wilayah terbangun di Kecamatan Panakkukang. Adapun kelebihan dan kekurangan *permeable pavement* dapat dilihat pada Tabel 12 berikut ini.

**Tabel 12.** Kelebihan dan kekurangan *Permeable Pavement*

No	Kelebihan	Kekurangan
1	Membantu mengurangi volume limpasan permukaan.	Penerapan pada jalan dibatasi oleh jenis kendaraan dan arus lalu lintas
2	Mengurangi konsentrasi polutan dalam limpasan dengan menyaringnya	Biaya dan perlengkapan pemeliharaan yang berbeda guna mencegah terjadinya penyumbatan pada pori-pori.
3	Membantu mengurangi suhu permukaan karena material yang berbeda dengan pada umumnya	Biaya pemasangan yang relative mahal dibandingkan pada umumnya
4	Membantu dalam pengisian kembali air tanah	Penyumbatan pada pori-pori apabila limpasan permukaan berlumpur

Sumber: Thorpe & Zhuge, 2010

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan pada penelitian ini, maka kesimpulan yang didapatkan antara lain:

Hasil analisis yang didapatkan yaitu Kecamatan Panakkukang didominasi oleh daerah rawan banjir seluas 816 ha atau 52% dari luas total wilayah ini. Dimana pada wilayah tersebut tutupan lahannya berupa permukiman, serta daerah sangat rawan banjir yang memiliki luas sebesar 430 ha dengan tutupan lahan yang didominasi oleh tambak.

Volume debit limpasan permukaan di Kecamatan Panakkukang yaitu sebesar  $13 \text{ m}^3/\text{detik}/\text{km}^2$ . Faktor fisik wilayah seperti ketinggian lahan, kemiringan lereng, jenis tanah, dan penggunaan lahan berperan dalam penyebaran limpasan permukaan ini. Dimana perbedaan ketinggian lahan menyebabkan air limpasan pada wilayah yang lebih tinggi akan mengalir menuju wilayah yang lebih rendah sesuai dengan sifat air dengan bantuan kemiringan lereng. Faktor jenis tanah tidak terlalu berpengaruh disebabkan karena sebagian besar pada Kecamatan Panakkukang telah terbangun berupa permukiman dan telah terjadi peningkatan 6 % luas lahan terbangun atau seluas 96 ha dalam rentang tahun 2010 dan 2021.

Penerapan *permeable pavement* dapat berpotensi diterapkan pada wilayah penelitian dengan luas sebesar  $0.86 \text{ km}^2$  atau 5.4% dari luas total wilayah terbangun di Kecamatan Panakkukang dengan memperhatikan standar dan pedoman yang ada. Desain *permeable pavement* yang disarankan terbagi menjadi dua yaitu dengan menggunakan *underdrain* dan juga tanpa *underdrain*. Kemudian, debit air limpasan yang dapat dikurangi oleh *permeable pavement* sebesar sebesar  $2,526 \text{ m}^3/\text{jam}/\text{km}^2$  atau hanya sebesar 5%. Selain pada jalan, *permeable pavement* dapat diterapkan juga pada jalur pedestrian, area parkir, alun-alun, taman, komersial atau institusi, ataupun pengembangan kawasan baru.

### Saran

Adanya penelitian ini penulis berharap pada masyarakat untuk meningkatkan kesadaran dalam merawat dan memperhatikan infrastruktur yang ada, mengurangi peluang telah ada, khususnya

apabila *permeable pavement* diterapkan di wilayah penelitian. Kemudian, penulis juga berharap kepada pemerintah agar memperhatikan alam dalam melakukan pembangunan, sehingga dampak yang ditimbulkan tidak merugikan masyarakat.

Infrastruktur hijau dapat menjadi sebuah alternatif atau solusi dalam pembangunan dimasa kini dibandingkan infrastruktur konvensional lainnya, dimana kota-kota di luar Indonesia telah menerapkan konsep tersebut.

### DAFTAR PUSATAKA

- Ali, Machsun. (2018). *Analisis Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) terhadap Kesesuaian Lahan di Kecamatan Parung Panjang Tahun 2008-2015*. Skripsi. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Amelia, Puteri Rizqi dan Mussadun. (2015). *Analisis Kesesuaian Rencana Pengembangan Wilayah Pulau Dompok dengan Kondisi Eksisting Bangunan*. Jurnal Pengembangan Kota Universitas Diponegoro: Vol. 3, No. 1, Tahun 2015, halaman: 26-39.
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kabupaten Gowa. *Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Gowa Tahun 2012 - 2032*.
- Google Inc. (2019). *Citra Satelit Kabupaten Gowa*. Halaman website: <http://earth.google.com/web/> (terakhir diakses pada tanggal 2 November 2019).
- Hardjowigeno, Sarwono dan Widiatmaka. (2015). *Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tata Guna Lahan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Missah, Rizkyanto Efraim, dkk. (2019). *Analisis Kesesuaian Lahan Permukiman Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) di Kabupaten Minahasa Tenggara*. Jurnal Spasial Universitas Sam Ratulangi: Vol. 6, No. 2, Tahun 2019.
- Peraturan Daerah (Perda) Kabupaten Gowa Nomor 15 Tahun 2012 tentang *Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Gowa Tahun 2012-2032*.
- Peraturan Menteri (Permen) Agraria dan Tata Ruang/Kepala Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia, Nomor 9 Tahun 2017 tentang Pedoman Pemantauan dan Evaluasi Pemanfaatan *Ruang*.