

**SKRIPSI**

**POTENSI PENERAPAN INFRASTRUKTUR HIJAU PERMUKAAN  
BERPORI (*PERMEABLE PAVEMENT*) DALAM MENGURANGI  
GENANGAN DAN BANJIR DI KECAMATAN PANAKKUKANG**

Disusun dan diajukan oleh:

**ASYER RIANSA**

**D101181502**



**DEPARTEMEN PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**

**POTENSI PENERAPAN INFRASTRUKTUR HIJAU PERMUKAAN  
BERPORI (*PERMEABLE PAVEMENT*) DALAM MENGURANGI  
GENANGAN DAN BANJIR DI KECAMATAN PANAKKUKANG**

Disusun dan diajukan oleh:

**ASYER RIANSA**


**D101181502**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal *06 Juli 2022*  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

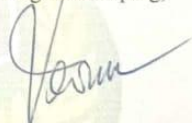
Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

  
**Prof. Dr. Ing. M. Yamin Jinca, MSTr**

**NIP. 19531221 198103 1 002**

  
**Dr.-Ing. Venny Veronica Natalia, ST., MT**

**NIP. 1983122 221012 2 003**

Ketua Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

  
**Dr. Eng. Abdulrachman Rasvid, ST., M.Si**  
**NIP. 19731008 200812 1 002**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Asyer Riansa  
NIM : D101181502  
Program Studi : Perencanaan Wilayah dan Kota  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

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

adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar , 07 Juli 2022

Yang Menyatakan

  
Asyer Riansa

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis kita panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dengan lancar dan dalam keadaan yang sehat tanpa kekurangan satu apa pun. Penyusunan tugas akhir ini dilakukan penulis guna memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi strata 1 ini di Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Kota Makassar merupakan salah satu kota terbesar di wilayah Indonesia, namun permasalahan genangan dan banjir tidak lepas dan masih menjadi permasalahan yang dihadapi ketika musim hujan. Secara umum, jaringan drainase berperan dalam mengurangi debit genangan dan banjir namun berbagai kota di luar Indonesia telah memanfaatkan infrastruktur hijau dalam membantu kinerja drainase, mengurangi limpasan air hujan, dan juga agar tidak merusak siklus alami hidrologi yang terjadi di alam. Adapun yang mendasari penulis dalam memilih judul penelitian ini adalah keinginan penulis untuk mengetahui apakah jenis infrastruktur hijau khususnya *permeable pavement* dapat berpotensi dan diterapkan di wilayah penelitian. Sehingga dapat membantu mengurangi beban kerja drainase dan juga mengurangi debit genangan maupun banjir yang selalu terjadi setiap tahunnya.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna. Maka dari sebab itu, penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya dan berharap agar berbagai pihak baik masyarakat, pemerintah, maupun peneliti lainnya agar dapat memberikan menerima kritik serta saran yang membangun, agar penulis dapat melakukan yang lebih baik dalam melakukan penelitian yang selanjutnya. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih yang dan berharap agar kiranya penelitian ini dapat bermanfaat sesama.

Makassar, ..... 2022

(Asyer Riansa)

---

**Sitasi dan Alamat Kontak:**

Harap menuliskan sumber skripsi ini dengan cara penulisan sebagai berikut.

Riansa, A. 2022. *Potensi Penerapan Infrastruktur Hijau Permukaan Berpori (Permeable Pavement) dalam Mengurangi Genangan dan Banjir di Kecamatan Panakkukang..* Skripsi Sarjana, Prodi S1 PWK Universitas Hasanuddin. Makassar.

Demi peningkatan kualitas dari skripsi ini, kritik dan saran dapat dikirimkan ke penulis melalui alamat email berikut ini: [asyerri2507@gmail.com](mailto:asyerri2507@gmail.com).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis kita panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat, berkah dan kasih setia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan lancar dan juga masih ada sampai hari ini. Penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari dukungan dan bimbingan berbagai pihak yang terlibat. Oleh karena itu, penulis tak lupa untuk mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua yang tercinta, bapak (Nataniel) dan ibu (Esliana) atas kasih sayang yang diberikan, dukungan dan perhatian selama menempuh kuliah, dan atas seluruh doa yang diberikan sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Rektor Universitas Hasanuddin (Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc) atas kebijakannya dan penyediaan fasilitas kampus selama masa perkuliahan serta dukungannya;
3. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.) atas segala kebijakan dan dukungannya dalam penyusunan tugas akhir ini;
4. Kepala Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Hasanuddin (Bapak Dr. Eng. Abdul Rachman Rasyid, ST., M.Si.) atas segala bimbingan, perhatian, pengajaran dan nasehat yang diberikan selama perkuliahan;
5. Sekretaris Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Hasanuddin (Ibu Sri Aliah Ekawati, ST., MT.) atas ilmu dan pembelajaran yang telah diberikan selama perkuliahan;
6. Kepala Studio (Dr.techn. Yashinta K. D. Sutopo, ST., MIP) atas bimbingan, arahan dan motivasinya selama berada di studio akhir yang sangat berharga bagi penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan pembuatan tugas akhir dengan tepat waktu;

7. Dosen Pembimbing Utama (Prof. Dr. Ing. M. Yamin Jinca, MStr) dan Dosen Pembimbing Pendukung (Dr.-Ing.Venny Veronica Natalia, ST.,MT.) yang telah meluangkan waktu, kesempatan, membagikan ilmu, memberikan arahan serta bimbingan yang telah diberikan dan senantiasa sabar dalam membimbing penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik;
8. Dosen Penguji I (Isfa Sastrawati, ST., MT) dan Dosen Penguji II (Gaffar Lakatupa, ST., M.Eng) atas segala kritik, arahan dan bimbingan dalam penyempurnaan tugas akhir ini;
9. Seluruh dosen, dan staf administrasi Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, yang telah membantu penulis dalam bidang administrasi dan perlengkapan sejak awal masuk hingga selesainya perkuliahan;
10. Seluruh teman-teman PWK Angkatan 2018 (RASTER 2018) dan di *Labo-based Education* (LBE) Infrastruktur atas pengalaman, waktu, ilmu, bantuan, semangat dan kebersamaannya selama perkuliahan.
11. Seluruh teman-teman 3000 (Reyhan Regisha, Hamzah, Audi Rifyal Akbar, M. Ishaq, Iliany Nurul Fitri, Ilham Fathul Kiram, dan Muhammad Akhyar Ardan) atas seluruh semangat, bantuan, tawa dan kebersamaannya selama ini;
12. Seluruh pihak yang telah berkontribusi dan membantu penulis untuk menyelesaikan tugas akhir yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas segala kebaikan dan bantuan yang tidak dapat penulis berikan kepada pihak-pihak yang telah terlibat dalam menyelesaikan tugas akhir pada jenjang strata satu. Amin.

Makassar, ..... 2022

(Asyer Riansa)

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)</b> .....	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR PERSAMAAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	5
1. Ruang Lingkup Wilayah .....	5
2. Ruang Lingkup Materi .....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II</b> .....	<b>7</b>
2.1 Pengertian <i>Green Infrastructure</i> .....	7
2.2 Manfaat Green Infrastructure .....	7
2.3 Jenis dan Fungsi <i>Green Infrastructure</i> .....	8
2.4 Indikator <i>Green Infrastructure</i> .....	12
2.5 Permukaan Berpori ( <i>Permeable Pavement</i> ) .....	14
2.6 Pengertian Banjir .....	20



2.7	Jenis-Jenis Banjir.....	20
2.8	Faktor Penyebab Banjir .....	20
2.9	Pencegahan Bencana Banjir .....	21
2.10	Genangan.....	22
2.11	Perubahan Penggunaan Lahan.....	23
2.12	Definisi Drainase .....	24
2.13	Kerawanan Banjir.....	24
2.14	Limpasan Permukaan .....	25
2.14	Studi Banding.....	25
2.15	Penelitian Terdahulu.....	27
2.16	Kerangka Konsep .....	30
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>31</b>
3.1	Jenis Penelitian .....	31
3.2	Waktu dan Lokasi Penelitian.....	31
3.2	Batasan Penelitian .....	33
3.3	Jenis Data .....	33
3.4	Teknik Pengumpulan Data .....	34
3.5	Teknik Analisis Data .....	35
3.6	Variabel Penelitian .....	43
3.7	Kerangka Penelitian .....	45
3.8	Definisi Operasional.....	46
<b>BAB IV.....</b>		<b>48</b>
4.1	Gambaran Umum Kota Makassar .....	48
1.	Kondisi Geografi .....	48
2.	Kondisi Kependudukan .....	49
3.	Kondisi Iklim.....	50
4.	Kondisi Topografi .....	50
4.2	Gambaran Umum Lokasi Penelitian .....	52
4.3	Kondisi Eksisting Wilayah.....	54
1.	Saluran Drainase.....	54

2. Genangan dan Banjir .....	57
<b>BAB V.....</b>	<b>60</b>
5.1 Tingkat Kerawanan Banjir di Kecamatan Panakkukang.....	60
1. Curah Hujan .....	60
2. Ketinggian Lahan .....	63
3. Jenis Tanah.....	65
4. Tutupan Lahan.....	67
5. Kemiringan Lereng.....	69
6. Penentuan Daerah Rawan Banjir.....	71
5.2 Besar Volume Limpasan Permukaan Pengaruh Aspek Fisik dan Spasial Kecamatan Panakkukang Terhadapnya.....	75
1. Frekuensi Curah Hujan.....	75
2. Metode Log Pearson III.....	77
3. Koefisien Permukaan .....	79
4. Intensitas Curah Hujan .....	80
5. Debit Banjir atau Limpasan Permukaan.....	80
6. Pengaruh Aspek Fisik dan Spasial .....	81
5.3 Potensi dan Penerapan <i>Permeable Pavement</i> berdasarkan Aspek Fisik dan Spasial .....	87
1. Identifikasi Karakteristik Fisik dan Spasial .....	87
2. Penentuan Potensi Lokasi dalam Penerapan <i>Permeable Pavement</i> .....	92
<b>BAB VI.....</b>	<b>101</b>
6.1 Kesimpulan.....	101
6.2 Saran .....	102
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>103</b>
<b>CURRICULUM VITAE.....</b>	<b>109</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Jenis-Jenis Material Permeable Pavement.....	14
<b>Gambar 2.2</b> Ilustrasi Infiltrasi Secara Penuh Permeable Pavement .....	15
<b>Gambar 2.3</b> Ilustrasi Infiltrasi Secara Parsial <i>Permeable Pavement</i> .....	16
<b>Gambar 2.4</b> Ilustrasi <i>Permeable Pavement</i> Tanpa Infiltrasi Tanah.....	16
<b>Gambar 2.5</b> Penerapan <i>Permeable Pavement</i> pada Area Parkir Kota Phidelpia.....	26
<b>Gambar 2.6</b> Penerapan <i>Permeable Concrete</i> pada Jalan di China .....	26
<b>Gambar 2.7</b> <i>Permeable Pavement</i> pada Area Parkir di Australia .....	27
<b>Gambar 2.8</b> Kerangka Konsep Penelitian.....	30
<b>Gambar 3.1</b> Peta Lokasi Penelitian.....	32
<b>Gambar 3.2</b> Alur Proses Pembuatan Peta Kerawanan Banjir.....	38
<b>Gambar 3.3</b> Kerangka Penelitian.....	45
<b>Gambar 4.1</b> Peta Administrasi Kota Makassar.....	51
<b>Gambar 4.2</b> Peta Batas Administrasi Kecamatan Panakkukang .....	53
<b>Gambar 4.3</b> Kondisi Beberapa Saluran Drainase di Kecamatan Panakkukang .....	54
<b>Gambar 4.4</b> Peta Jaringan Drainase Kecamatan Panakkukang .....	56
<b>Gambar 4.5</b> Kondisi Genangan dan Banjir pada Berbagai Lokasi di Kecamatan Panakkukang .....	58
<b>Gambar 4.6</b> Peta Beberapa Titik Genangan dan Banjir di Kecamatan Panakkukang. .....	59
<b>Gambar 5.1</b> Peta Curah Hujan Kecamatan Panakkukang .....	62
<b>Gambar 5.2</b> Peta Ketinggian Lahan Kecamatan Panakkukang .....	64
<b>Gambar 5.3</b> Peta Jenis Tanah Kecamatan Panakkukang.....	66
<b>Gambar 5.4</b> Peta Tutupan Lahan Kecamatan Panakkukang.....	68
<b>Gambar 5.5</b> Peta Kemiringan Lereng Kecamatan Panakkukang .....	70
<b>Gambar 5.6</b> Peta Tingkat Kerawanan Banjir Kecamatan Panakkukang .....	73
<b>Gambar 5.7</b> Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Panakkukang Tahun 2010 .....	84
<b>Gambar 5.8</b> Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Panakkukang Tahun 2021 .....	85

<b>Gambar 5.9</b> Peta Perbandingan Penggunaan Lahan Kecamatan Panakkukang Tahun 2010 dan 2021 .....	86
<b>Gambar 5.10</b> Peta Jaringan Jalan Kecamatan Panakkukang .....	90
<b>Gambar 5.11</b> Peta Jaringan Pipa Air Kecamatan Panakkukang .....	91
<b>Gambar 5.12</b> Ilustrasi Penerapan <i>Permeable Pavement</i> pada Berbagai Bidang Permukaan .....	92
<b>Gambar 5.13</b> Peta Potensi Penerapan <i>Permeable Pavement</i> pada Jaringan Jalan di Kecamatan Panakkukang.....	93
<b>Gambar 5.14</b> Peta Potensi Penerapan <i>Permeable Pavement</i> dengan Lokasi Beberapa Genangan dan Banjir di Kecamatan Panakkukang .....	94
<b>Gambar 5.15</b> Beberapa Lokasi Bidang Permukaan yang Berpotensi Diterapkan <i>Permeable Pavement</i> .....	97
<b>Gambar 5.16</b> Beberapa Area yang Berpotensi Diterapkan <i>Permeable Pavement</i> ....	98

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Jenis Infrastruktur Hijau dan Fungsi Masing-Masing.....	11
<b>Tabel 2.2</b> Kriteria Penerapan <i>Permeable Pavement</i> .....	17
<b>Tabel 2.3</b> Penerapan Infrastruktur Hijau di Berbagai Zona Kawasan Perkotaan.....	19
<b>Tabel 2.4</b> Penelitian Terdahulu.....	28
<b>Tabel 3.1</b> Jenis Kebutuhan Data.....	33
<b>Tabel 3.2</b> Bobot Parameter Penyebab Banjir .....	36
<b>Tabel 3.3</b> Klasifikasi dan Pembobotan Parameter Penggunaan Lahan .....	36
<b>Tabel 3.4</b> Klasifikasi dan Pembobotan Ketinggian Lahan .....	36
<b>Tabel 3.5</b> Klasifikasi dan Pembobotan Curah Hujan .....	37
<b>Tabel 3.6</b> Klasifikasi dan Pembobotan Kemiringan Lereng .....	37
<b>Tabel 3.7</b> Klasifikasi dan Pembobotan Jenis Tanah.....	388
<b>Tabel 3.8</b> Persyaratan Metode Distribusi .....	41
<b>Tabel 3.9</b> Koefisien Aliran Permukaan berdasarkan Penggunaan Lahan .....	41
<b>Tabel 3.10</b> Variabel Penelitian .....	44
<b>Tabel 4.1</b> Luas Wilayah Administrasi Kecamatan di Kota Makassar .....	48
<b>Tabel 4.2</b> Jumlah Penduduk berdasarkan Kecamatan di Kota Makassar Tahun 2020 .....	49
<b>Tabel 4.3</b> Luas per Kelurahan di Kecamatan Panakkukang.....	52
<b>Tabel 5.1</b> Data Curah Hujan Bulanan Tahun 2011 – 2020 (Stasiun Maritim Paotere) .....	61
<b>Tabel 5.2</b> Ketinggian Lahan Kecamatan Panakkukang dan Skornya.....	63
<b>Tabel 5.3</b> Jenis Tanah Kecamatan Panakkukang dan Skornya .....	65
<b>Tabel 5.4</b> Jenis Tutupan Lahan Kecamatan Panakkukang dan Skornya .....	67
<b>Tabel 5.5</b> Kemiringan Lereng Kecamatan Panakkukang dan Skornya .....	69
<b>Tabel 5.6</b> Hasil Analisis Luas Daerah Rawan Banjir Kecamatan Panakkukang .....	74
<b>Tabel 5.7</b> Luas Daerah Rawan Banjir per Kelurahan di Kecamatan Panakkukang ...	74
<b>Tabel 5.8</b> Data Curah Hujan Maksimum (Stasiun Maritim Paotere) .....	75
<b>Tabel 5.9</b> Parameter Uji Distribusi Statistik.....	76

<b>Tabel 5.10</b> Hasil Distribusi Frekuensi Log Pearson III.....	77
<b>Tabel 5.11</b> Hasil Distribusi Curah Hujan Metode Log Pearson Tipe III.....	78
<b>Tabel 5.12</b> Koefisien Aliran Permukaan Kecamatan Panakkukang.....	79
<b>Tabel 5.13</b> Perhitungan Intensitas Curah Hujan.....	80
<b>Tabel 5.14</b> Debit Limpasan Berdasarkan Tutupan Lahan .....	81
<b>Tabel 5.15</b> Nilai Ketinggian Lahan (Ha) dan Kemiringan Lereng (%) berdasarkan Kelurahan .....	82
<b>Tabel 5.16</b> Total Nilai Koefisien Runoff dengan <i>Permeable Pavement</i> .....	95
<b>Tabel 5.17</b> Kelebihan dan Kekurangan <i>Permeable Pavement</i> .....	99

## DAFTAR PERSAMAAN

<b>Rumus 1.</b> Perhitungan Interval Klasifikasi Rawan Banjir .....	39
<b>Rumus 2.</b> Jumlah Data Rerata.....	39
<b>Rumus 3.</b> Standar Deviasi (S) .....	40
<b>Rumus 4.</b> Koefisien Variasi (Cv).....	40
<b>Rumus 5.</b> Koefisien Skewness (Cs) .....	40
<b>Rumus 6.</b> Koefisien Curtosius (Ck) .....	41
<b>Rumus 7.</b> Total Nilai Koefisien Alian Permukaan.....	42
<b>Rumus 8.</b> Intensitas Curah Hujan.....	42
<b>Rumus 9.</b> Limpasan Permukaan.....	42
<b>Rumus 10.</b> Nilai Rata-Rata Log X.....	78
<b>Rumus 11.</b> Harga Simpang Baku (s).....	78
<b>Rumus 12.</b> Koefisien Kemencengan (G).....	78
<b>Rumus 13.</b> Perhitungan Frekuensi Curah Hujan Log Pearson III.....	78

**POTENSI PENERAPAN INFRASTRUKTUR HIJAU PERMUKAAN  
BERPORI (*PERMEABLE PAVEMENT*) DALAM MENGURANGI  
GENANGAN DAN BANJIR DI KECAMATAN PANAKKUKANG**

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

**Email : asyerri2507@gmail.com**

**ABSTRAK**

Kota Makassar yang merupakan kota terbesar di Kawasan Indonesia Timur masih sering menghadapi genangan dan juga banjir. Beberapa wilayah pada Kota Makassar sering mengalami genangan salah satunya Kecamatan Panakkukang sehingga perlu diperhatikannya pembangunan khususnya infrastruktur yang ramah lingkungan dan tidak mengganggu siklus alami lingkungan. Maka penelitian bertujuan dalam mengidentifikasi tingkat kerawanan banjir; menghitung besar volume limpasan permukaan dan pengaruh aspek fisik spasial wilayah; dan mengidentifikasi potensi penerapan *permeable pavement* berdasarkan aspek fisik dan spasial wilayah. Penelitian ini menggunakan jenis data berupa a). Curah hujan, ketinggian lahan, penggunaan lahan, kemiringan lereng dan jenis tanah yang dianalisis dengan skoring dan *overlay*; b). Curah hujan, ketinggian lahan, kemiringan lereng, kawasan terbangun dan non terbangun yang dianalisis dengan analisis hidrologi guna menghasilkan besaran volume air limpasan dan pengaruh aspek fisik dan spasial wilayah; dan c). Jenis tanah, penggunaan lahan, jaringan jalan, utilitas dan kemiringan lereng yang dianalisis dengan *overlay* dalam mencari tujuan penelitian tiga. Hasil yang diperoleh menunjukkan a). Sebagian besar wilayah di Kecamatan Panakkukang berada pada daerah rawan banjir seluas 816 hektar; b). Besaran volume air limpasan sebesar  $13 \text{ m}^3/\text{detik}/\text{km}^2$ ; dan c). *Permeable pavement* dapat diterapkan pada sejumlah ruas jalan seluas  $0,86 \text{ km}^2$  dan mampu menyerap volume limpasan sebanyak  $2.526 \text{ m}^3/\text{jam}/\text{km}^2$ .

**Kata kunci:** Infrastruktur Hijau, *Permeable Pavement*, Genangan, Banjir

---

<sup>1)</sup> Mahasiswa Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

<sup>2,3)</sup> Dosen Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.



**THE POTENTIAL APPLICATION OF GREEN INFRASTRUCTURE  
PERMEABLE PAVEMENT TO REDUCE INFLATION AND FLOOD IN  
PANAKKUKANG DISTRICT**

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

**Email : asyerri2507@gmail.com**

**ABSTRACT**

*Makassar City, which is the largest city in Eastern Indonesia, still often faces inundation and flooding. Several areas in Makassar City often experience inundation, one of which is Panakkukang District, so it is necessary to pay attention to development, especially infrastructure that is environmentally friendly and does not disturb the natural cycle of the environment. So the research aims at identifying the level of flood vulnerability; calculate the volume of surface runoff and the influence of the physical and 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 study uses the types of data in the form of a). Rainfall, land elevation, land use, slope and soil type analyzed by scoring and overlay; b). Rainfall, land elevation, slope, built and non-built areas analyzed by hydrological analysis in order to produce the volume of runoff water and the influence of the physical and spatial aspects of the area; and c). Soil type, land use, road network, utility and slope were analyzed by overlay in search of three research objectives. The results obtained show a). Most of the area in Panakkukang District is located in a flood-prone area of 816 hectares; b). The volume of runoff water is 13 m<sup>3</sup>/second/km<sup>2</sup>; and c). 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*

---

<sup>1)</sup> *Student of Urban and Regional Planning Department, Faculty of Engineering, Hasanuddin University*

<sup>2,3)</sup> *Lecture of Urban and Regional Planning Department, Faculty of Engineering, Hasanuddin University*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Genangan merupakan fenomena yang sering ditemukan khususnya pada kota-kota besar di Indonesia. Fenomena yang umum terjadi ini menjadi salah satu permasalahan utama yang dihadapi tiap tahunnya dan sangat berpengaruh pada aktifitas masyarakat. Indonesia yang beriklim tropis dengan curah hujan yang tinggi menjadi faktor pendorong terjadinya genangan ataupun banjir. Khusus pada kawasan perkotaan, genangan dan banjir menjadi permasalahan ketika musim hujan karena mengganggu kegiatan sosial ekonomi masyarakat. Beberapa tahun terakhir ini, genangan dan banjir menjadi masalah utama perkotaan.

Menurut Suharyanto (2006), genangan dapat disebabkan oleh berbagai faktor penyebab yang bermacam, diantaranya curah hujan yang tinggi, peningkatan lapisan yang tidak tembus air, kapasitas saluran drainase yang tidak memadai, desain *inlet* yang tidak sesuai dan banjir disebabkan oleh dua faktor, yaitu faktor alam dan faktor manusia. Genangan dan banjir sangat mengganggu segala aktivitas manusia yang terjadi di suatu kawasan disebabkan air pada permukaan yang terhambat masuk kedalam saluran drainase. Dalam hal ini, drainase perkotaan berperan penting dalam memastikan semua air pada permukaan dapat segera dialirkan menuju drainase dengan lancar. Selain itu, genangan dan banjir juga dapat terjadi akibat limpasan air permukaan yang tidak teresapi atau diteruskan ke dasar permukaan tanah untuk terjadinya proses infiltrasi, melainkan tertahan diatas lapisan kedap air seperti jalan dan lainnya. Pembangunan yang pesat mendorong terjadinya alih fungsi lahan wilayah resapan air menjadi sebuah kawasan perumahan dan permukiman baru yang tidak memperhatikan fungsi dan tujuan sebenarnya dari kawasan tersebut.

Pada beberapa tahun ini, perencanaan tata ruang khususnya pada kawasan perkotaan saat ini mulai menerapkan perencanaan yang ramah lingkungan, yaitu dengan

memperhatikan pemanfaatan sumber daya alam agar dapat bermanfaat bukan hanya bagi generasi sekarang tetapi bagi generasi berikutnya. Penerapan infrastruktur hijau atau *green infrastructure* mulai banyak diterapkan oleh berbagai negara maju dan dapat menjadi alternatif dari infrastruktur konvensional. Infrastruktur hijau adalah sebuah konsep atau upaya yang mengacu pada bagaimana cara untuk menjaga lingkungan yang berkelanjutan melalui penataan ruang serta melindungi dan menjaga siklus alami yang terjadi di alam dengan tidak mengganggu siklus tersebut (Widyaputra, 2020). Sehingga secara umum infrastruktur hijau dapat diartikan sebagai upaya yang bertujuan menciptakan lingkungan hidup melalui proses alami yang terjaga meliputi manajemen air hujan, manajemen kualitas air, hingga pada mitigasi banjir. Menurut Benedict & McMahon (2006), 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 lain. Jaringan infrastruktur hijau dimana setelah terbentuk dapat menjadi suatu kerangka pembangunan bagi kedepannya dan sebagai salah satu bagian dari konservasi lahan yang dapat mengakomodasi pertumbuhan penduduk sambil tetap menjaga kelestarian sumber daya alam dan perkembangan fasilitas publik.

Kota-kota besar di Indonesia salah satunya Kota Makassar tidak luput dari permasalahan genangan dan banjir. Intensitas hujan yang cukup tinggi, berada pada dataran rendah, fungsi drainase yang kurang optimal dan alih fungsi lahan yang tidak terkontrol menjadi penyebab timbulnya permasalahan tersebut. Berdasarkan data dari [pusatkrisis.kemkes.go.id](http://pusatkrisis.kemkes.go.id), terdapat 5 kecamatan yang terdampak banjir pada tahun 2021 yaitu Manggala, Panakkukang, Biringkanaya, Tamalanrea dan Tamalate. Berdasarkan Perda RTRW Kota Makassar Tahun 2015-2034, Kecamatan Panakkukang merupakan kawasan yang diperuntukan sebagai kawasan permukiman sedang hingga tinggi sehingga daerah resapan air yang berperan dalam mengurangi limpasan air hujan menjadi berkurang seiring dengan pertumbuhan akan pembangunan perumahan dan permukiman.

Alih fungsi lahan, intensitas curah hujan yang tinggi, tersumbatnya drainase, sedimentasi pada drainase, meluapnya sungai dan lainnya dapat menjadi penyebab terjadinya genangan dan banjir pada wilayah ini. Genangan dan banjir dapat terjadi dengan intensitas hujan yang tinggi maupun rendah dapat menimbulkan berbagai dampak negatif dalam berbagai aspek. Gangguan kesehatan, kemacetan lalu lintas, terganggunya aktivitas sosial ekonomi budaya, rusaknya lingkungan, rusaknya infrastruktur dan sebagainya menjadi dampak buruk dari timbulnya genangan dan banjir. Menurut Cretaz dan Barten (2007), perubahan penggunaan lahan yang awalnya lahan terbuka menjadi pemukiman menyebabkan kemampuan infiltrasi air permukaan berkurang, meningkatkan aliran permukaan dan pengisian kembali air tanah menjadi berkurang sehingga menyebabkan genangan yang jika tidak ditangani lebih lanjut dapat berpotensi menyebabkan banjir. Akibatnya ketika musim hujan tiba, permasalahan tersebut tidak dapat dihindari.

Perencanaan dan pengelolaan sistem drainase berperan penting dalam mengatasi limpasan air permukaan berlebihan yang dapat berpotensi menimbulkan genangan maupun banjir. Selain sistem drainase, *green infrastructure* dapat dimanfaatkan dalam mengatasi permasalahan ini dimana telah banyak negara yang memanfaatkan infrastruktur ini. Menurut *U. S. Environmental Protection Agency* (EPA, 2015), secara umum *green infrastructure* merupakan sarana prasarana yang dapat menyerap, menyaring dan mengurangi air hujan atau limpasan permukaan. *Permeable pavement* atau perkerasan berpori merupakan salah satu infrastruktur hijau yang dapat mengalirkan air hujan pada permukaan dialirkan menuju tanah untuk terjadinya proses infiltrasi atau dialirkan menuju pipa bawah tanah yang kemudian mengalirkannya ke drainase.

Sebagai salah satu alternatif penanganan genangan dan banjir di perkotaan, penelitian ini bertujuan dalam mengkaji lokasi yang berpotensi rawan banjir atau genangan di Kecamatan Panakkukang serta bagaimana penerapan *green infrastructure* khususnya *permeable pavement* dalam membantu mengurangi limpasan air permukaan di Kecamatan Panakkukang.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, maka dapat dirumuskan pertanyaan sebagai berikut, yaitu:

- 1) Bagaimana tingkat kerawanan banjir genangan di Kecamatan Panakkukang?
- 2) Berapa besar volume limpasan air hujan dan pengaruh aspek fisik dan spasial Kecamatan Panakkukang terhadapnya?
- 3) Bagaimana potensi dan penerapan *permeable pavement* berdasarkan aspek fisik dan spasial di Kecamatan Panakkukang?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan pada rumusan masalah yang telah disebutkan diatas, maka tujuan dari penelitian ini antara lain.

- 1) Mengidentifikasi tingkat kerawanan banjir genangan di Kecamatan Panakkukang.
- 2) Menghitung besar volume limpasan air hujan dan pengaruh aspek fisik dan spasial Kecamatan Panakkukang terhadapnya.
- 3) Menganalisis potensi dan penerapan *permeable pavement* berdasarkan aspek fisik dan spasial di Kecamatan Panakkukang.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dapat dihasilkan dari penelitian ini antara lain:

### **1) Bagi Pemerintah**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan ataupun menjadi saran pertimbangan melihat potensi suatu wilayah dalam pemanfaatan atau pengaplikasian *green infrastructure* di Kota Makassar yang dapat dimanfaatkan sebagai mengelola air hujan menjadi air bersih ataupun dalam mengatasi limpasan permukaan yang berlebihan.

### **2) Bagi Masyarakat**

Hasil penelitian ini diharapkan mampu menambah wawasan terkait *green infrastructure* yang telah banyak diterapkan di berbagai negara sekaligus juga menciptakan kesadaran dalam merawat infrastruktur yaitu sarana dan prasarana yang telah disediakan oleh pemerintah.

### **3) Bagi Peneliti**

Hasil laporan ini diharapkan mampu menjadi bahan pengetahuan dalam penelitian berikutnya terkait bagaimana melihat penerapan *green infrastructure* di kota besar di Indonesia khususnya *permeable pavement* dilihat dari aspek spasial dan fisik serta sebagai perbandingan dan sumber acuan untuk bidang kajian yang sama.

## **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

### **1. Ruang Lingkup Wilayah**

Ruang lingkup wilayah yang menjadi fokus dalam penelitian ini dibatasi pada wilayah Kecamatan Panakkukang, yaitu wilayah yang sering mengalami genangan bahkan banjir ketika musim penghujan pada beberapa lokasi.

### **2. Ruang Lingkup Materi**

Ruang lingkup materi yang menjadi fokus dalam penelitian ini meliputi yaitu melihat wilayah rawan banjir yang berada pada Kecamatan Panakkukang, menganalisis volume limpasan air hujan yang dapat ditimbulkan, serta kemampuan *permeable pavement* dalam membantu mengurangi limpasan air hujan tersebut dan bagaimana potensi penerapannya di Kecamatan Panakkukang, Kota Makassar.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Laporan penelitian ini disusun berdasarkan sistematika sebagai berikut:

### **1. BAB I – Pendahuluan**

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan dari laporan ini.

### **2. BAB II – Tinjauan Pustaka**

Bab ini berisi tentang berbagai macam teori-teori yang melandasi dan berkaitan dengan judul penelitian ini, terutama yang berkaitan tentang green infrastruktur, genangan, banjir, mitigasi bencana banjir, drainase dan lainnya.

### **3. BAB III – Metode Penelitian**

Bab ini berisi tentang jenis penelitian, teknik pengumpulan data, lokasi dan waktu penelitian, jenis dan sumber data, teknik analisis data, definisi operasional, jenis dan sumber data, teknik analisis data, definisi operasional dan kerangka penelitian.

### **4. BAB IV – Gambaran Umum**

Bab ini berisi tentang gambaran wilayah lokasi penelitian yaitu kota Makassar secara umum dan juga Kecamatan Panakkukang secara khusus menggunakan data primer dan sekunder.

### **5. BAB V – Hasil dan Pembahasan**

Bab ini berisi tahapan pencapaian tujuan penelitian yang mencakup proses analisis dan pembahasan dengan menggunakan berbagai teknik analisis dalam menjawab rumusan masalah dengan melihat tinjauan pustaka.

### **6. BAB VI – Penutup**

Bab ini berisi jawaban dari rumusan masalah yang dibuat yang telah dirangkum secara keseluruhan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian *Green Infrastructure***

Menurut Widyaputra (2020), 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. Konsepnya berupa lingkungan dengan proses alami terjaga yang meliputi manajemen air hujan, manajemen kualitas air, hingga pada mitigasi banjir. Selain itu, Widyaputra (2020) menyebutkan tujuan penerapan infrastruktur hijau ialah upaya meningkatkan kondisi lingkungan dan juga memelihara ruang terbuka hijau yang penerapannya berkaitan erat dengan aspek tata ruang, sosial dan ekonomi.

Menurut *Environmental Protection Agency* (EPA, 2015), *green infrastructure* dapat diartikan sebagai perencanaan infrastruktur yang menekan biaya pembangunannya, yang bertujuan dalam mengatasi atau mencegah dampak dari hujan yang dapat memberikan manfaat bagi lingkungan, ekonomi dan komunitas masyarakat. Penerapan *green infrastructure* telah banyak diterapkan pada berbagai kota besar di luar Indonesia. Selain menambah estetika kota tersebut, infrastruktur ini juga memberikan nilai tambah dari kota tersebut. Kemudian menurut Spatari, dkk (2011) menjelaskan poin penting dari pemanfaatan dan penerapan infrastruktur hijau ini ialah bagaimana menjaga keberlangsungan siklus hidrologi secara alami dimana mengingat kebutuhan air bersih di lingkungan perkotaan yang terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan juga perkembangan kota. Selain itu pengurangan polusi juga merupakan bagian dari upaya mencapai lingkungan yang sehat dan bersih bagi tiap penghuninya.

#### **2.2 Manfaat *Green Infrastructure***

EPA (2017), menyebutkan bahwa *green infrastructure* sering dikaitkan dengan manajemen pengelolaan limpasan air hujan, tetapi konsep ini memiliki manfaat lain



juga berupa meningkatkan kualitas udara dan air dengan memanfaatkan tumbuhan hijau, menyediakan habitat bagi flora dan fauna dan juga meningkatkan kesehatan manusia berkat kondisi lingkungan yang terjaga. Infrastruktur hijau juga memberikan dampak positif di berbagai aspek yaitu aspek ekonomi, sosial dan lingkungan.

a) Ekonomi

Memanfaatkan fungsi tumbuhan hijau dalam mengurangi udara panas di perkotaan, sehingga suhu lingkungan pada beberapa kawasan menjadi turun dan dapat menekan biaya dari penggunaan pendinginan bangunan. Selain itu juga memberi nilai tambah dalam bisnis jual properti perumahan yang memanfaatkan infrastruktur hijau. *Green infrastructure* mampu meningkatkan ekonomi masyarakat suatu perkotaan dengan memanfaatkan konsep *urban farming*.

b) Sosial

Kehadiran ruang terbuka hijau mampu mendorong aktivitas fisik dan sosial di luar ruangan kepada masyarakat perkotaan. Selain itu, ruang terbuka hijau juga dapat menjadi sebuah ruang rekreasi dengan memanfaatkan vegetasi yang ada sehingga memungkinkan penduduk kota untuk menikmati sebuah pemandangan hijau tanpa harus meninggalkan kota dan juga dapat menjadi habitat bagi satwa.

c) Lingkungan

Pemanfaatan vegetasi pada wilayah perkotaan menjadi poin penting dalam infrastruktur hijau. Manajemen pengelolaan kualitas limpasan air hujan yaitu dengan menghilangkan polutan, mitigasi bencana banjir, mengatasi krisis air bersih, peningkatan kualitas tanah, menyediakan ruang terbuka hijau, mempermudah infiltrasi air hujan dan mengurangi pemanasan global yang terjadi saat ini merupakan beberapa dampak positif infrastruktur hijau bagi lingkungan.

### **2.3 Jenis dan Fungsi *Green Infrastructure***

*Green Infrastructure Ontario Coalition* (2017) menjelaskan bahwa infrastruktur hijau terbagi menjadi 16 jenis, dimana setiap jenis infrastruktur hijau tersebut dapat dimanfaatkan dalam setiap pemanfaatan berbagai macam zona dan juga fokus pada manajemen limpasan air hujan. Zona tersebut berupa perumahan, jalan atau pedestrian,

ruang terbuka publik, komersial, pinggir kota, kawasan pembangunan baru, agrikultur dan lainnya. Jenis-jenis infrastruktur hijau tersebut antara lain sebagai berikut.

1. *Green Roof*

Sebuah lapisan struktur konstruksi hijau yang berupa vegetasi di atas sebuah bangunan guna menyerap air hujan dan mengurangi suhu panas pada perkotaan

2. *Green Wall*

Sebuah taman secara vertikal dengan tujuan menyerap polusi udara, menghalangi suara bising dan mengurangi suhu panas pada perkotaan.

3. *Rainwater Harvesting*

Sebuah metode menampung air hujan dengan cara mengalirkan air yang jatuh atap rumah menuju tangki melalui pipa penghubung. Hal tersebut dapat menjadi sebuah alternatif dalam permasalahan ketersediaan air bersih di perkotaan.

4. *Bioswale*

Saluran yang berupa cekungan yang tidak curam dan tidak dalam dengan tujuan membawa limpasan air hujan dengan memanfaatkan tanaman pada saluran guna membantu penyerapan air.

5. *Constructed Wetland*

Sebuah lahan basah buatan yang berguna dalam mengelola limpasan permukaan atau air limbah dengan cara menyaring polutan yang ada.

6. *Dry Pond*

Sebuah kolam kering yang didesain dengan tujuan menyimpan atau menampung air hujan sementara kemudian mengalirkannya ke saluran drainase setelah hujan berlalu.

7. *Filter Strip*

Sebuah jalur dengan permukaan landai yang ditanami vegetasi dengan tujuan menyaring polutan atau sedimen yang ada pada limpasan air hujan.

8. *Hedgerow*

Sebuah barisan atau deretan tanaman dengan fungsi sebagai dalam mengurangi atau pengendali erosi tanah dan menyediakan habitat satwa liar

.

9. *Perforated Pipe*

Sebuah jaringan pipa bawah tanah yang memiliki banyak lubang kecil guna mengalirkan air hujan untuk masuk dari permukaan dan keluar menuju ke tanah.

10. *Permeable Pavement*

Sebuah konsep metode perkerasan yang dimodifikasi sehingga memungkinkan air limpasan permukaan dapat meresap ke dalam dan dialirkan ke tanah.

11. *Rain Garden & Bioretention*

Sebuah desain taman mini yang terdiri atas kumpulan tanaman yang disusun untuk menyerap dan menyaring limpasan air hujan.

12. *Soakways, Infiltration Trenches & Chambers*

Konsep penyimpanan aliran air di bawah tanah dengan tujuan mengatasi kekurangan air bersih dengan skala individual.

13. *Tree Canopy Expansion*

Perencanaan berupa penanaman dan pemeliharaan pohon guna menyaring polusi udara, menyaring polutan air dan mengurangi suhu panas perkotaan.

14. *Wet Pond*

Kolam air yang berfungsi menampung air hujan dalam jangka waktu tertentu yang memungkinkan sedimen untuk mengendap untuk menyaring air.

15. *Xeriscaping*

Kebun landscape yang ditanami tanaman seperti kaktus dengan tujuan mengurangi atau menghilangkan kebutuhan irigasi tambahan. Konsep ini diterapkan pada wilayah yang kekurangan air atau wilayah tandus.

Berdasarkan 16 jenis infrastruktur hijau di atas, sebagian besar memiliki fungsi utama dalam mengontrol aliran air seperti mengurangi, menyaring dan menyimpan air dimana terdapat 10 jenis infrastruktur hijau yang memiliki fungsi utama tersebut seperti *green roof*, *bioswale*, *permeable pavement*, dan lainnya. Kemudian selain memiliki fungsi utama atau primer, berbagai infrastruktur hijau tersebut juga memiliki fungsi sekunder. Jenis beserta dengan fungsi primer dan sekunder lebih lanjut ke-16 jenis infrastruktur tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

**Tabel 2.1** Jenis Infrastruktur Hijau dan Fungsi Masing-Masing

No	Jenis Infrastruktur Hijau	Mengurangi Limpasan Permukaan	Menyaring/Mengurangi Polutan	Menyimpan Air Hujan	Penghematan dan Daur Ulang Air	Pengisian Kembali Air Tanah	Penghematan Energi	Mengurangi <i>Urban Heat Island</i>	Menyerap Efek Rumah Kaca	Menciptakan Keindahan	Menciptakan Ruang Rekreasi	Mengurangi Erosi Tanah	Keberagaman Hayati	Jalur Transportasi
Bangunan	1 <i>Green Roof</i>	■		■			■	■					■	
	2 <i>Green Wall</i>						■	■						
	3 <i>Rainwater Harvesting</i>			■										
Ruang Publik	4 <i>Bioswale</i>	■		■				■		■		■		
	5 <i>Constructed Wetland</i>	■		■		■			■	■		■		
	6 <i>Dry Pond</i>	■												
	7 <i>Filter Strip</i>		■							■		■		
	8 <i>Hedgerow</i>									■		■	■	
	9 <i>Perforated Pipe</i>	■							■					
	10 <i>Permeable Pavement</i>	■		■						■				■
	11 <i>Rain Garden &amp; Bioretention</i>	■		■				■		■	■	■		
	12 <i>Riparian Buffer</i>		■										■	
	13 <i>Soakaways, Infiltration Trenches &amp; Chambers</i>			■										
	14 <i>Tree Canopy Expansion</i>	■						■		■		■		
	15 <i>Wet Pond</i>	■		■				■		■		■		
	16 <i>Xeriscaping</i>	■		■						■				■

Sumber : Green Infrastructure Ontario Coalition, 2017

Keterangan : ■ Fungsi Primer ■ Fungsi Sekunder

## **2.4 Indikator *Green Infrastructure***

Ely dan Pitman (2014) dalam Pakzad dan Osmond (2015), menjelaskan tentang indikator dasar dari *green infrastructure* disebut sebagai *triple bottom line*, dimana mereka mewakili dari kategori lingkungan, sosial dan ekonomi. Ketiga indikator dasar tersebut antara lain:

### 1. Lingkungan

- 1) Modifikasi iklim.
- 2) Mitigasi perubahan iklim.
- 3) Peningkatan kualitas udara.
- 4) Modifikasi pengelolaan air.
- 5) Peningkatan kualitas tanah.
- 6) Keanekaragaman hayati.
- 7) Produksi pangan.

### 2. Sosial

- 1) Kesehatan dan kesejahteraan masyarakat.
- 2) Budaya.
- 3) Keindahan dan pemandangan.

### 3. Ekonomi

- 1) Peningkatan aktivitas komersial.
- 2) Peningkatan nilai properti.
- 3) Peningkatan kualitas hidup.

Kemudian Pakzad dan Osmond (2015), menambahkan indikator sosial dan budaya dimana memiliki peran penting dan manfaat dalam peningkatan kesehatan dan kesejahteraan masyarakat. Mereka menyusun indikator dalam *green infrastructure* yang dibagi empat kategori antara lain:

### 1. Lingkungan

- 1) Keadaan iklim.
- 2) Peningkatan kualitas udara.
- 3) Emisi karbon.
- 4) Bangunan tidak ramah lingkungan.

- 5) Pengontrolan aliran air.
  - 6) Kualitas tanah.
  - 7) Pembusukan limbah atau siklus nutrisi.
  - 8) Tingkat kebisingan.
  - 9) Perlindungan dan peningkatan keanekaragaman hayati.
2. Kesehatan
    - 1) Meningkatkan kesehatan fisik / aktivitas fisik di luar ruangan.
    - 2) Meningkatkan kesejahteraan sosial / adanya interaksi sosial).
    - 3) Meningkatkan kesehatan mental / mengurangi depresi dan pemulihan stress.
3. Sosial Budaya
    - 1) Produksi makanan .
    - 2) Rekreasi dan interaksi sosial.
    - 3) Akses pejalan kaki berupa keamanan dan mudah diakses).
    - 4) Penyediaan internet gratis.
    - 5) Kenyamanan dan keamanan tempat umum.
    - 6) Peduli.
    - 7) Meningkatkan daya tarik kota.
4. Ekonomi
    - 1) Peningkatan nilai properti.
    - 2) Peningkatan aktivitas ekonomi lokal.
    - 3) Penekanan biaya kesehatan.
    - 4) Naiknya pendapatan masyarakat.
    - 5) Penekanan penggunaan energi merugikan.
    - 6) Berkurangnya penggunaan kendaraan.

Berdasarkan indikator diatas, maka dalam penelitian indikator lingkungan dipilih karena disesuaikan dengan tujuan dari penelitian ini yaitu bertujuan dalam mengurangi genangan dan banjir dimana dalam indikator lingkungan memiliki fungsi salah satunya ialah pengontrolan aliran air. Hal tersebut sejalan dengan *permeable pavement* yang memiliki fungsi utama yang sama dengan indikator lingkungan yaitu mengurangi air limpasan.

## 2.5 Permukaan Berpori (*Permeable Pavement*)

Menurut Lewis, dkk (2018), *permeable pavement* atau perkerasan berpori adalah suatu lapisan permukaan yang memungkinkan air permukaan bergerak melalui permukaan tersebut guna terjadinya proses infiltrasi ataupun menyimpan air hujan yang jatuh di atasnya. Jalanan tembus air terbuat dari beton dan aspal berpori yang mudah ditembus air ataupun bahan-bahan lain yang dibentuk sedemikian rupa sehingga air dapat tetap bergerak melalui perkerasan tersebut. Sehingga dapat diartikan bahwa *permeable pavement* atau perkerasan berpori merupakan sebuah metode perkerasan dengan struktur berpori atau berlubang yang memungkinkan volume air dalam jumlah besar dialirkan dan meresap ke dalam tanah. *Permeable pavement* atau perkerasan berpori dapat menjadi sebuah alternatif dari keterbatasan daerah resapan air di perkotaan ataupun menjadi sebuah ide baru dalam mengatasi permasalahan banjir.

*Permeable pavement* sendiri dapat mengacu pada perencanaan jaringan jalan yang disesuaikan khusus untuk pejalan kaki atau kendaraan dimana terdapat ruang berpori yang memungkinkan air hujan melewati struktur perkerasan tersebut di mana kemudian akan dialirkan ke tanah yang mendasarinya atau ditahan sementara dengan dialirkan ke kolam pengelolaan air hujan bahkan atau dialirkan ke drainase. Jenis *permeable pavement* sendiri meliputi *permeable paver*, *permeable asphalt* dan *permeable concrete*.

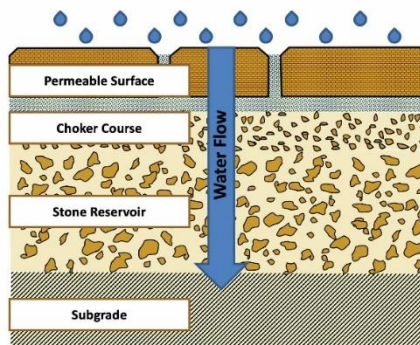


**Gambar 2.1** Jenis-Jenis Material *Permeable Pavement*

Sumber: USGS. Gov

Menurut EPA (2021), struktur dan desain *permeable pavement* didesain dalam memungkinkan air hujan dapat bergerak melalui pori-pori dari perkerasan tersebut

sehingga dapat dialirkan menuju tanah guna menyerap air tersebut. *Permeable pavement* memiliki struktur yang terdiri menjadi beberapa lapis tergantung pada fungsi yaitu sebagai mengurangi limpasan air hujan atau dalam menyaring polutan pada air hujan yang sehingga dapat menjaga kualitas air tanah ketika diserap kedalam tanah atau dialirkan ke tempat penyimpanan melalui *underdrain* (drainase bawah tanah). Menurut Shackel, 2010 terdapat 3 jenis desain dan struktur dalam penerapan *permeable pavement* di suatu wilayah, yaitu dengan memanfaatkan infiltrasi secara penuh, secara parsial, dan tidak menggunakan infiltrasi.

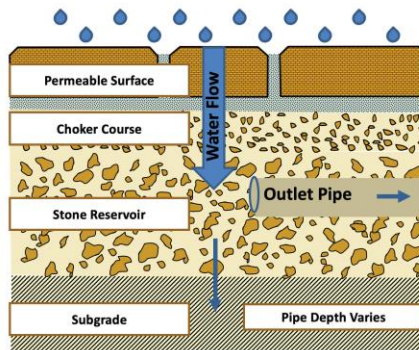


**Gambar 2.2** Ilustrasi Infiltrasi Secara Penuh *Permeable Pavement*  
Sumber : [landscapeontario.com](http://landscapeontario.com)

Pada gambar diatas, terlihat bahwa konstruksi *permeable pavement* terdiri menjadi beberapa bagian. Pada lapisan atas bagian permukaan terdiri atas material seperti *porous asphalt*, *porous concrete*, atau *permeable pavers* yang dibentuk dan direncanakan khusus untuk air dapat bergerak melalui material tersebut. Menurut U.S EPA (2021) ketebalan material bergantung pada jumlah beban lalu lintas dimana rentang ketebalan untuk *porous asphalt* berkisar 51 mm hingga 102 mm. Kemudian untuk *porous concrete* memiliki ketebalan 102 mm hingga 203 mm dan ketebalan untuk *permeable pavers* sebesar 80 mm untuk wilayah yang dilalui oleh kendaraan dan 60 mm untuk permukaan yang dilalui oleh pejalan kaki. Pada lapisan kedua dan ketiga, terdiri atas *choker course* dan *stone reservoir* (batu reservoir). *Choker course* berada di antara lapisan atas atau permukaan dengan batu reservoir (*stone reservoir*) dimana batuan reservoir memiliki fungsi untuk membantu mengurangi debit limpasan dengan menyimpan sebagian air agar sebagian limpasan dapat menembus tanah di bawahnya

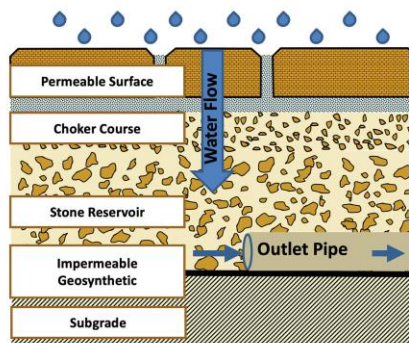


(Schaus, 2007). Batu reservoir sendiri menurut (Halliburton, 2001 dalam Afif, 2018) ialah jenis batuan yang berada pada permukaan bawah dengan sifat berpori atau permeabel dan memiliki kemampuan untuk mengalirkan cairan ataupun sebagai kapasitas penyimpanan. Kemudian pada lapisan yang terakhir, merupakan tanah dasar. Air yang telah dialirkan dari permukaan akan dibiarkan menyerap kedalam tanah. Kemampuan menyerap air suatu tanah akan bergantung pada tekstur tanah.



**Gambar 2.3** Ilustrasi Infiltrasi Secara Parsial *Permeable Pavement*  
 Sumber : *landscapeontario.com*

Kemudian berdasarkan gambar diatas, terlihat bahwa ada penambahan *underdrain* (drainase bawah tanah). Pada penerapan ini memiliki konsep dan cara kerja yang sama pada gambar sebelumnya, namun ditambah *underdrain* guna membantu mengurangi debit limpasan yang berlebihan dan memberikan waktu bagi tanah menyerap limpasan dimana limpasan yang berlebihan tersebut akan dialirkan menuju drainase ataupun tempat penyimpanan.



**Gambar 2.4** Ilustrasi *Permeable Pavement* Tanpa Infiltrasi Tanah  
 Sumber : *landscapeontario.com*

Pada gambar diatas, terlihat bahwa pada lapisan paling bawah akan dibuat tidak dapat mengalirkan limpasan air sehingga air yang masuk akan segera disalurkan melalui *underdrain* menuju drainase ataupun menuju tempat penyimpanan air. Penerapan dengan cara tersebut biasanya digunakan jika tanah memiliki kemampuan yang buruk atau rendah dalam menyerap air seperti tekstur tanah liat.

Penerapan permukaan berpori (*permeable pavement*) di suatu wilayah perlu memperhatikan berbagai aspek seperti karakteristik fisik, struktur ruang wilayah, material bahan, dan lainnya. Menurut pedoman dari *Department of Energy and Environment District of Columbia* dalam penerapan *permukaan berpori* terdapat beberapa aspek yang perlu diperhatikan berdasarkan karakteristik suatu wilayah. Beberapa aspek tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

**Tabel 2.2** Kriteria Penerapan *Permeable Pavement*

No	Aspek	Keterangan
1	Kebutuhan Lahan	<i>Permeable pavement</i> tidak memerlukan ruang yang luas atau tambahan pada lokasi yang akan diterapkan atau pada pengembangan kawasan baru. Hal tersebut menjadi sebuah kelebihan dari <i>permeable pavement</i> .
2	Jenis Tanah	Jenis tanah pada umumnya tidak membatasi penggunaan <i>permeable pavement</i> dimana pada kasus tertentu jenis tanah menjadi pertimbangan menentukan apakah <i>underdrain</i> diperlukan. <i>Underdrain</i> dibutuhkan jika karakteristik tanah sulit menyerap air dengan permeabilitas tanah kurang dari 0,5 inchi/jam atau 13 mm/jam.
4	Kemiringan Lereng	Kemiringan lereng permukaan yang curam dapat mengurangi kemampuan penyerapan air hujan dan dapat menyebabkan pergeseran pada permukaan dan dasar struktur ini. Kemiringan lereng harus kurang dari 5%.
5	Utilitas	Perlunya menghindari wilayah apabila terdapat jaringan utilitas dibawah tanah, seperti jaringan air,

No	Aspek	Keterangan
		minyak, gas, kabel (fiber optik) karena dapat menanggung fungsi dari utilitas tersebut
6	Jaringan Jalan	<i>Permeable pavement</i> tidak boleh digunakan untuk jalan berkecepatan tinggi dengan beban kendaraan yang berat. Penerapannya dapat dilakukan di jalan perumahan yang berkecepatan rendah, jalur parkir, dan jalan raya.

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

Pemanfaatan *permeable pavement* tidak hanya dibatasi pada jaringan jalan saja tetapi dapat diterapkan di beberapa zona di perkotaan. Kemudian *Green Infrastructure Ontario Coalition* (2017), menjelaskan kembali bahwa infrastruktur hijau dapat diterapkan sesuai dengan zona yang berbeda di perkotaan dan juga dapat memberikan manfaat yang bervariasi tergantung pada zona tersebut. Terdapat 7 zona yang dijelaskan, antara lain:

1. Perumahan.
2. Jalan dan Pedestrian.
3. Ruang terbuka, taman, atau area parkir.
4. Pinggir kota.
5. Institusi atau komersial.
6. Pengembangan kawasan baru.
7. Agrikultur atau lahan pertanian.

Khusus pada konsep *permeable pavement*, dapat digunakan pada 5 zona pada wilayah perkotaan antara lain dan dapat dilihat pada Tabel 2.3 dibawah ini.

1. Perumahan.
2. Ruang terbuka, taman, atau area parkir.
3. Pinggir kota.
4. Institusi atau komersial.
5. Pengembangan kawasan baru

**Tabel 2.3** Penerapan Infrastruktur Hijau di Berbagai Zona Kawasan Perkotaan

No	Jenis Green Infrastructure	Perumahan	Jalur Transportasi	Taman, Area Parkir, Ruang Terbuka	Pinggir Kota	Institusi atau Komersial	Pengembangan Kawasan Baru	Agrikultur
1	<i>Green Roof</i>							
2	<i>Green Wall</i>							
3	<i>Rainwater Harvesting</i>							
4	<i>Bioswale</i>							
5	<i>Constructed Wetland</i>							
6	<i>Dry Pond</i>							
7	<i>Filter Strip</i>							
8	<i>Hedgerow</i>							
9	<i>Perforated Pipe</i>							
10	<i>Permeable Pavement</i>							
11	<i>Rain Garden &amp; Bioretention</i>							
12	<i>Riparian Buffer</i>							
13	<i>Soakways, Infiltration Trenches &amp; Chambers</i>							
14	<i>Wet Pond</i>							
15	<i>Xeriscaping</i>							
16	<i>Tree Canopy Expansion</i>							

Sumber: A Green Infrastructure Ontario Coalition,, 2017

## 2.6 Pengertian Banjir

Menurut Suripin (2003), banjir merupakan kondisi dimana tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang atau terhambatnya suatu aliran air di dalam saluran pembuang atau drainase sehingga meluap dan menggenangi wilayah sekitarnya. Rahayu, dkk (2009), mengartikan banjir sebagai tergenangnya suatu tempat akibat meluapnya air yang melebihi kapasitas pembuangan air di suatu wilayah dan menimbulkan kerugian fisik, sosial dan ekonomi. Ancaman terjadinya bencana banjir menjadi sangat tinggi khususnya ketika musim hujan. Banjir juga dapat terjadi disebabkan oleh limpasan air permukaan (*runoff*) yang meluap dan volumenya melebihi kapasitas pengaliran sistem drainase atau sistem aliran sungai.

## 2.7 Jenis-Jenis Banjir

Menurut Pusat Krisis Kesehatan RI, banjir sendiri terbagi menjadi jenis banjir bandang, banjir air dan banjir rob (naiknya permukaan air laut). Jenis-jenis banjir tersebut antara lain:

1. **Banjir bandang**, merupakan jenis banjir besar terjadi secara tiba-tiba dan berlangsung hanya sesaat. Banjir jenis ini biasanya disebabkan oleh intensitas curah hujan tinggi dengan durasi lama yang menyebabkan volume air sungai meningkat.
2. **Banjir genangan**, merupakan jenis banjir yang umum terjadi dan disebabkan oleh hujan yang menyebabkan genangan air di wilayah tersebut tidak dapat mengalir sehingga air bertumpuk pada satu wilayah. Penyebab banjir ini ialah kurangnya daerah resapan air, tersumbatnya drainase dan lainnya.
3. **Banjir rob**, merupakan jenis banjir yang terjadi oleh kenaikan muka air laut yang disebabkan oleh keadaan pasang surutnya air laut. Banjir ini umumnya terjadi pada kawasan pesisir dan jarang terjadi di perkotaan.

## 2.8 Faktor Penyebab Banjir

Kodoatie dan Sugiyanto (2002) menyebutkan bahwa faktor penyebab terjadinya banjir secara umum disebabkan oleh 2 faktor, yaitu disebabkan oleh alam dan disebabkan oleh manusia.

### **1. Disebabkan oleh Alam**

Penyebab alami terjadinya banjir, antara lain:

- 1) Pengaruh air pasang.
- 2) Curah hujan.
- 3) Pengaruh fisiografi (geografi fisik).
- 4) Erosi dan sedimentasi.
- 5) Kapasitas sungai.
- 6) Kapasitas drainase yang tidak memadai.

### **2. Disebabkan oleh Manusia**

Penyebab buatan terjadinya banjir, antara lain:

- 1) Kawasan kumuh dan sampah.
- 2) Kerusakan bangunan pengendali banjir.
- 3) Perencanaan sistem pengendalian banjir tidak tepat.
- 4) Penurunan fungsi daerah aliran sungai.
- 5) Drainase perkotaan.
- 6) Kerusakan hutan.

### **2.9 Pencegahan Bencana Banjir**

Dalam Peraturan Menteri Perumahan Rakyat No. 10 Tahun 2014 tentang Pedoman Mitigasi Bencana Alam Bidang Perumahan Dan Kawasan Permukiman menjelaskan bahwa tahap awal dalam mitigasi bencana 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 bencana banjir. Prinsip mitigasi bencana banjir untuk perumahan dan kawasan permukiman dalam peraturan tersebut, antara lain :

- 1) Menghindari kawasan rawan banjir
- 2) Menghindari limpahan air
- 3) Mengalihkan aliran banjir
- 4) Pengendalian aliran air

Pelaksanaan mitigasi bencana banjir pada kawasan perumahan dan permukiman terhadap pembangunan prasarana, sarana dan utilitas umum, memperhatikan beberapa hal, antara lain:

- 1) Lokasi evakuasi dan penampungan sementara jika terjadi bencana banjir;
- 2) Jaringan jalan yang dapat digunakan untuk jalur akses menuju ke lokasi evakuasi;
- 3) Drainase dengan ukuran yang memadai berdasarkan data jenis dan daya serap tanah;
- 4) Pembuatan sumur resapan;
- 5) Pembuatan tanggul bagi sungai yang melewati perumahan dan kawasan permukiman;
- 6) Ketersediaan sarana peringatan dini dan rambu-rambu yang dibutuhkan terkait dengan peringatan dini dan evakuasi; dan
- 7) Pembuatan tempat pembuangan sampah sementara.

## **2.10 Genangan**

Menurut Sobirin (2007) dalam Fathillah (2020), genangan dapat diartikan sebagai peristiwa dimana kawasan dipenuhi air karena tidak adanya drainase yang memutus air tersebut keluar dari kawasan tersebut. Genangan juga didefinisikan sebagai sekumpulan air yang berhenti mengalir di tempat-tempat yang bukan merupakan badan air. Sedangkan dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia oleh Poerwadarminta (1990), genangan berasal dari kata dasar “genang” yang artinya berhenti mengalir. Kemudian berdasarkan Peraturan Menteri PU No. 14/PRT/M/2010, genangan merupakan terperangkapnya air hujan pada suatu kawasan dengan ketinggian lebih dari 30 cm selama 2 jam dengan waktu terjadinya lebih dari 2 kali setahun. Genangan dan banjir memiliki perbedaan dimana Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) telah menjelaskan perbedaan antara genangan dan banjir yaitu sebagai berikut:

### **1. Waktu**

Apabila hujan terjadi dan waktu yang dibutuhkan air hujan tersebut untuk surut singkat atau kurang dari 24 jam, maka hal tersebut dapat diklasifikasikan sebagai genangan, sedangkan banjir yaitu jika air yang menggenang setelah hujan tersebut membutuhkan waktu yang lama untuk surut atau lebih dari 24 jam bahkan lebih.

## 2. Luas

Genangan memiliki skala yang lebih kecil dibandingkan dengan banjir yaitu dibawah 100 meter dan berpusat pada beberapa titik suatu wilayah sedangkan banjir memiliki skala yang lebih besar dibandingkan genangan yaitu lebih dari 100 meter dan tidak berpusat pada beberapa titik suatu wilayah.

## 3. Tinggi

Air yang menggenang dapat diklasifikasikan sebagai genangan jika memiliki tinggi permukaan air kurang dari 40 cm, sedangkan banjir memiliki ketinggian permukaan air yang lebih dari 40 cm bahkan pada beberapa kasus mencapai 1 meter bahkan lebih.

## 4. Penyebab

Kodoatie & Roestam (2005) dalam Kusumadewi, dkk (2012), menyebutkan bahwa banjir dan genangan yang terjadi diakibatkan antara lain oleh dua faktor yaitu alam dan tindakan manusia.

### **2.11 Perubahan Penggunaan Lahan**

Menurut Haryani (2011), perubahan penggunaan lahan tersebut meningkat disebabkan oleh dua hal yaitu adanya keperluan dalam memenuhi kebutuhan penduduk yang akan meningkat setiap tahunnya dan berikutnya ialah berkaitan dengan tuntutan akan peningkatan kualitas hidup yang lebih baik. Sehingga kebutuhan lahan untuk tempat tinggal akan selalu meningkat disebabkan oleh peningkatan angka kelahiran tiap tahunnya dan perpindahan penduduk dari desa menuju kota untuk mencari kualitas hidup yang lebih baik. Menurut Sari (2010), menjelaskan bahwa karakteristik suatu kawasan seperti topografi, penggunaan lahan dan jenis tanah berpengaruh terhadap jumlah air yang meresap ke tanah dan jumlah air yang menjadi limpasan permukaan. Kemudian Kurnia, dkk (2001) menjelaskan bahwa perubahan penggunaan lahan yang awalnya sawah menjadi pemukiman dan industri di bagian hulu DAS Kaligarang menyebabkan dampak negatif, berupa peningkatan debit banjir serta menurunkan luas area panen dan produksi pertanian pada bagian hilir DAS tersebut. Selain itu, Halim (2014) menjelaskan bahwa perubahan tata guna lahan berdampak dalam peluang dan



peningkatan debit banjir dimana pada bagian hilir DAS Malalayang yang merupakan hutan dan perkebunan telah berubah menjadi kawasan bisnis dan perkotaan yang menyebabkan nilai koefisien pengaliran semakin besar, sehingga pada ketika hujan tiba dengan intensitas yang tinggi maka terjadi genangan kemudian banjir. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perubahan penggunaan lahan menjadi salah faktor penting dalam terjadinya genangan dan banjir pada saat musim penghujan tiba.

### **2.12 Definisi Drainase**

Menurut Suripin (2004), drainase berarti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air sehingga dapat secara umum, drainase dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Hasmar (2002), menyebutkan bahwa drainase perkotaan adalah ilmu drainase yang diterapkan mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan sosial budaya yang ada di kawasan kota. Drainase sangat berperan dalam mengendalikan kelebihan aliran permukaan khususnya ketika hujan melanda.

### **2.13 Kerawanan Banjir**

Menurut UU No. 24 Tahun 2007, definisi kerawanan bencana ialah adalah suatu karakteristik baik geologis, biologis, hidrologis, klimatologis, geografis, sosial, budaya, teknologi dan lainnya yang dimiliki suatu wilayah untuk jangka waktu tertentu dalam kemampuan menanggapi, mencapai kesiapan, meredam, mencegah dan mengurangi dampak buruk dari suatu bahaya tertentu. Kemudian kerawanan (*susceptibility*) dalam manajemen risiko bencana adalah kecenderungan fisik baik itu makhluk hidup, lingkungan serta sarana prasarana yang terkena dampak dari bencana yang disebabkan oleh rendahnya daya tahan masyarakat dan lingkungan (Husein, dkk. 2017). Sehingga dapat disimpulkan bahwa kerawanan bencana merupakan karakteristik fisik, sosial, budaya, dll suatu wilayah yang berpotensi mudah atau rentan mengalami suatu bencana. Kerawanan banjir ditentukan melalui mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh dalam terciptanya banjir. Setiap faktor-faktor tersebut

diberikan nilai yang berbeda-beda, sesuai dengan faktor mana yang paling berpengaruh dalam proses terjadinya banjir. Proses pengidentifikasian wilayah rawan banjir melalui pemetaan dilakukan dengan tujuan mencegah bahkan mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan dari bencana banjir.

#### **2.14 Limpasan Permukaan**

Menurut Rohyati, dkk (2015), limpasan permukaan atau *run off* merupakan air hujan jatuh dan tidak dapat diserap oleh tanah atau vegetasi yang akhirnya mengalir langsung ke sungai atau laut. Besaran nilai dari aliran permukaan sangat menentukan tingkat kerusakan erosi ataupun banjir. Berbagai faktor penyebab seperti curah hujan, tutupan lahan, bangunan penyimpanan air, dan lainnya menjadi faktor dalam penyebab besarnya nilai aliran permukaan. Kemudian Amirul (2021), menyebutkan limpasan permukaan sebagai bagian dari air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah yang mengangkut partikel-partikel tanah. Lahan dengan kondisi lingkungan yang memiliki vegetasi lebat akan menyebabkan nilai dari limpasan permukaan yang mengalir kecil diakibatkan air hujan yang jatuh pada lingkungan tersebut akan meresap ke dalam tanah melalui dan dibantu oleh vegetasi (Laoh, 2002).

#### **2.14 Studi Banding**

Beberapa negara yang menerapkan *permeable pavement* dalam mengurangi genangan dan banjir dapat dijadikan sebagai acuan dalam melihat penerapannya di Kecamatan Panakkukang:

##### **1. Amerika Serikat**

Konsep *green infrastructure* dikembangkan oleh *The United States Environmental Protection Agency* (EPA) yang dimulai sejak tahun 2007. Penerapan *permeable pavement* kini di Amerika Serikat telah berkembang dan diterapkan di banyak kota besar, salah satunya ialah Kota Philadelphia. Penerapan *permeable pavement* di kota ini diterapkan pada fasilitas umum seperti jalan, area parkir, taman, pedestrian, lapangan, dsb. Infrastruktur ini mengurangi limpasan permukaan yang memasuki sistem saluran drainase kota, dan dengan demikian mengurangi luapan ketika terjadi hujan dengan intensitas yang tinggi atau badai.



**Gambar 2.5** Penerapan *Permeable Pavement* pada Area Parkir Kota Philadelphia  
Sumber : <https://www.pwdplanreview.org/manual/chapter-4/4.2-porous-pavement>

## 2. China

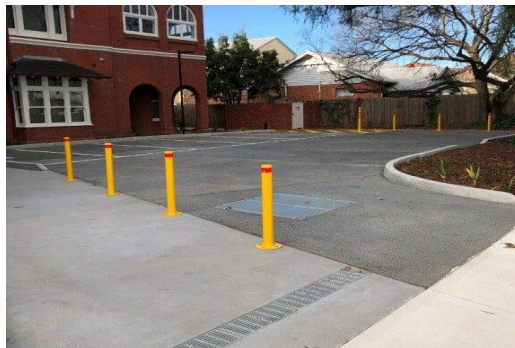
China memanfaatkan konsep *sponge city* dalam mengatasi permasalahan genangan dan banjir. Konsep tersebut dimulai pada tahun 2015 oleh pemerintah pusat China, agar diterapkan di 30 kota yang berada di China. Kota spons sendiri mengacu pada kota yang mampu menahan air hujan agar dan mampu meningkatkan peresapan ke dalam tanah sehingga bahaya banjir dapat berkurang (UU No. 3 Tahun 2022) dimana penerapan permukaan berpori yang mampu menyerap air termasuk ke dalamnya. Menurut Huang, dkk (2014), implementasi *permeable pavement* pada wilayah Universitas Tianjin, China dapat mengurangi sekitar 35,6% dari total limpasan permukaan dan kemudian Hu, dkk (2018) menunjukkan bahwa *permeable pavement* dapat mengurangi debit banjir pada blok perumahan di Nanjing, China sebesar 1-40% dan debit puncak sebesar 7-43%.



**Gambar 2.6** Penerapan *Permeable Concrete* pada Jalan di China  
Sumber : <https://m.made-in-china.com/>

### 3. Australia

Shackel (2010), menyebutkan bahwa *permeable pavement* memberikan kontribusi yang berkelanjutan dalam konsep *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) di Australia. *Permeable Interlocking Concrete Paving* (PICP) merupakan konsep yang diterapkan oleh Australia yang muncul pertama kali di Jerman dan Austria sekitar 25 tahun lalu dan kemudian menyebar ke seluruh Eropa, Inggris, Jepang, Amerika, Afrika Selatan dan termasuk Australia. Pada tahun 1990, PICP mulai dikembangkan di Australia. Pada masa kini, telah banyak jasa pada Australia yang menawarkan jasa pemasangan *permeable pavement* seperti *Hydropavers*, *Permeable Surfaces Australia* dan sebagainya telah menyediakan jasa dalam pemasangan *permeable pavement* pada Australia. Menurut salah satu jasa tersebut, bahwa kemampuan *permeable pavement* dapat memungkinkan air hujan sebesar 1.500 mm dalam waktu satu jam. Penerapan *permeable pavement* telah diterapkan pada berbagai kota di Australia seperti Melbourne yang dimana telah diterapkan sama seperti kota lainnya di luar Australia yaitu pada pedestrian, jalan, area parkir, perumahan dan lainnya.



**Gambar 2.7** *Permeable Pavement* pada Area Parkir di Australia  
Sumber : <https://www.waterpave.com.au/drivecon-permeable-concrete/>

#### 2.15 Penelitian Terdahulu

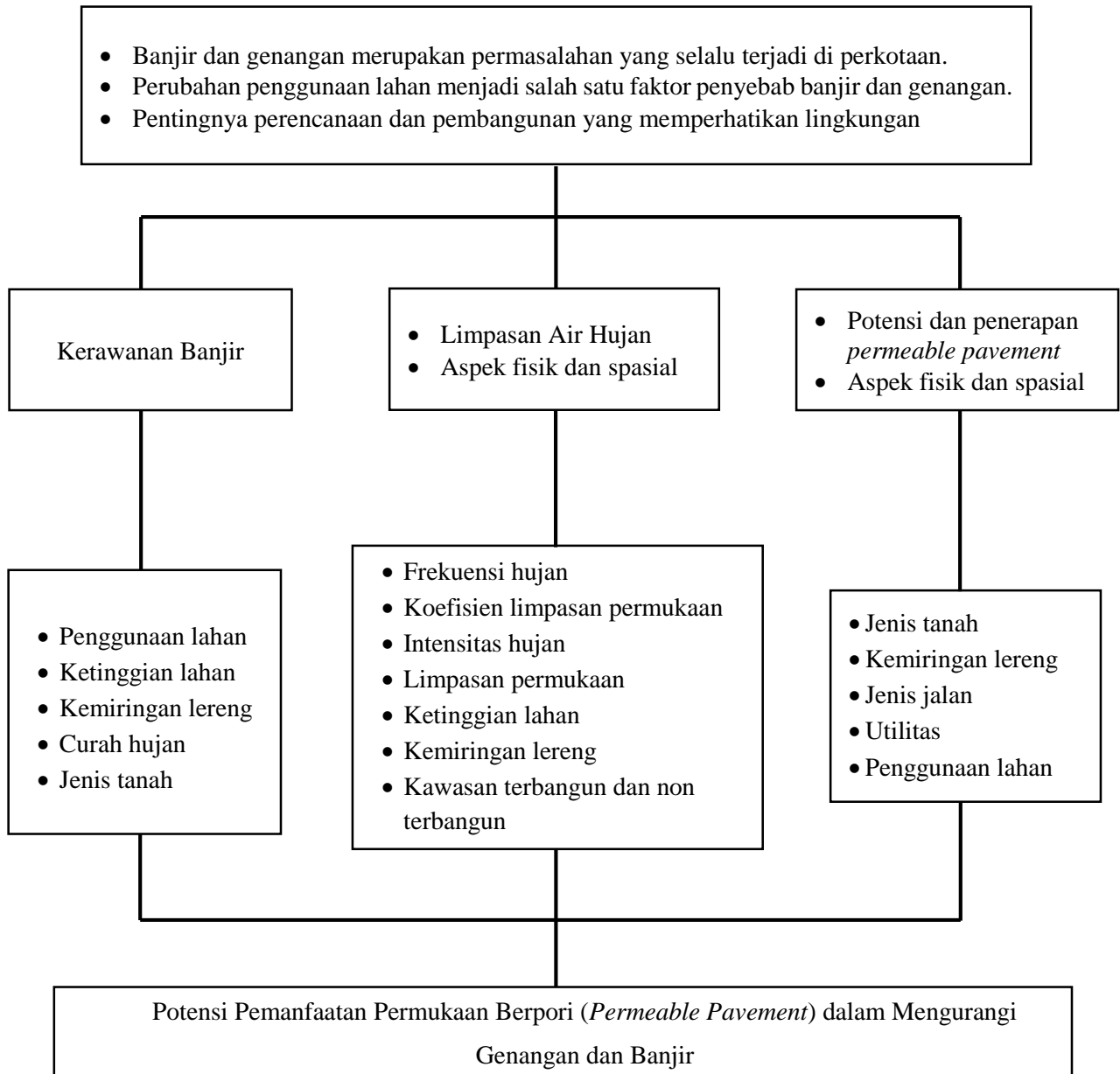
Berikut beberapa penelitian terdahulu yang digunakan penulis dalam membantu penyusunan penelitian ini, antara lain:

**Tabel 2.4** Penelitian Terdahulu

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Variabel	Jenis Penelitian	Hasil Penelitian	Sumber
1	Wati, Purnama dan Hilwati Hindersah (2021)	Potensi Penerapan Infrastruktur Hijau Dalam Upaya Mengurangi Genangan Banjir di Kawasan Sub DAS Cisangkuy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Curah hujan</li> <li>• Ketinggian tanah</li> <li>• Kemiringan lereng</li> <li>• Jenis tanah</li> <li>• Sungai</li> <li>• DEM</li> <li>• Tutupan lahan</li> </ul>	Kuantitatif dan deskriptif	Penelitian ini menggunakan variabel kemiringan lereng, ketinggian lahan, jenis tanah, tutupan lahan, jaringan sungai untuk dilakukan analisis spasial melalui <i>Arcgis</i> guna mendapatkan lokasi yang berpotensi diterapkan kolam retensi, kolam detensi, dan <i>vegetated filter strip</i> . Kemudian menggunakan data curah hujan untuk mencari debit banjir rencana yang akan dikurangi dengan kemampuan infrastruktur hijau dalam mengurangi genangan	Prosiding Perencanaan Wilayah dan Kota, Volume 7, No. 2, Tahun 2021
2	Kusumo, Probo dan Evi Nursari (2016)	Zonasi Tingkat Kerawanan Banjir Dengan Sistem Informasi Geografis Pada Das Cidurian Kab.Serang, Banten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Curah hujan</li> <li>• Kelerengan</li> <li>• Jenis tanah</li> <li>• Ketinggian tanah</li> <li>• <i>Land use</i></li> <li>• Jarak (<i>buffer</i>) dari sungai</li> </ul>	Deskriptif kuantitatif	Hasil penelitian ini menunjukkan wilayah sangat rawan banjir berada di daerah hilir DAS yang merupakan dataran rendah dengan penggunaan lahan sebagian besar adalah lahan terbuka dan terbangun yaitu di Kabupaten Serang dan Tangerang. Wilayah tidak rawan banjir merupakan dataran tinggi dengan penggunaan lahan yang didominasi oleh vegetasi yaitu wilayah hulu DAS di Kabupaten Bogor.	Jurnal String Vol. 1 No. 1 Tahun 2016
3	Savitri, Yang Ratri (2017)	Penerapan <i>Low Impact Development</i> (LID) Untuk Meminimalisir Genangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Curah hujan</li> <li>• <i>Catchment area</i></li> <li>• Drainase</li> <li>• Topografi</li> <li>• Kemiringan lahan</li> <li>• Koefisien manning</li> </ul>	Deskriptif kualitatif dan kuantitatif	Membahas perbedaan antara pemanfaatan dan tidak memanfaatkan konsep LID dalam mengurangi penambahan debit limpasan air hujan dengan menggunakan 7 jenis infrastruktur hijau berupa <i>green roof</i> , <i>rain garden</i> , <i>rain barrel</i> , <i>bioretention</i> , <i>infiltration trench</i> , <i>permeable pavement</i> dan <i>vegetative swale</i> .	Jurnal Teknik Hidroteknik Vol. 1, No.1, (2017)

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Variabel	Jenis Penelitian	Hasil Penelitian	Sumber
4	Rachmadiarazaq, Rulli Pratiwi Setiawan (2020)	Arahan Pengembangan <i>Green Infrastructure</i> Pendukung Kuantitas Air Tanah di Kelurahan Sarangan Magetan Berdasarkan Persepsi Stakeholder	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Rain water harvesting</i></li> <li>• <i>Permeable pavements</i></li> <li>• <i>Green streets</i></li> <li>• <i>Urban tree canopy</i></li> <li>• <i>Retention pond</i></li> </ul>	Deskriptif kualitatif	Penelitian ini membahas terkait arahan pengembangan infrastruktur hijau di Kelurahan Sarangan dimana <i>rain harvesting</i> menjadi prioritas utama disebabkan tidak tersedianya infrastruktur tersebut kemudian <i>permeable pavement, green streets, urban tree canopy dan retention pond</i> diberikan arahan untuk mempertahankan kinerja infrastruktur tersebut.	Jurnal Teknik ITS Vol. X, No. Y, (2020)
5	Yu, M M, dkk (2017)	<i>Urban permeable pavement system design based on "sponge city" concept</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jenis kawasan</li> <li>• Karakteristik kawasan</li> <li>• Kebutuhan <i>permeable pavement</i></li> </ul>	Deskriptif kualitatif	Hasil penelitian ini terkait standar pengaplikasian dan kebutuhan <i>permeable pavement</i> di berbagai kawasan. Untuk beberapa kawasan, kebutuhan <i>permeable pavement</i> berbeda untuk setiap lokasi, dimana perbedaan relatif terletak pada jenis materialnya.	IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 82 (2017) 012027

## 2.16 Kerangka Konsep



Gambar 2.8 Kerangka Konsep Penelitian