



PENERAPAN INFRASTRUKTUR HIJAU SEBAGAI SOLUSI LIMPASAN PERMUKAAN (STUDI KASUS: JL.DR. DJUNJUNAN PASTEUR, KOTA BANDUNG)

By Nur Hidayah Rahmawati

Universitas Kebangsaan Republik Indonesia

E-mail: bynurhidaya4975@gmail.com

Informasi Naskah:

Diterima:
26 Juni 2024

Direvisi:
25 Juli 2024

Disetujui terbit:
15 Agustus 2024

Diterbitkan:
Cetak:
29 September 2024

Online
29 September 2024

Abstract: *The ongoing issue today is the lack of attention given to water management aspects (related to surface runoff and infiltration) as a crucial element that must be seriously considered in the spatial planning process. (UU No. 24 Tahun 1992). One of the problems often faced in urban areas is surface runoff, with rainwater being an example that can lead to flooding and damage to infrastructure. The rainfall that occurred in the city of Bandung, based on measurements at the Bandung Geophysical Station, falls within the criteria of dense to very dense, with an intensity of 77.7 mm. (in a period of about 1–1.5 hours). With the high rainfall, it often causes problems; one of the common issues faced is the overflow of rainwater, which can lead to flooding and damage to infrastructure. Another problem that often arises in urban areas is the increase in surfaces that cannot absorb water, such as asphalt and concrete, which means that rainwater cannot be adequately absorbed by the soil, potentially leading to flooding, water pollution, and damage to infrastructure. One of the green infrastructures that can be implemented to address this issue, particularly on Dr. Djunjunan Pasteur Street, is the Bioretention Swale.*

Keyword: *Surface runoff, rainwater, Pasteur, green infrastructure, Bioretention Swale.*

Abstrak: Permasalahan yang masih berlangsung saat ini adalah kurang diperhatikannya aspek tata air (berkaitan dengan limpasan permukaan dan infiltrasi) sebagai bagian yang harus dipertimbangkan secara serius dalam proses perencanaan tata ruang (UU No. 24 Tahun 1992). Salah satu masalah yang sering dihadapi di kawasan perkotaan adalah limpasan permukaan, dan air hujan sebagai contoh yang dapat menyebabkan banjir dan kerusakan infrastruktur. Curah hujan yang terjadi di Kota Bandung berdasarkan hasil pengukuran di Stasiun Geofisika Bandung termasuk dalam kriteria padat hingga sangat padat dengan intensitas 77,7 mm (dalam kurun waktu sekitar 1–1,5 jam). Dengan curah hujan yang tinggi tersebut, sering menimbulkan masalah, salah satu masalah yang sering dihadapi adalah limpahan air hujan, yang bisa menyebabkan banjir dan kerusakan infrastruktur. Masalah lainnya yang sering muncul di daerah perkotaan adalah meningkatnya permukaan yang tidak bisa menyerap air, seperti aspal dan beton, sehingga air hujan tidak bisa diserap dengan baik oleh tanah, yang bisa menyebabkan banjir, pencemaran air dan juga kerusakan infrastruktur. Salah satu infrastruktur hijau yang dapat diterapkan untuk mengatasi masalah tersebut khususnya di Jl. Dr. Djunjunan Pasteur adalah *Bioretention Swale*.

Kata Kunci: Limpasan permukaan, air hujan, infrastruktur hijau, *Bioretention Swale*.

PENDAHULUAN

Bandung merupakan salah satu kota dengan curah hujan yang tinggi. Berdasarkan tabel curah hujan Kota Bandung tahun 2020 dari Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Bandung, menunjukkan bahwa curah hujan yang tinggi terjadi pada bulan Februari (336,60 mm) dan Oktober (327,30 mm), dari data yang lain pada bulan Oktober tahun 2016 curah hujan tertinggi yaitu 186 mm, dari data tersebut dapat diketahui bahwa setiap tahun terjadi peningkatan curah hujan yang cukup tinggi. Banjir merupakan peristiwa yang bersifat sementara, salah satu penyebabnya terjadi akibat sistem utilitas atau saluran air di dalam kota yang tidak dapat

menampung intensitas curah hujan yang tinggi, juga limpasan air hujan dari daerah sekitarnya khususnya dari daerah yang lebih tinggi. Untuk mengetahui penyebab banjir maka dilakukan analisa terhadap lokasi dan pengaliran air secara spasial.

Pengelolaan air hujan di daerah perkotaan berubah seiring dengan waktu, cara-cara pengelolaan secara konvensional pada umumnya masih sering dilakukan, yaitu mengalirkan air secepat-cepatnya ke sungai dan selanjutnya ke hilir akan meningkatkan beban sungai semakin besar cara ini justru akan mengakibatkan bencana banjir di hilir.

Tabel 1. Pengamatan curah hujan berdasarkan bulan di Stasiun Bandung, 2020.

Bulan Month	Jumlah Curah Hujan Number of Precipitation (mm)	Jumlah Hari Hujan Number of Rainy Day (mm)	Penyinaran Matahari Duration of Sunshine (%)
(1)	(2)	(3)	(4)
Januari/January	207,60	23	44,40
Februari/February	336,60	27	33,66
Maret/March	290,80	27	50,60
April/April	271,40	20	63,04
Mei/May	292,30	17	55,16
Juni/June	30,30	15	76,46
Juli/July	63,70	9	79,68
Agustus/August	41,60	8	81,09
September/September	87,70	9	81,50
Oktober/October	327,30	20	57,90
November/November	207,30	23	58,38
Desember/December	261,80	29	47,90

Sumber: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Stasiun Bandung

Selain resiko banjir di daerah perkotaan yaitu masalah penurunan kualitas air hujan karena daerah tangkapan air hujan yang menyebabkan air terkontaminasi, perubahan fisik dari air yang dapat dengan mudah terlihat, seperti berubahnya tingkat kejernihan air, dan juga perubahan kimia.

Green infrastructure adalah konsep penataan ruang yang mengutamakan ramah lingkungan, yang berarti infrastruktur tersebut tidak mengganggu siklus alami dan ekosistem dari lingkungan tersebut. *Bioretention* merupakan salah satu sistem *green infrastructure* yang dibahas dalam penulisan makalah ini.

Pemahaman mengenai proses infiltrasi dan limpasan permukaan beserta faktor-faktor yang mempengaruhinya sangat diperlukan sebagai acuan untuk pelaksanaan manajemen air dan penggunaan lahan yang lebih efektif. Oleh karena itu, dalam perencanaan pengelolaan sumberdaya air, pengendalian limpasan permukaan dan infiltrasi merupakan masalah yang seharusnya di atasi terlebih dahulu sebelum upaya berikutnya dilakukan, terlebih lagi perubahan penggunaan lahan yang terjadi pada saat ini tentunya sangat mempengaruhi besarnya limpasan permukaan dan laju infiltrasi yang terjadi (Harisuseno, et al, 2014).

Kajian ini bertujuan untuk melakukan analisis awal terhadap sistem *bioretention* selain sebagai solusi limpasan permukaan air hujan juga dapat digunakan dalam menanggulangi banjir di daerah Pasteur Bandung.

TINJUAN PUSTAKA

Green infrastructure

Green infrastructure dikenal dengan infrastruktur yang menggunakan vegetasi, tanah dan elemen alami lainnya untuk memulihkan proses alami dan menciptakan lingkungan yang lebih sehat, terutama di lingkungan perkotaan.

Green infrastructure adalah pendekatan hemat biaya yang memberikan banyak manfaat bagi masyarakat. Sementara ini *stormwater management* ditujukan

untuk drainase pipa konvensional dan sistem pengolahan air hujan yang dirancang untuk menjauhkan air hujan perkotaan dari lingkungan binaan. *Green infrastructure* mengurangi dan menangani air hujan di sumbernya sekaligus memberikan manfaat lingkungan, sosial, dan ekonomi.

Limpasan permukaan air hujan merupakan penyebab utama pencemaran air di daerah perkotaan. Saat hujan turun di atap, jalan, dan tempat parkir di kota dan pinggiran kota, air tidak bisa meresap ke tanah sebagaimana mestinya. Saluran air hujan melalui talang, selokan, dan sistem pengumpulan yang direkayasa lainnya dan dibuang ke badan air terdekat. Aliran air hujan membawa sampah, bakteri, logam berat, dan polutan lainnya dari lanskap perkotaan. Arus yang lebih tinggi akibat hujan lebat juga dapat menyebabkan erosi dan banjir di sungai perkotaan, merusak habitat, polusi air, dan infrastruktur.

Green infrastructure di perkotaan mencakup jalan setapak, pengelolaan air hujan, taman komunitas, lapangan rekreasi, fasilitas utilitas, taman satwa, habitat satwa liar, dan fitur potensial lainnya (Gary Austin, 2014). Salah satu sistem *green infrastructure* yang dapat mengelola air hujan (*stormwater management*) adalah *bioretention*.

Penerapan infrastruktur hijau memiliki berbagai manfaat yang tidak hanya terbatas pada pengelolaan air hujan. Pertama, infrastruktur hijau dapat meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Taman kota dan ruang terbuka hijau yang dihasilkan dari penerapan infrastruktur hijau menyediakan tempat rekreasi bagi warga, meningkatkan kesehatan mental, dan memperbaiki kualitas udara. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Universitas Harvard, akses ke ruang hijau dapat mengurangi tingkat stres dan meningkatkan kesejahteraan psikologis (Kuo, 2015).

Bioretention

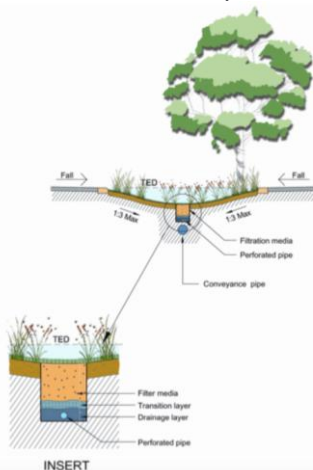
Merupakan salah satu sistem *green infrastructure* yang dapat dipertimbangkan untuk mengatasi permasalahan banjir yang tergolong sederhana namun manfaatnya dalam mengurangi jumlah limpasan air hujan sangat bisa dirasakan adalah *bioretention* atau disebut juga *rain garden*. *Bioretention* dikategorikan sebagai cara pengolahan dengan teknik *Low Impact Development* (LID) yaitu cara untuk mengurangi dampak negatif akibat pembangunan.

Bioretention adalah cara yang tepat untuk membantu meringankan masalah banjir dan polusi, oleh karena itu sangat sesuai dipergunakan sebagai salah satu sistem dalam mengatasi banjir di daerah perkotaan. Penggunaan *bioretention* sebagai ruang terbuka hijau di daerah real estate dapat meningkatkan nilai estetika daerah yang dikembangkan (Cofman, 2000; Winogradoff, 2001)

Berikut ini adalah beberapa proses utama yang ada pada *bioretention* untuk air hujan local (Winogradoff, 2001);

- Intersepsi merupakan proses tertangkapnya air hujan oleh daun tanaman serta lapisan penutup (mulch), sehingga memperlambat atau mengurangi terjadinya aliran permukaan.
- Infiltrasi adalah proses utama yang ada di *bioretention*, baik yang mempunyai saluran underdrain maupun yang tidak.
- Pengendapan akan terjadi akibat aliran lambat yang ada di *bioretention*, akibatnya partikel yang ada di air akan tertinggal di permukaan *bioretention*.
- Absorpsi adalah proses penahanan air di ruang antara partikel tanah yang kemudian akan diserap oleh akar tanaman.
- Evapotranspirasi akan terjadi di *bioretention* akan merubah sebagian air limpasan menjadi uap air.
- Absorpsi yang terjadi adalah proses penyerapan kandungan kimia seperti metal dan nitrat yang terlarut di air oleh humus dan tanah.

Sistem *bioretensi* sangat sesuai untuk berbagai kondisi tanah termasuk daerah yang dipengaruhi oleh salinitas tanah dan air tanah asin, karena pengoperasiannya umumnya dirancang untuk menampung air hujan, menambah kekasaran agar aliran melambat dan memperbesar infiltrasi.



Gambar 1. *Bioretention swale* sebagai median jalan tengah Sumber: WSUD Engineering Procedures, Stormwater

Sistem bioretensi dapat menyediakan fungsi penanganan limpasan dan pengangkutan termasuk:

- Penghapusan sedimen kasar hingga sedang dan polutan terkait (seperti nutrisi, minyak / lemak bebas dan logam) dengan penyaringan melalui vegetasi permukaan dan penutup tanah (selama pengangkutan, terutama dalam sengkedan);
- Penghapusan partikulat halus dan kontaminan terkait dengan infiltrasi melalui lapisan media filter yang mendasarinya. Ini memberikan perawatan dengan filtrasi, perawatan penahanan yang diperpanjang dan beberapa penyerapan biologis;
- Pemutusan sambungan area ke arah air dari aliran air hilir dan perlindungan ke aliran air penerima alami dari kejadian badai yang sering terjadi dengan menunda puncak limpasan, memberikan kapasitas retensi dan pengurangan kecepatan aliran puncak. Komponen sengkedan dapat

dirancang untuk mengalirkan limpasan sebagai bagian dari sistem drainase minor dan / atau mayor;

- Manfaat estetika potensial karena vegetasi permukaan dapat digabungkan ke dalam fitur lanskap jalan dan lanskap umum. (Department of Planning and Local Government, Government of South Australia, Adelaide, 2010)

Tersedianya kondisi habitat yang berkualitas bagi satwa liar, memberikan kontribusi positif bagi peningkatan keanekaragaman hayati di perkotaan. (Department of Planning and Local Government, Government of South Australia, Adelaide, 2010)

Desain lanskap untuk sistem bioretensi memiliki beberapa tujuan utama. Ini termasuk:

- Memastikan perawatan permukaan dan desain penanaman memenuhi sasaran kualitas limpasan dengan memasukkan spesies tanaman yang sesuai untuk penanganan limpasan (terutama tanaman dengan zona akar aktif secara biologis) sambil meningkatkan lanskap alam secara keseluruhan;
- Mengintegrasikan perencanaan dan desain sistem bioretensi dalam lingkungan binaan dan lanskap sekitarnya;
- Memasukkan prinsip-prinsip Pencegahan Kejahatan Melalui Desain Lingkungan (CPTED) dan standar keselamatan visibilitas jalan, jalan masuk dan jalan setapak;
- Menciptakan peluang fasilitas lanskap yang meningkatkan area komunitas. Ini melibatkan peningkatan estetika visual, penyediaan naungan dan penyaringan, pembingkai tampilan, dan pencarian jalan. (Department of Planning and Local Government, Government of South Australia, Adelaide, 2010)

Area bioretensi biasanya berukuran (berdasarkan ruang hampa media tanah dan area genangan) untuk menangkap dan mengolah volume kualitas air (biasanya antara 0,5-1,0 inci limpasan, tergantung pada kebutuhan).

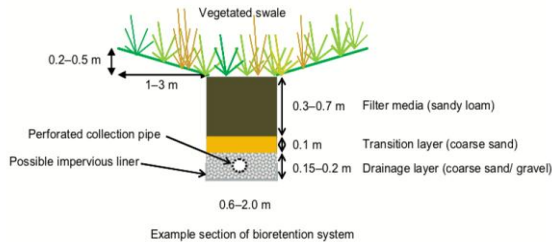
Rasio kekosongan tanah yang rendah yang digunakan dalam sistem ini (nilai tipikal adalah 0,2) dan tingkat infiltrasi yang terbatas (biasanya 150 hingga 350 mm / jam) membatasi potensinya untuk menyediakan pengendalian banjir. Perkiraan dari volume tampungan banjir yang tersedia adalah kombinasi dari 20% volume tanah ditambah volume genangan di atas, meskipun dalam prakteknya penyimpanan tanah yang tersedia tidak mungkin digunakan sepenuhnya selama peristiwa badai intensitas tinggi.

Jika aliran banjir kecil dan besar harus dialirkan melalui permukaan bioretensi, kecepatan sebaiknya dijaga di bawah 0,5 m / detik untuk menghindari gerusan.

Area bioretensi biasanya dirancang berlapis-lapis sebagai berikut (dari dasar galian ke permukaan):

- Liner yang tidak dapat ditembus (opsional)
- Lapisan kerikil (kira-kira 12 inci) dengan pengurasan bawah (opsional)
- Lapisan batu kacang (sekitar 4 inci)

- Media tanah bioretensi terdiri dari 40% pasir, 20-30% humus, 30-40% kompos (antara 24-48 inci)
- Mulsa kayu keras parut halus (sekitar 3 inci)
- Kedalaman genangan (bervariasi tergantung kondisi lokasi; biasanya antara 6-9 inci).
(Department of Planning and Local Government, Government of South Australia, Adelaide, 2010)



Gambar 2. Typical section dari bioretention swale.

Sumber: WSUD Engineering Procedures, Stormwater Parit bioretensi dapat terdiri dari tiga lapisan (Gambar 2). Selain media filtrasi, diperlukan lapisan drainase untuk mengalirkan air olahan ke underdrains berlubang. Bahan ini mengelilingi pipa underdrainage berlubang dan dapat berupa pasir kasar (1 mm) atau kerikil halus (2–5 mm). Jika kerikil halus digunakan, disarankan untuk memasang lapisan pasir transisi atau kain geotekstil (dengan ukuran mata jaring yang setara dengan ukuran pasir) untuk mencegah media filtrasi dicuci ke dalam pipa berlubang. (Department of Planning and Local Government, Government of South Australia, Adelaide, 2010)

Selain banjir, masalah air hujan adalah dampak kualitas air yang terjadi ketika air hujan mengumpulkan polutan dari udara atau, lebih sering, dari permukaan tanah dan mengirimkannya ke sistem akuatik. Zat beracun, seperti logam berat dan hidrokarbon minyak bumi, bergabung dengan nutrisi berlebih (amonia, nitrat, dan fosfor) dan bakteri patogen untuk membuat air hujan perkotaan menjadi masalah polusi yang signifikan. Aliran air hujan yang tercemar dapat diolah dalam lanskap yang dikelola untuk menghilangkan kontaminan dan nutrisi berlebih melalui beberapa proses.

Pengurutan, penyaringan atau konversi biologis racun atau nutrisi menjadi zat yang tidak terlalu berbahaya dapat dilakukan dengan sistem alami yang dikelola. (Gary Austin, 2014). (Gambar 2).

Sistem bioretensi yang dirancang dan dipelihara dengan benar telah terbukti menahan polutan dalam banyak penelitian. Efisiensi penghilangan polutan dari sistem bioretensi yang tersedia dalam literatur dirangkum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Bioretention system Effeciencies

Gross Pollutants*	Coarse Sediment*	Medium Sediment	Fine Sediment	Free Oil and Grease	Nutrients**	Metals
-	80-100%	50-80%	30-50%	30-50%	30-50%	30-50%

*Assumes gross pollutant pre-treatment provided

**Bound to sediments and some dissolved nutrients

Source: Upper Parramatta River Catchment Trust (2004)

Sumber : Department of Planning and Local Government, Government of South Australia, Adelaide, 2010

Sistem bioretensi dapat meningkatkan kualitas air limpasan melalui beberapa mekanisme pengolahan. Ini termasuk, tetapi tidak terbatas pada:

- Filtrasi kasar melalui vegetasi permukaan;
- Sedimentasi terjadi saat air tertahan merembes;
- Serapan biologis dari polutan organik dan anorganik oleh tumbuh-tumbuhan;
- Penyerapan polutan secara biologis oleh biota di bawah tanah;
- Penyerapan polutan ke media filter; dan
- Filtrasi melalui media filter.

Bioretention atau *rain garden* dapat menjadi salah satu alternatif dan terbukti bisa mengatasi masalah zat-zat berbahaya (Coffman, 2000; Billow, 2002). Teknologi *bioretention* ini memanfaatkan tumbuhan sebagai komponen utamanya. Ada sekitar 46 jenis tanaman yang dapat dipakai. Tanaman tersebut sangat bervariasi, mulai dari tanaman air, dan bukan tanaman air, serta yang tergolong dalam rerumputan (Billow, 2002; Hausken *et al*, 2013).

Beberapa hasil studi melaporkan bahwa penggunaan *bioretention* untuk menangani pencemaran bahan organik dan logam berat. Menurut Yang, *et al* (2013), *bioretention* sangat efektif dalam menghilangkan nitrat (91%), fosfat (99%), atrazine (90%), dicamba (92%), glifosat (99%), dan 2,4-d (90%). Berdasarkan dari penelitian Chisholm (2008) yang telah dilakukan, bahwa *bioretention* atau *rain garden* sangat cocok bila dikembangkan dalam lingkungan perkotaan. (Jukung Jurnal Teknik Lingkungan, 2016)

Logam berat, padatan tersuspensi, dan hidrokarbon dihilangkan secara efektif dengan sistem ini. Sengkedan ini mengandung campuran 65 persen pasir kerikil dan 35 persen kompos. Tingkat infiltrasi dua hingga tiga kali lebih banyak dari dua inci per jam yang diprediksi dalam fase desain. (Gary Austin, 2014)

Bioretention swale atau sengkedan bioretensi (parit biofiltrasi), adalah sistem bioretensi yang terletak di dalam dasar sengkedan. *Bioretention swale* menyediakan fungsi penanganan air hujan dan pengangkutan di mana sistem bioretensi dipasang di dasar sengkedan yang dirancang untuk membawa banjir kecil. Komponen *swale* memberikan perlakuan awal terhadap air hujan untuk menghilangkan sedimen kasar hingga sedang sementara sistem bioretensi menghilangkan partikulat yang lebih halus dan kontaminan terkait.

Bioretention swale dapat membentuk lanskap jalan yang menarik dan memberikan fitur lanskap dalam pembangunan perkotaan. (Department of Planning and Local Government, Government of South Australia, Adelaide, 2010)

Beberapa gambar contoh memperlihatkan bioretention swale sebagai median jalan, (Gambar 3, 4, dan 5)



Gambar 3. Contoh sistem *bioretention swale*, sebagai median jalan Tengah. Sumber: WSUD Guidelines, Bioretention swale Chapter 4. Gary Austin, 2014



Gambar 4. Contoh sistem *bioretention swale*, sebagai median jalan Tengah. Sumber: WSUD Guidelines, Bioretention swale Chapter 4. Gary Austin, 2014



Gambar 5. Bioretention Swale, di lingkungan High Point Seattle, WA. Sumber: WSUD Guidelines, Bioretention swale Chapter 4. Gary Austin, 2014

Vegetasi

Vegetasi yang ditanam di area *bioretention* adalah jenis vegetasi yang dapat berfungsi membantu mengatasi genangan, yaitu vegetasi dengan kemampuan evapotranspirasi yang tinggi. Jenis vegetasi yang memenuhi kriteria ini adalah tanaman yang mempunyai daun yang banyak.

Vegetasi dalam sistem bioretensi meningkatkan proses pengolahan limpasan dan membantu menjaga permeabilitas media filter. Media filter bioretensi biasanya merupakan bahan tumbuh tanaman yang dapat berupa campuran tanah, kerikil, pasir dan / atau gambut.

Vegetasi yang tumbuh pada media filter meningkatkan fungsinya dengan cara mencegah erosi pada media filter, terus menerus memecah tanah melalui pertumbuhan tanaman untuk mencegah penyumbatan sistem dan menyediakan biofilm pada akar tanaman yang dapat diserap oleh polutan. Jenis vegetasi bervariasi tergantung pada persyaratan lansekap. Umumnya, semakin rapat dan tinggi vegetasi, semakin baik filtrasi.

Vegetasi sangat penting untuk menjaga porositas lapisan filtrasi. Pemilihan media filtrasi yang tepat adalah masalah utama. Konduktivitas hidrolis yang memadai (yaitu mengalirkan air melalui media filtrasi secepat mungkin) perlu diimbangi dengan penahanan air hujan untuk perawatan dan penyediaan media tanam yang sesuai untuk mendukung pertumbuhan vegetasi (yaitu mempertahankan kelembaban tanah yang cukup dan kandungan organik). Biasanya berpasir lempung cocok, tetapi tanah dapat disesuaikan dengan jenis vegetasi. (Melbourne Water, 2005)

Rencana penanaman biasanya mencakup tanaman keras herba dan semak yang dapat tahan terhadap genangan air, kondisi asin, dan periode kemarau yang berkepanjangan.

Tabel 3 memperlihatkan jenis vegetasi yang dapat menahan limpasan air hujan .

Tabel 3. Kemampuan Pepohonan dalam Menahan Limpasan Air Hujan

No	Jenis Pohon		Diameter Batang (cm)	Menahan Limpasan Air Hujan L/Thn
	Nama Latin	Nama Lokal		
1	<i>Acacia mangium</i>	Akasia	78	19.871
2	<i>Alstonia sp</i>	Alstonia	58	22.551
3	<i>Averrhoa bilimbi</i>	Belimbing wuluh	25	4.754
4	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Cemara udang	54	5.303
5	<i>Eugenia aquea</i>	Jambu air	33	5.496
6	<i>Ficus benjamina</i>	Beringin	86	41.101
7	<i>Gliricidia maculata</i>	Gamal	99	6.525
8	<i>Lawsonia inermis</i>	Pacar kuku	27	4.470
9	<i>Mangifera indica</i>	Mangga	32	8.145
10	<i>Manilkara zapota</i>	Sawo	25	4.754
11	<i>Mimusops elengi</i>	Tanjung	43	13.350
12	<i>Muntingia calabura</i>	Kersen	27	4.470
13	<i>Nephelium lappaceum</i>	Rambutan	57	6.525
14	<i>Pericopsis mooniana</i>	Kayu kuku	29	4.470
15	<i>Pinus mercurii</i>	Pinus	60	13.020
16	<i>Pithecellobium dulce</i>	Asem belanda	48	6.525
17	<i>Psidium guajava</i>	Jambu biji	12	1.480
18	<i>Pterocarpus indicus</i>	Angsana	114	35.242
19	<i>Spondias mombin</i>	Kedondong	33	5.496
20	<i>Swietenia microphylla</i>	Mahoni berdaun lebar	22	1.548
21	<i>Swietenia microphylla</i>	Mahoni berdaun kecil	33	3.331
22	<i>Syzygium polyanthum</i>	Salam	29	5.992
23	<i>Terminalia catappa</i>	Katapang	44	13.350
Jumlah				237.600

Sumber: *National Tree Benefit Calculator*, 2013 (Jukung Jurnal Teknik Lingkungan, 2 (1): 78-92, 2016)

METODOLOGI PENELITIAN

Pengumpulan data dan informasi

Data dan informasi diperoleh dengan melakukan studi literatur, mencari sumber-sumber data yang relevan, baik dari artikel jurnal maupun dari beberapa pustaka yang menunjang.

Studi literatur dilakukan sebagai bahan pertimbangan dan menambah wawasan untuk penulis berkaitan dengan materi yang dibahas dalam penulisan, dengan menelaah literatur yang ada.

Diperlukan data curah hujan dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Bandung, data bahaya banjir dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), serta data saluran utilitas dalam kota, terutama saluran air dari dinas Pekerjaan Umum (PU).

Pengolahan data dan informasi

Seluruh data dan informasi yang diperoleh pada tahap pengumpulan data diolah dengan analisis deskriptif. Menurut Sugiyono (2014:21) metode analisis deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi.

Aspek-aspek yang dianalisis yaitu aliran limpasan air hujan, penyebab banjir, dan penggunaan *bioretention* yang merupakan salah satu sistem *green infrastructure* yang dapat dijadikan solusi menanggulangi limpasan air hujan.

Lokasi penelitian



Gambar 6. Peta lokasi penelitian dan aliran limpasan air hujan. Sumber: www.googlemaps.com, diakses 23 Agustus 2024

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bandung memiliki curah hujan yang tinggi, seperti terlihat pada tabel 1, dan curah hujan tertinggi pada tahun 2020 terjadi pada bulan Februari dan Oktober, dengan curah hujan lebih dari 300 mm. Dari data yang lain disebutkan rata-rata curah hujan pada bulan Oktober 2016 adalah 186 mm, dan hampir setengahnya dari total curah hujan bulan Oktober terjadi dalam 1,5 jam pada tanggal 24 Oktober tahun

2016 (BMKG, 2016), sehingga menyebabkan banjir di daerah Pasteur pada tanggal tersebut. Sedangkan banjir yang terjadi di daerah Pasteur pada tanggal 24 Desember 2020, berdasarkan data BMKG Bandung pada pukul 16:00-17:00 terjadi hujan lebat dengan curah hujan 26,2 mm, kemudian terjadi hujan ekstrim pada pukul 17:00-18:00 dengan curah hujan 83 mm (Tribun Jabar.id, 2020)

Selain curah hujan yang tinggi yang menjadi penyebab banjir di daerah Pasteur adalah letak geografis daerah Pasteur di Kota Bandung berada pada salah satu cekungan Bandung (*Bandung basin*), dan lebih dari 70%, tabel 4. (sumber:kementrian kehutanan) lahan tertutupi oleh pemukiman dan jalan aspal, sehingga air tidak memungkinkan untuk masuk dan menyerap ke dalam tanah, serta tidak ada tempat atau saluran yang dapat menampung limpasan air hujan dengan volume air yang tinggi seperti danau atau kolam, sehingga menyebabkan air menggenang.

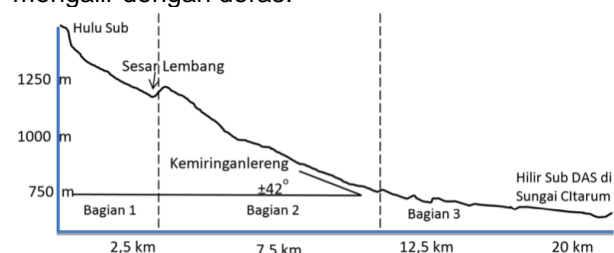
Tabel 4. Luas (dalam hektar) Penggunaan lahan di sub DAS Cibeureum.

PenggunaanLahan	Luas (Ha)	Luas (%)
HutanTanamanIndustri (HTI)	645,46	7,17
Permukiman	6403,7	71,15
PertanianLahanKering	197,69	2,20
PertanianLahanKeringBercampurdenganSemak	937,86	10,42
Sawah	546,03	6,07
Perkebunan	103,26	1,15
Tubuh Air	4,79	0,05
bandara	162,26	1,80
Total	9000,42	100

Sumber: Kementerian Kehutanan

Sumber: *Prosiding Geotek Expo Puslit Geoteknologi LIPI, Desember 2016*

Setiap sungai memiliki kapasitasnya tertentu. Curah hujan yang tinggi mengakibatkan air limpasan akan melebihi kapasitasnya dan akan meluap. Kondisi kemiringan lereng yang berkisar 42° mengakibatkan air limpasan akan segera beralih ke daerah yang lebih rendah, menuju ke daerah Pasteur dan air yang mengalir dengan deras.



Gambar 7. Kondisi kemiringan lereng pada sub DAS berdasarkan penarikan garis penampang dari hulu ke hilir sub DAS Cibeureum. Sumber: *Prosiding Geotek Expo Puslit Geoteknologi LIPI, Desember 2016*

Implementasi *Bioretention*

Jalan Dr. Djunjunan Pasteur memiliki dua arah jalur jalan dengan arah yang berbeda, dengan jalur hijau ditengahnya sebagai pembatas jalan (gambar 7 dan 8), kondisi ini sangat memungkinkan untuk mengganti jalur hijau yang sudah ada dengan sistem *bioretention* yaitu *baio retention swale* sebagai pengganti pembatas jalan tersebut, selain dapat

mengurangi jumlah limpasan air hujan, memiliki nilai estetika, juga dapat mengurangi polusi udara. Sungai Cianting dan Sungai Citepus yang memotong jalan Dr. Djunjunan Pasteur tidak dapat menampung air hujan ketika terjadi hujan ekstrim, dengan adanya sistem *bioretention swale* dapat membantu mengurangi limpasan air hujan yang masuk ke dalam sungai tersebut.



Gambar 7. Jalan Dr. Djunjunan, Pasteur, Bandung. Sumber: Dokumentasi pribadi



Gambar 8. Jalan Dr. Djunjunan, Pasteur, Bandung. Sumber: Dokumentasi Pribadi

Sistem bioretensi dapat dipasang di bagian *swale*, atau di sepanjang *swale*. Untuk kasus Jalan Dr. Djunjunan Pasteur, bioretention *swale* dibuat dengan lebar 2 – 3 m, dengan lebar tersebut, bioretention *swale* dapat mengurangi limpasan sekitar 25% dari total limpasan curah hujan, *swale* dipasang disepanjang bioretention, sehingga limpasan air hujan dari jalan di sepanjang Jl. Dr. Djunjunan Pasteur dapat disalurkan ke *bioretention swale* tersebut, untuk kemudian diresapkan ke dalam tanah dan *overflow*nya di alirkan melalui saluran *outflow* ke sungai terdekat. (Gambar 9)

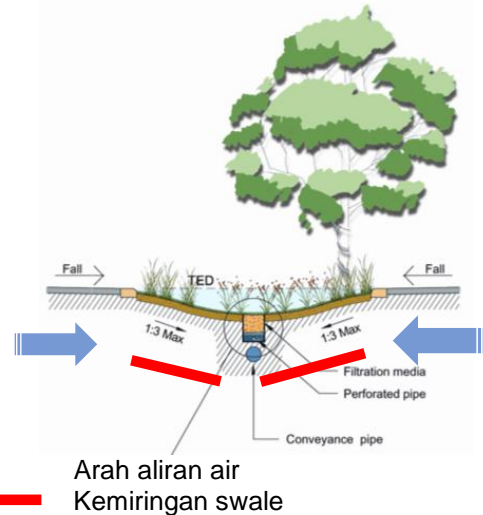


Arah aliran limpasan air hujan dari jalan

Gambar 9. Ilustrasi aliran air dari jalan menuju *bioretention swale*. Sumber: ilustrasi pribadi

Limpasan air hujan disalurkan ke bioretention *swale* yang berada ditengah yang juga berfungsi sebagai pembatas jalan, dengan kemiringan longitudinal untuk *swaleny* itu sendiri adalah kurang dari 4°, air yang ditampung kemudian diresapkan ke tanah melalui *bioretention soil* yang merupakan media filtrasi. (Gambar 10)

Kemiringan longitudinal untuk semua *swale* adalah antara 1% dan 6% (kurang dari 5% untuk *swale* Rumput). Kemiringan samping untuk *swale* kering dan *swale* lahan basah harus antara 3: 1 dan 5: 1.



Gambar 10. Ilustrasi aliran air yang masuk dari dari jalan kiri dan kanan. Sumber: WSUD Engineering Procedures, Stormwater

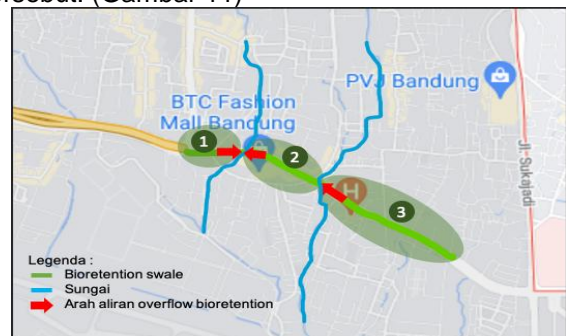
Aliran *overflow* limpasan air hujan yang ditampung bioretention *swale* di sepanjang jalan Dr. Djunjunan Pasteur sepanjang ±1.300 m, dibagi menjadi 3 bagian. (Gambar 12),

Bagian 1 bioretention *swale* sepanjang ±250 m, *overflow* limpasan air hujan disalurkan melalui saluran *outflow* ke sungai Cianting.

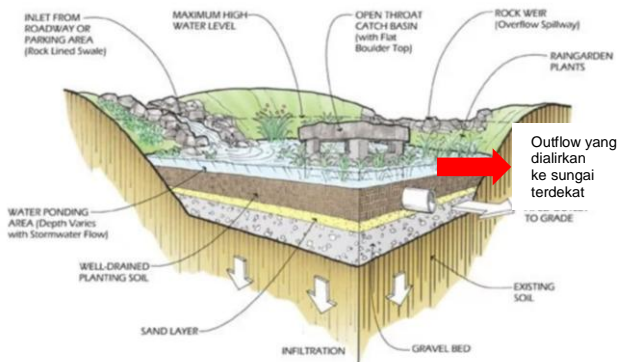
Bagian 2 bioretention *swale* sepanjang ±400 m, *overflow* limpasan air hujan disalurkan melalui saluran *outflow* ke sungai Cianting.

Bagian 3 bioretention *swale* sepanjang ±650 m, *overflow* limpasan air hujan disalurkan melalui saluran *outflow* ke sungai Citepus.

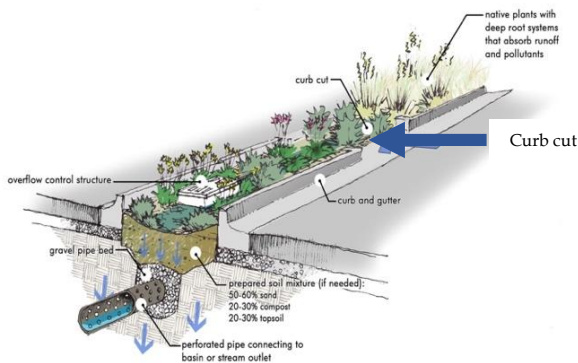
Masing-masing bagian mengalirkan *overflow* dari *bioretention* melalui saluran *outflow* ke sungai terdekat dan yang paling memungkinkan menampung *overflow* dari *bioretention swale* tersebut. (Gambar 11)



Gambar 11. Ilustrasi aliran overflow bioretention swale.
Sumber: Ilustrasi pribadi



Gambar 12. Ilustrasi saluran *outflow* yang dialirkan ke sungai terdekat. Sumber: Bluegrass Landscape Management, *Curbside* dipasang disepanjang *bioretention swale* dan pada jarak tertentu dipotong untuk memberikan celah atau ruang supaya air dapat mengalir ke dalam *bioretention*. Gambar 12.



Gambar 13. *Curbside* disepanjang *bioretention swale*.
Sumber: Mjansorsite, Mei 2014

KESIMPULAN

Sistem bioretensi yang paling umum adalah untuk memulihkan limpasan air yang disaring di dasar media filter menggunakan saluran air berlubang untuk pembuangan selanjutnya ke saluran air penerima. Untuk jangka panjang, apabila ada lahan yang bisa digunakan untuk penyimpanan air berupa danau atau *ground watertank*, air dapat diarahkan ke penyimpanan untuk digunakan kembali secara potensial, apabila diperlukan pada masa kemarau. Sistem bioretensi dapat diterapkan pada berbagai skala, misalnya di jalan lokal atau di jalan raya besar, di sepanjang koridor jalan raya di dalam trotoar (misalnya, tepi jalan raya), dan *median strip*.

Bioretention swale dirancang untuk menampung limpasan air hujan dan menyerapkannya ke tanah, lalu overflow limpasannya dialirkan ke sungai terdekat, sehingga tidak terjadi genangan di sekitar *bioretention swale* tersebut, selain berfungsi sebagai drainase, *bioretention swale* juga dapat menyaring polutan logam berat, seperti tembaga, *cadmium*, timah, krom, dan *zink* yang terlarut dalam air hujan.

Sehingga *bioretention swale* yang merupakan salah satu sistem *green infrastructure* ini bisa menjadi solusi untuk mengatasi limpasan air hujan di kawasan Jl. Dr. Djunjunan Pasteur, Bandung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada suami yang selalu mendukung baik materi maupun spirit dalam menyusun tulisan ini, kepada bapak dan ibu dosen di lingkungan program studi arsitektur Universitas Kebangsaan Republik Indonesia, yang selalu memberikan dukungan untuk menulis sehingga tulisan ini dapat selesai disusun, kepada mahasiswa yang membantu dalam penyusunan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen P. Davis, Richard H. McCuen. *Stormwater Management for Smart Growth*, Springer Science+Business Media, Inc. 2005
- Australian Runoff Quality Guidelines: *A Guide to Water Sensitive Urban Design*, Editor in Chief, Wong, T.H.F., National Committee for Water Engineering. Australia, 2006
- Aysa Akter. *Rain Water Harvesting-Building a Water Smart City*. Springer Natur, Switzerland AG. 2022
- Donald Watson, Michele Adams, *Design For Flooding, Arcitecture, Landscape, and Urban Design for Resilience to Flooding and Climate Change*. John Wilwy and Sons, Inc. Hokoben. New Jersey 2011
- Donny Harisuseno, Mohammad Bisri. *Limpasan Permukaan Secara Keruangan (Spatial Runoff)*, UB Press, 2017.
- Gary Austin. *Green Infrastructure For Landscape Planning, Integrating Human and Natural System*. New York: Routledge 2014
- Melbourne Water, *Water Sensitive Urban Design (WSUD) Engineering Procedures, Stormwater*. CSIRO Publishing, Chapter 4.2005
- Tri Harso Karyono. *Green Architecture, Pengantar Pemahaman Arsitektur Hijau di Indonesia*, Edisi 1-2, Jakarta. Rajawali Press, 2014
- Winogradoff, A. Derek, 2001, *The Bioretention Manual*, Programs & Planning Division Department of Environmental Resources Prince George's County, Maryland.
- Endah Lestari, Budi Wicaksono, RR. Mekar Ageng Kinasti, *Pemanfaatan Bioretensi Buatan Sebagai Upaya Pengelolaan Air Hujan Untuk Peningkatan Kualitas Air*. Jurnal Kilat, Institut Teknologi PLN, Vol. 10, 1 April 2021.
- Nova Annisa, Rony Riduan, Hafiizh Prasetya. *Model Rain Garden untuk Penanggulangan Limpasan Air Hujan di Wilayah Perkotaan*. Jukung Jurnal Teknik Lingkungan, 2016.
- Kartini Haliej, Ratih Dwi Prasetya Ningsih, Nuryanto. *Pengembangan Teknik Bioretention dalam Mengatasi Limpasan Air Hujan*. Universitas Gunadarma, Depok 18-19 Oktober 2011
- BPS. *Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat, Pengamatan Curah Hujan di Stasiun Pengamatan Geofisika Bandung Menurut Bulan (mm)*, 2019.
- Department of Planning and Local Government, 2010, *Water Sensitive Urban Design Technival Manual for the Greater Adelaide Region*, Government of South Australia, Adelaide.
- Bluegrass Landscape Management, <https://bluegrasslawn.com/the-importance-of->

bioretention-systems, diakses tanggal 10
September 2024

EPA. (1999). *Storm Water Technology Fact Sheet
Bioretention*. Diambil dari
[https://nacto.org/wp-
content/uploads/2012/06/US-EPA-1999.pdf](https://nacto.org/wp-content/uploads/2012/06/US-EPA-1999.pdf).

Diakses tanggal 25 Agustus 2024

EPA. (2019). *Green Infrastructure*. Diambil dari
<https://www.epa.gov/green-infrastructure>.

Diakses tanggal 25 Agustus 2024

Google Maps dan Google Earth, by Google.