

SKRIPSI

**PENERAPAN KONSEP *WATER SENSITIVE URBAN DESIGN*
DALAM PENGENDALIAN BANJIR DI KECAMATAN
TAMALANREA, KOTA MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh

**AUDI RIFYAL AKBAR
D101 18 1507**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERENCANAAN
WILAYAH DAN KOTA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENERAPAN KONSEP *WATER SENSITIVE URBAN DESIGN* DALAM PENGENDALIAN BANJIR DI KECAMATAN TAMALANREA, KOTA MAKASSAR

Disusun dan diajukan oleh

AUDI RIFYAL AKBAR

D101181507

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 13 Maret 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Ir. Arifuddin Akil, MT.

NIP. 19630504 199512 1 001

Pembimbing Pendamping,



Dr. Eng. Ir. Abdul Rachman Rasyid, ST., M.Si. IPM

NIP. 19741006 200812 1 002

Ketua Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Ir. Abdul Rachman Rasyid, ST., M.Si. IPM

NIP. 19741006 200812 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Audi Rifyal Akbar
NIM : D101181507
Program Studi : Perencanaan Wilayah dan Kota (PWK)
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Penerapan Konsep *Water Sensitive Urban Design* dalam Pengendalian Banjir di Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar

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

Semua Informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing

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.

Gowa, 13 Maret 2023

Yang Menyatakan Tanda Tangan,



Audi Rifyal Akbar

ABSTRAK

AUDI RIFYAL AKBAR. *Penerapan Konsep Water Sensitive Urban Design dalam Pengendalian Banjir di Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar* (dibimbing oleh Arifuddin Akil dan Abdul Rachman Rasyid)

Kota Makassar merupakan kota yang setiap tahunnya mengalami kejadian banjir. Salah satu kecamatan yang terdampak setiap tahunnya ialah Kecamatan Tamalanrea yang telah ditetapkan dalam RTRW Kota Makassar Tahun 2015-2034 sebagai salah satu wilayah kawasan banjir. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tren perkembangan banjir dan tingkat kerawanan banjir di Kecamatan Tamalanrea serta menetapkan konsep perencanaan dalam bentuk penerapan infrastruktur hijau dengan pendekatan *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) sebagai salah satu alternatif arahan perancangan kota ramah air dalam mengendalikan banjir. Penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan yaitu sejak Juni hingga November tahun 2022. Data yang digunakan didapatkan melalui instansi pemerintah dan observasi lapangan. Tren perkembangan banjir dan tingkat kerawanan banjir dianalisis dengan menggunakan data historis banjir dan analisis *weighted overlay*. Hasil penelitian menunjukkan tren perkembangan banjir di mana Kecamatan Tamalanrea dalam kurun waktu tahun 2019-2022 mengalami kejadian banjir sebanyak 51 kejadian yang tersebar di 28 titik lokasi banjir. Tingkat kerawanan banjir dengan potensi tertinggi yaitu berada di Kelurahan Parangloe dan potensi terendah berada di Kelurahan Tamalanrea Indah. Konsep perencanaan yang ditetapkan terdiri atas 12 jenis infrastruktur hijau pengendali banjir yang dikelompokkan berdasar proses manajemen air yang terdiri atas proses pemanenan air hujan, infiltrasi, pengaliran, serta retensi dan detensi.

Kata Kunci: Rawan Banjir, Infrastruktur Hijau, *Water Sensitive Urban Design* (WSUD), Tamalanrea

ABSTRACT

AUDI RIFYAL AKBAR. *Implementation of the Water Sensitive Urban Design Concept in Flood Control in Tamalanrea District, Makassar City (supervised by Arifuddin Akil and Abdul Rachman Rasyid)*

Makassar City hit by flood every year. One of the districts that is affected every year is Tamalanrea District which has been determined in the Makassar City Spatial Plan for 2015-2034 as one of the flood areas. This study aims to identify trends in the increasing of floods problem and the level of vulnerability to flooding in Tamalanrea District and to determine planning directions in the form of implementing green infrastructure with a Water Sensitive Urban Design (WSUD) approach as an alternative in controlling floods. This research was conducted for 6 months, from June to November 2022. The data used was obtained from government agencies and field observations. Flood increases trend and flood vulnerability level are analyzed using historical flood data and weighted overlay analysis. The results of the study show a trend in the increases of flooding where Tamalanrea Subdistrict in the 2019-2022 period experienced 51 flood events spread across 28 flood locations. The level of vulnerability to flooding with the highest potential area is located in Parangloe sub-district and the lowest potential area is located in Tamalanrea Indah sub-district. The planning directions set consist of 12 types of flood control green infrastructure which are grouped based on the water management process which consists of rainwater harvesting, infiltration, drainage, and retention and detention processes.

Keywords: *Flood Risk, Green Infrastructure, Water Sensitive Urban Design (WSUD), Tamalanrea*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
UCAPAN TERIMA KASIH.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pertanyaan Penelitian	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Ruang Lingkup.....	5
1.6 <i>Output</i> Penelitian.....	6
1.7 <i>Outcome</i> Penelitian	6
1.8 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
2.1 Banjir.....	8
2.2 <i>Water Sensitive Urban Design</i> (WSUD).....	14
2.3 Infrastruktur Hijau.....	19
2.4 Kaitan Antara Banjir, <i>Water Sensitive Urban Design</i> (WSUD), dan Infrastruktur Hijau.....	26
2.5 Studi Banding.....	40
2.6 Penelitian Terdahulu	43
2.7 Keterkaitan Kajian Pustaka terhadap Metode Penelitian	47
2.8 Kerangka Pikir.....	48
BAB III METODE PENELITIAN.....	50
3.1 Jenis Penelitian	50
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	50
3.3 Jenis dan Sumber Data	52
3.3.1 Data Primer	52
3.3.2 Data Sekunder	52
3.4 Teknik Pengumpulan Data	53
3.5 Teknis Analisis Data	53
3.6 Variabel Penelitian	58
3.7 Kerangka Penelitian	60
3.8 Definisi Operasional.....	62
BAB IV GAMBARAN UMUM	63
4.1 Gambaran Umum Kota Makassar.....	63
4.1.1 Kondisi Geografis	63

4.1.2 Kondisi Kependudukan	64
4.1.2 Kondisi Iklim.....	64
4.1.2 Kondisi Topografi	65
4.2 Gambaran Umum Kecamatan Tamalanrea	67
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	69
5.1 Kondisi Eksisting Wilayah Ditinjau dari Kondisi Banjir	69
5.1.1 Kondisi Banjir di Kecamatan Tamalanrea	69
5.1.2 Upaya Pengendalian Banjir di Kecamatan Tamalanrea.....	71
5.1.3 Kejadian dan Sebaran Lokasi Banjir di Tahun 2019.....	73
5.1.4 Kejadian dan Sebaran Lokasi Banjir di Tahun 2020.....	77
5.1.5 Kejadian dan Sebaran Lokasi Banjir di Tahun 2021.....	80
5.1.6 Kejadian dan Sebaran Lokasi Banjir di Tahun 2022.....	83
5.1.7 Tren Perkembangan Banjir Kecamatan Tamalanrea 2019-2022	86
5.2 Tingkat Kerawanan Banjir di Kecamatan Tamalanrea	89
5.2.1 Penggunaan Lahan	89
5.2.2 Ketinggian Lahan (Elevasi).....	92
5.2.3 Jarak Wilayah Terhadap Sungai.....	94
5.2.4 Curah Hujan	96
5.2.5 Kemiringan Lereng.....	98
5.2.6 Jenis Tanah.....	100
5.2.7 Penentuan Tingkat Kerawanan Banjir di Kecamatan Tamalanrea..	102
5.2.8 Keterkaitan Kondisi Eksisting dengan Tingkat Kerawanan Banjir di Kecamatan Tamalanrea	106
5.3 Konsep Perencanaan Infrastruktur Hijau dengan Pendekatan WSUD di Lokasi Perencanaan.....	111
5.3.1 Perumusan Konsep Perencanaan.....	114
5.3.2 Konsep Perencanaan.....	119
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	129
6.1 Kesimpulan.....	129
6.2 Saran.....	130
DAFTAR PUSTAKA	131
LAMPIRAN	138
<i>CURRICULUM VITAE</i>	140

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Ilustrasi konsep infrastruktur hijau dan WSUD	29
Gambar 2	Klasifikasi terminologi berdasarkan spesifikasi dan fokus utama	30
Gambar 3	Diagram manajemen siklus air terintegrasi dalam WSUD	32
Gambar 4	Kerangka pikir penelitian	49
Gambar 5	Peta lokasi penelitian	51
Gambar 6	Kerangka penelitian	61
Gambar 7	Peta administrasi Kota Makassar	66
Gambar 8	Peta administrasi Kecamatan Tamalanrea	68
Gambar 9	Kondisi drainase yang mengalami sedimentasi	69
Gambar 10	Grafik jumlah terdampak (KK) banjir Kec. Tamalanrea tahun 2019	74
Gambar 11	Grafik jumlah pengungsi (KK) banjir Kec. Tamalanrea tahun 2019	74
Gambar 12	Peta sebaran titik banjir Kecamatan Tamalanrea tahun 2019 ..	76
Gambar 13	Grafik jumlah terdampak (KK) banjir Kec. Tamalanrea tahun 2020	77
Gambar 14	Peta sebaran titik banjir Kecamatan Tamalanrea tahun 2020 ..	79
Gambar 15	Grafik jumlah terdampak (KK) banjir Kec. Tamalanrea tahun 2021	80
Gambar 16	Grafik jumlah pengungsi (KK) banjir Kec. Tamalanrea tahun 2021	80
Gambar 17	Peta sebaran titik banjir Kecamatan Tamalanrea tahun 2021 ..	82
Gambar 18	Grafik jumlah terdampak (KK) banjir Kec. Tamalanrea tahun 2022	83
Gambar 19	Peta sebaran titik banjir Kecamatan Tamalanrea tahun 2022 ..	85
Gambar 20	Grafik kejadian banjir berdasarkan kelurahan 2019-2022	88
Gambar 21	Grafik jumlah penduduk terdampak banjir tahun 2019-2022 ..	88
Gambar 22	Peta penggunaan lahan Kecamatan Tamalanrea	91
Gambar 23	Peta ketinggian lahan Kecamatan Tamalanrea	93
Gambar 24	Peta jarak wilayah terhadap sungai Kecamatan Tamalanrea ...	95
Gambar 25	Peta curah hujan Kecamatan Tamalanrea	97
Gambar 26	Peta kemiringan lereng Kecamatan Tamalanrea	99
Gambar 27	Peta jenis tanah Kecamatan Tamalanrea	101
Gambar 28	Peta tingkat kerawanan banjir Kecamatan Tamalanrea	104
Gambar 29	Peta <i>overlay</i> kondisi eksisting titik banjir dan tingkat kerawanan banjir Kecamatan Tamalanrea	107
Gambar 30	Peta sebaran titik dan penyebab banjir di Kecamatan Tamalanrea	110
Gambar 31	Delineasi lokasi perencanaan	114
Gambar 32	Keterkaitan teori prinsip WSUD dan prinsip Infrastruktur Hijau	115
Gambar 33	Jenis Infrastruktur Hijau pengendali banjir dalam pendekatan WSUD	116
Gambar 34	Alur perumusan konsep perencanaan	118

Gambar 35	Sebaran lokasi perencanaan pemanenan air hujan	121
Gambar 36	Sebaran lokasi perencanaan infiltrasi	123
Gambar 37	Sebaran lokasi perencanaan pengaliran.....	125
Gambar 38	Sebaran lokasi perencanaan retensi dan detensi.....	128

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Jenis dan contoh penerapan beserta fungsi WSUD.....	17
Tabel 2	Prinsip-prinsip infrastruktur hijau.....	21
Tabel 3	Jenis-jenis Infrastruktur Hijau.....	23
Tabel 4	Penelitian terdahulu.....	44
Tabel 5	Jenis kebutuhan data	52
Tabel 6	Bobot parameter penyebab banjir	55
Tabel 7	Klasifikasi dan skor penggunaan lahan.....	55
Tabel 8	Klasifikasi dan skor ketinggian lahan	56
Tabel 9	Klasifikasi dan skor jarak wilayah terhadap sungai	56
Tabel 10	Klasifikasi dan skor curah hujan.....	56
Tabel 11	Klasifikasi dan skor kemiringan lereng.....	57
Tabel 12	Klasifikasi dan skor jenis tanah.....	57
Tabel 13	Variabel penelitian	59
Tabel 14	Luas wilayah administrasi kecamatan di Kota Makassar	63
Tabel 15	Jumlah penduduk berdasarkan kecamatan di Kota Makassar tahun 2020.....	64
Tabel 16	Luas wilayah administrasi kelurahan di Kecamatan Tamalanrea	67
Tabel 17	Data kejadian banjir di Kecamatan Tamalanrea tahun 2019	73
Tabel 18	Data kejadian banjir di Kecamatan Tamalanrea tahun 2020	77
Tabel 19	Data kejadian banjir di Kecamatan Tamalanrea tahun 2021	80
Tabel 20	Data kejadian banjir di Kecamatan Tamalanrea tahun 2022	83
Tabel 21	Sebaran titik kejadian banjir Kecamatan Tamalanrea tahun 2019-2022	86
Tabel 22	Jenis penggunaan lahan di Kecamatan Tamalanrea.....	90
Tabel 23	Ketinggian lahan (elevasi) di Kecamatan Tamalanrea.....	92
Tabel 24	Ketinggian jarak wilayah terhadap sungai di Kecamatan Tamalanrea.....	94
Tabel 25	Data curah hujan Kecamatan Tamalanrea tahun 2019-2022	96
Tabel 26	Klasifikasi kemiringan lereng di Kecamatan Tamalanrea	98
Tabel 27	Jenis tanah di Kecamatan Tamalanrea	100
Tabel 28	Luas wilayah berdasarkan tingkat kerawanan banjir Kec. Tamalanrea.....	105
Tabel 29	Tingkat kerawanan banjir berdasarkan kelurahan di Kec. Tamalanrea.....	105
Tabel 30	Sebaran titik serta penyebab terjadinya banjir di Kecamatan Tamalanrea.....	109

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
WSUD	<i>Water Sensitive Urban Design</i>
RTRW	Rencana Tata Ruang Wilayah
DAS	Daerah Aliran Sungai
PUPR	Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
P2KH	Program Pengembangan Kota Hijau
WSC	<i>Water Sensitive Cities</i>
LID	<i>Low Impact Development</i>
SUDS	<i>Sustainable Urban Drainage Systems</i>
BNPB	Badan Nasional Penanggulangan Bencana
WHO	<i>World Health Organization</i>
RTH	Ruang Terbuka Hijau
GII	<i>Green Infrastructure Initiative</i>
ACT	<i>Australian Capital Territory</i>
SIG	Sistem Informasi Geografis
GIS	<i>Geographic Information System</i>
BPS	Badan Pusat Statistik
BMKG	Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
KK	Kepala Keluarga
CCD	<i>Cold Cloud Duration</i>
IDW	<i>Inverse Distance Weighted</i>
NACTO	<i>National Association of City Transportation Official</i>
NSW	<i>New South Wales</i>
SKPD	Satuan Kerja Perangkat Daerah

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat, rahmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “**Penerapan Konsep *Water Sensitive Urban Design* dalam Pengendalian Banjir di Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar**” yang diajukan sebagai salah satu syarat dalam memperoleh kelulusan pada Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin dengan tepat waktu.

Judul yang diambil pada skripsi ini didasarkan pada keresahan penulis terhadap kondisi banjir yang tiap tahun terjadi di Kota Makassar terkhusus di Kecamatan Tamalanrea. Kondisi Banjir yang menimbulkan berbagai macam bentuk kerugian ini masih belum juga teratasi sehingga diperlukan adanya solusi terbarukan guna menyelesaikan masalah tersebut. Tujuan dari perencanaan ini adalah untuk menetapkan arahan solusi perencanaan kawasan rawan banjir melalui penerapan Infrastruktur Hijau dengan pendekatan *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) di Kecamatan Tamalanrea.

Skripsi ini membahas mengenai bagaimana perencanaan Infrastruktur Hijau diharapkan dapat menangani masalah keberadaan air pada suatu wilayah dengan bentuk rekayasa melalui jenis-jenis infrastruktur hijau tersebut. Perencanaan tersebut juga didukung melalui pendekatan WSUD dengan menggunakan prinsip-prinsipnya sebagai panduan dalam konteks ruang lingkup wilayah perencanaan. Selain itu, dilakukan identifikasi tingkat kerentanan banjir di Kecamatan Tamalanrea guna menentukan titik-titik yang perlu direncanakan Infrastruktur Hijau pada lokasi tersebut.

Penulis menyadari bahwa skripsi yang dibuat masih banyak kekurangan dan jauh dari nilai sempurna, maka dari itu penulis akan menerima dengan senang hati setiap kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan penulis di masa yang akan datang. Mohon maaf jika masih banyak kekurangan, semoga apa yang dibuat oleh penulis memberi manfaat untuk setiap pembaca dan juga menambah keberkahan ilmu bagi penulis sendiri. Terima kasih.

Gowa, 13 Maret 2023



Audi Rifyal Akbar

Sitasi dan Alamat Kontak:

Harap menuliskan sumber skripsi ini dengan cara penulisan sebagai berikut.

Akbar, Audi Rifyal. 2023. *Penerapan Konsep Water Sensitive Urban Design dalam Pengendalian Banjir di Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar*. 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: audirifyal@gmail.com

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan berkah dan karunia-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan karya ilmiah dalam bentuk skripsi ini dengan baik, lancar, dan tepat waktu. Salam dan shalawat penulis haturkan kepada Rasulullah Muhammad *shallallahu 'alayhi wa sallam* yang telah membawa pesan dan menjadi *uswatun hasanah* bagi umat manusia, serta telah membawa umat manusia dari kegelapan menuju jalan yang terang benderang melalui risalahnya. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bantuan, dan motivasi dari berbagai pihak sehingga penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua terkasih (Prof. Dr. Ir. Abdul Haris, M.Si. dan Sitti Mardiah, S.Ag.) dan saudara hebat (Apt. Ariq Rifqiul Hisyam, S.Farm. dan Muhammad Amalul Afnan) atas doa, nasihat, dukungan, serta kasih sayangnya yang tidak henti kepada penulis;
2. Rektor Universitas Hasanuddin (Bapak Prof. Dr. Ir. Djamaluddin Jompa, M.Sc.) yang telah memfasilitasi penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Hasanuddin;
3. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (Bapak Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, ST, MT. IPM) atas dukungan dan kebijakannya;
4. Kepala Departemen S1-Perencanaan Wilayah dan Kota (PWK) Universitas Hasanuddin (Bapak Dr. Eng. Ir. Abdul Rachman Rasyid, ST. M.Si. IPM) dan Sekretaris Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Hasanuddin (Ibu Sri Aliah Ekawati, ST., M.T.) atas bimbingan akademik dan administrasi selama penulis menempuh pendidikan;
5. Kepala Studio Akhir sekaligus dosen penasihat akademik (Ibu Dr. Techn. Yashinta K. D. Sutopo, ST., MIP.) atas segala nasihat dan kepercayaannya selama menjalani masa perkuliahan;
6. Dosen Pembimbing Utama (Bapak Prof. Dr. Ir. Arifuddin Akil, MT.) atas segala nasihat, bimbingan, kepercayaan serta ilmu yang telah diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini;
7. Dosen Pembimbing Pendamping (Bapak Dr. Eng. Ir. Abdul Rachman Rasyid, ST. M.Si. IPM) atas motivasi, dukungan, kasih sayang, ilmu, nasehat, bantuan,

pengalaman, dan kepercayaan yang selalu diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;

8. Dosen Penguji I (Ibu Isfa Sastrawati, ST., MT.) atas segala kritik, saran serta arahan yang telah diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini;
9. Dosen Penguji II (Ibu Sri Wahyuni, ST., MT.) atas segala kritik, saran serta arahan yang telah diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini;
10. Kepala LBE *Urban Planning & Design* Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin (Bapak Prof. Dr. Ir. Arifuddin Akil, MT.) atas waktu, bimbingan dan nasehatnya kepada penulis;
11. Seluruh dosen Departemen Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis selama menempuh perkuliahan;
12. Seluruh Staf Administrasi dan Pelayanan PWK Universitas Hasanuddin (Bapak Haerul Muayyar, S.Sos., Bapak Faharuddin, Bapak Sawalli B., Kak Afifah Nabila, ST. dan Ibu Tini) atas kesabaran, kebaikan, dan bantuannya kepada penulis selama menempuh pendidikan;
13. Teman-teman RASTER 2018, teman-teman IPA 2 Dubels, kawan-kawan Rupa Kota (Reyhan, Ishaq, Iliany, Rahmat, ST., Asyer, ST., Akhyar, dan Hamzah), teman-teman di Labo Urban, dosen panutan luar kampus (Ibu Yulianti Tanyadji, ST., M.Sc., Bapak Dr. Eng. Didit Novianto, ST., M.Eng. dan Ibu Dian Sekartaji, ST.), kanda senior ZONASI 2015, RADIUS 2016, dan SPASIAL 2017 atas dukungan, semangat, dan bantuannya selama penulis menyelesaikan skripsi ini.
14. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dan selalu diberi kesehatan. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan masyarakat.

Gowa, 13 Maret 2023



Audi Rifyal Akbar

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan spasial/keruangan merupakan permasalahan yang kompleks karena meliputi berbagai macam aspek kehidupan di dalamnya terlebih lagi pada ruang perkotaan dimana salah satu permasalahan yang dihadapi ialah bencana banjir. Wang (2022) menyebutkan bahwa banjir perkotaan telah sangat mengancam lingkungan alam dan kehidupan manusia, sehingga memahami faktor-faktor yang mempengaruhi banjir perkotaan memiliki implikasi penting dalam mengurangi bahaya banjir yang dapat terjadi pada ruang perkotaan. Perubahan proses hidrologi yang disebabkan oleh urbanisasi yang cepat menyebabkan meningkatnya kejadian banjir pada ruang perkotaan, yang merupakan tantangan utama bagi keberlanjutan perkotaan dan menjadi ancaman bagi lingkungan alam dan kehidupan manusia.

Banjir merupakan kejadian alam yang salah satunya dapat disebabkan oleh intensitas curah hujan yang tinggi di mana terjadi kelebihan air yang tidak mampu ditampung oleh jaringan saluran air pada suatu wilayah (Rachmat, 2014). Bencana ini merupakan permasalahan yang umum terjadi di Indonesia, berdasarkan data dari *Statista* (perusahaan global data pasar & konsumen) menyebutkan bahwa dalam 5 tahun terakhir Indonesia mengalami bencana banjir sebanyak 4.292 kejadian, dengan rata-rata kejadian banjir di Indonesia terjadi sebanyak 858 kejadian/tahun.

Radcliffe (2019) menyebutkan pada dasarnya saat manusia bermukim pada suatu wilayah, mereka pasti bermukim pada daerah yang berdekatan dengan sungai dan aliran air untuk kemudahan akses air sebagai sumber kehidupan. Sebelum dijadikan sebagai permukiman, wilayah sekitar sungai maupun aliran air tersebut jika terjadi hujan maka terjadi banjir, namun kejadian banjir tersebut merupakan siklus yang normal bagi air. Tetapi setelah wilayah tersebut berkembang sebagai daerah bermukimnya penduduk, terjadi peningkatan impermeabilitas permukaan tanah sehingga meningkatkan limpasan aliran air tergenang dan menyebabkan banjir yang berdampak negatif terhadap manusia yang bermukim di tempat tersebut karena kerugian harta dan jiwa yang dapat terjadi.

Pada saat ini, permasalahan pemanasan global menjadi permasalahan serius yang dihadapi masyarakat dunia karena berimplikasi terhadap perubahan iklim yang menyebabkan terjadinya perubahan temperatur pada atmosfer, pola curah hujan menjadi tidak teratur, intensitas curah hujan tinggi, sehingga beberapa kota di Indonesia mengalami kejadian banjir pada saat terjadi hujan (Sudirman, 2017). Salah satu kota di Indonesia yang juga menghadapi masalah tersebut ialah Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan.

Hampir setiap tahunnya beberapa wilayah di Kota Makassar mengalami kejadian banjir (BPBD Kota Makassar, 2015). Kota Makassar berdasarkan kondisi topografinya dikategorikan sebagai dataran landai dengan ketinggian mencapai 1–22 mdpl. Kondisi tersebut dapat memicu terjadinya banjir atau luapan air yang juga didukung oleh sistem drainase kota yang belum optimal. Kawasan yang sering mengalami banjir terkonsentrasi di daerah dengan elevasi 1–4 mdpl serta pada daerah dengan sistem drainase yang tidak memadai. Selain itu, Kota Makassar juga sangat dipengaruhi oleh proses sungai yang bersumber dari sungai utama yang melewati kota ini, yaitu Sungai Tallo dan Sungai Jene'berang. Kondisi morfologi ini berperan penting dan sekaligus menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya banjir di Kota Makassar (Bappeda Kota Makassar, 2018). Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Makassar tahun 2015-2035, terdapat 10 kecamatan yang ditetapkan sebagai wilayah kawasan rawan banjir, salah satunya ialah Kecamatan Tamalanrea.

Kecamatan Tamalanrea merupakan salah satu kecamatan yang ditetapkan dalam RTRWK Makassar Tahun 2015-2035 sebagai wilayah kawasan rawan banjir yang dalam beberapa kurun waktu terakhir terus mengalami kejadian tersebut. Menurut Syafril (2017) banjir yang ada di Kota Makassar telah menggenangi beberapa area yang di dominasi sebagai kawasan permukiman, salah satu wilayah tersebut yang paling terdampak banjir adalah Kecamatan Tamalanrea. Meskipun berada pada ketinggian 0–19 mdpl, banyak tutupan lahan pada elevasi yang landai berupa area rawa yang telah beralih fungsi sebagai area permukiman sehingga menjadikan beberapa wilayah Kecamatan Tamalanrea sebagai area yang selalu tergenang banjir terlebih pada musim hujan. Di samping itu, perubahan iklim yang berimplikasi pada perubahan kondisi pasang surut air laut menyebabkan meluapnya

air sungai sehingga wilayah permukiman masyarakat yang berdampingan dengan Daerah Aliran Sungai (DAS) dengan mudah terkena banjir.

Sholihah (2020) menyebutkan bahwa penyebab banjir ialah kondisi dan fenomena alam salah satunya seperti topografi, curah hujan, geografis wilayah. Penyebab banjir juga disebabkan oleh aktivitas manusia atau pembangunan yang tidak memperhatikan prinsip dalam konservasi lingkungan. Maryono (2014) menambahkan terdapat beberapa faktor penyebab banjir, diantaranya ialah faktor iklim ekstrem (kemarau ekstrem dan hujan ekstrem), faktor penurunan daya dukung DAS (termasuk di dalamnya faktor pola pembangunan sungai), faktor kesalahan perencanaan dan implementasi pengembangan kawasan, faktor kesalahan konsep drainase, dan faktor sosio-hidrolik (kesalahan perilaku masyarakat terhadap komponen hidrologi-hidrolik).

Seiring berkembangnya waktu, solusi untuk mengatasi masalah keberadaan air terkhusus pada ruang perkotaan terus-menerus mengalami perkembangan. Salah satu solusi yang digunakan saat ini yaitu pendekatan *Water Sensitive Urban Design* (WSUD). WSUD merupakan salah satu pendekatan berupa proses mengintegrasikan manajemen siklus air dengan lingkungan binaan (*built environment*) melalui perencanaan dan perancangan kota (*urban design and planning*). Menurut Asrar (2017), WSUD adalah konsep perencanaan lahan dan rekayasa pendekatan keteknikan yang mengintegrasikan siklus air perkotaan, termasuk air hujan, air tanah dan pengelolaan air limbah dan air bersih, ke dalam desain perkotaan untuk meminimalkan kerusakan lingkungan dan meningkatkan daya tarik estetika dan rekreasi.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) dalam Program Pengembangan Kota Hijau (P2KH) menyebutkan bahwa WSUD merupakan salah satu bagian dari konsep pendekatan infrastruktur hijau. Keterkaitan Infrastruktur Hijau dengan pendekatan WSUD adalah infrastruktur hijau memiliki pengaruh dalam berkurangnya volume dari banjir atau genangan karena infrastruktur hijau merupakan bentuk dari manajemen air hujan dimana dapat mengurangi kecepatan limpasan air hujan sehingga dapat meminimalisasi terjadinya bencana banjir maupun genangan (Comhar, 2010). Sehingga apabila dikaitkan dengan pendekatan WSUD, maka infrastruktur hijau dapat memiliki

fungsi yang lebih baik dari infrastruktur konvensional yang dalam hal ini salah satunya dapat berupa manajemen air agar nantinya limpasan air hujan dapat dikontrol.

Infrastruktur hijau dan *Water Sensitive Urban Design* adalah pendekatan yang memiliki prinsip yang sama dengan pendekatan lain di berbagai negara seperti *Water Sensitive Cities (WSC)*, *Low-Impact Development (LID)*, dan *Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS)*. Semua pendekatan tersebut berada di dalam lingkup prinsip eko-hidrolika yaitu konsep integral dalam pembangunan wilayah yang memasukkan unsur dan pertimbangan hidrolika dan ekologi secara sinergis (Maryono, 2014).

Berangkat dari kondisi banjir di Kecamatan Tamalanrea yang dalam beberapa kurun waktu terakhir terus mengalami kejadian banjir setiap tahunnya serta didukung oleh amanat peraturan daerah untuk melakukan pengembangan, peningkatan, pemantapan, dan rehabilitasi kawasan rawan banjir. Maka diperlukan identifikasi atas kondisi banjir yang termasuk didalamnya identifikasi atas daerah-daerah rawan banjir di Kecamatan Tamalanrea, guna menjadi acuan dalam menentukan arahan yang tepat dalam merencanakan konsep pendekatan *Water Sensitive Urban Design (WSUD)* sebagai salah satu solusi dalam menangani masalah banjir di wilayah tersebut.

1.2 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan di atas, maka dapat ditetapkan pertanyaan penelitian, yaitu:

1. Bagaimana kondisi eksisting lokasi ditinjau dari kondisi banjir dan pengendalian banjir?
2. Seberapa besar tingkat kerawanan banjir di Kecamatan Tamalanrea?
3. Bagaimana bentuk arahan konsep perencanaan infrastruktur hijau dengan pendekatan WSUD di Kecamatan Tamalanrea?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan sebelumnya, maka tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengidentifikasi kondisi eksisting ditinjau dari kondisi banjir dan pengendalian banjir di lokasi perencanaan.
2. Mengidentifikasi tingkat kerawanan banjir di Kecamatan Tamalanrea.
3. Merencanakan arahan konsep perencanaan infrastruktur hijau dengan pendekatan WSUD di Kecamatan Tamalanrea.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari adanya penelitian ini, yaitu:

1. Bagi mahasiswa, diharapkan dapat menjadi referensi, sumber informasi, dan bahan masukan bagi mahasiswa yang ingin meneliti tentang kaitan antara permasalahan banjir, infrastruktur hijau, serta *Water Sensitive Urban Design* (WSUD).
2. Bagi pemerintah, diharapkan dapat menjadi bahan masukan dalam pembuatan peraturan-peraturan daerah yang terkait dengan pengendalian banjir.
3. Bagi perencana, diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam merencanakan serta membangun infrastruktur yang adaptif terhadap keberadaan air.

1.5 Ruang Lingkup

1.5.1 Ruang Lingkup Materi

Ruang lingkup materi penelitian ini meliputi faktor-faktor fisik bentang alam dan lingkungan binaan sebagai penyebab terjadinya banjir ditinjau dari aspek curah hujan, tutupan lahan, jenis tanah, jarak wilayah terhadap sungai, kemiringan lereng serta elevasi sehingga menjadi acuan dalam menentukan solusi berupa perencanaan infrastruktur hijau dengan pendekatan WSUD di Kecamatan Tamalanrea.

1.5.2 Ruang Lingkup Wilayah

Ruang lingkup wilayah penelitian ini berada di Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia.

1.6 Output Penelitian

Output yang dihasilkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Skripsi yang berisi 6 bab dengan judul “*Penerapan Konsep Water Sensitive Urban Design dalam Pengendalian Banjir di Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar*”.
2. Jurnal penelitian sebagai bahan publikasi dengan judul “*Penerapan Konsep Water Sensitivie Urban Design dalam Pengendalian Banjir di Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar*”.
3. Poster informasi mengenai “*Penerapan Konsep Water Sensitive Urban Design dalam Pengendalian Banjir di Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar*”.
4. *Summary book*.

1.7 Outcome Penelitian

Sejalan dengan pelaksanaan penelitian ini, maka *outcome* yang diharapkan yaitu antara lain:

1. Meningkatkan perhatian dan pengetahuan masyarakat, akademisi, dan pemerintah terkait pengendalian banjir melalui penerapan infrastruktur hijau dengan pendekatan *Water Sensitive Urban Design (WSUD)*
2. Adanya bentuk konsep perencanaan dalam pengendalian banjir di lokasi perencanaan.

1.8 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini terdiri atas enam bab dengan rincian pembahasan untuk masing-masing bab adalah sebagai berikut:

1. Bab I Pendahuluan, pada bab ini membahas mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, merumuskan pertanyaan dan tujuan penelitian, manfaat dilakukannya penelitian, ruang lingkup penelitian, serta *output* dan *outcome* yang dihasilkan dari penelitian ini.
2. Bab II Kajian Pustaka, pada bab ini membahas terkait teori-teori maupun kajian-kajian yang berkaitan dengan pengendalian banjir, infrastruktur hijau, dan *Water Sensitive Urban Design (WSUD)*.

3. Bab III Metode penelitian, pada bab ini menjelaskan jenis, sumber dan teknik pengumpulan data, teknik analisis yang digunakan penulis dalam penelitian, waktu dan lokasi penelitian, definisi operasional, variabel penelitian, serta kerangka penelitian.
4. Bab IV Hasil dan Pembahasan, pada bab ini berisi hasil pembahasan dan analisis yang dilakukan penulis berdasarkan data-data yang telah dikumpulkan untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan.
5. Bab V Penutup, pada bab ini berisi tentang kesimpulan yang diambil berdasarkan hasil pembahasan dan analisis, serta saran yang dapat memberikan acuan kedepannya bagi beberapa pihak dalam mewujudkan tujuan dan manfaat dari penelitian ini.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Banjir

2.1.1 Pengertian Banjir

Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Banjir adalah peristiwa atau keadaan dimana terendamnya suatu daerah atau daratan karena volume air yang meningkat. *World Health Organization* (WHO) juga mendefinisikan banjir sebagai jenis bencana alam yang paling sering terjadi dan terjadi ketika luapan air menenggelamkan tanah yang biasanya kering. Banjir sering disebabkan oleh curah hujan yang tinggi dan atau gelombang badai dari siklon tropis atau pasang air laut di daerah pesisir. WHO menyebutkan bahwa terdapat 3 jenis banjir yang umum terjadi, yaitu: (a) Banjir Bandang yang disebabkan oleh curah hujan yang cepat dan berlebihan yang menaikkan ketinggian air dengan cepat pada sungai, aliran sungai, saluran atau jalan; (b) Banjir sungai yang disebabkan ketika hujan atau pencairan salju yang terus menerus memaksa sungai melebihi kapasitas; dan (c) Banjir pesisir disebabkan oleh gelombang badai yang terkait dengan siklon tropis dan kenaikan muka air laut.

2.1.2 Klasifikasi Banjir

Menurut Puturu (2015), banjir dapat diklasifikasikan berdasarkan sumber air, mekanisme, posisi, dan aspek penyebabnya. Klasifikasi banjir tersebut dideskripsikan sebagai berikut:

a. Klasifikasi banjir berdasarkan sumber air

Berdasarkan sumber air, banjir dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu:

- 1) Banjir sungai; terjadi karena air sungai meluap;
- 2) Banjir danau; terjadi karena air danau meluap atau bendungannya jebol;
- 3) Banjir laut pasang; terjadi antara lain akibat adanya badai dan gempa bumi.

b. Klasifikasi banjir berdasarkan mekanisme

Berdasarkan mekanisme terjadinya, banjir dikelompokkan menjadi 2 jenis, yaitu:

- 1) Banjir biasa (*regular*); banjir regular terjadi akibat jumlah limpasan yang sangat banyak sehingga melampaui kapasitas dari pembuangan air yang ada (*existing drainage*);
 - 2) Banjir tidak biasa (*irregular*); banjir irregular terjadi akibat tsunami, gelombang pasang, atau keruntuhan dam (*dam break*).
- c. Klasifikasi banjir berdasarkan posisi sumber banjir
- Berdasarkan posisi sumber banjir, banjir dikelompokkan menjadi 2 jenis, yaitu:
- 1) Banjir lokal; banjir lokal didefinisikan sebagai banjir yang diakibatkan oleh hujan lokal;
 - 2) Banjir bandang (*flash flood*); banjir bandang dapat diartikan banjir yang diakibatkan oleh propagasi limpasan dari daerah hulu pada suatu daerah tangkapan.
- d. Klasifikasi banjir berdasarkan aspek penyebab
- Berdasarkan aspek penyebabnya, banjir dikelompokkan menjadi 4 jenis, yaitu:
- 1) Banjir yang disebabkan oleh hujan yang lama, dengan intensitas rendah (hujan siklonik atau frontal) selama beberapa hari;
 - 2) Banjir karena salju yang mengalir, terjadi karena mengalirnya tumpukan salju dan kenaikan suhu udara yang cepat di atas lapisan salju;
 - 3) Banjir bandang (*flash flood*), disebabkan oleh tipe hujan konvensional dengan intensitas yang tinggi dan terjadi pada tempat-tempat dengan topografi yang curam di bagian hulu sungai;
 - 4) Banjir yang disebabkan oleh pasang surut atau air balik (*back water*) pada muara sungai atau pada pertemuan dua sungai.

2.1.3 Penyebab Terjadinya Banjir

Kodoatie (2013) menyebutkan bahwa secara garis besar penyebab terjadinya banjir dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu (a) penyebab banjir secara alami dan (b) penyebab banjir yang disebabkan oleh manusia. Kedua penyebab banjir tersebut dideskripsikan sebagai berikut:

a. Penyebab banjir secara alami

Terdapat berbagai macam penyebab banjir secara alami, beberapa diantaranya yaitu:

- 1) Curah hujan yaitu pada musim penghujan, curah hujan yang tinggi akan mengakibatkan banjir di sungai dan bilamana melebihi tebing sungai maka akan timbul banjir atau genangan termasuk jebolnya tanggul. Data curah hujan menunjukkan maksimum kenaikan debit puncak antara 2 sampai 3 kali;
 - 2) Pengaruh fisiografi merupakan fisiografi atau geografi fisik sungai seperti bentuk, fungsi dan kemiringan Daerah Aliran Sungai (DAS), kemiringan sungai, geometrik hidraulik (bentuk penampang seperti lebar, kedalaman, potongan memanjang, material dasar sungai), lokasi sungai dll;
 - 3) Kapasitas sungai yaitu pengurangan kapasitas aliran banjir pada sungai dapat disebabkan oleh pengendapan berasal dari erosi DAS dan erosi tanggul sungai yang berlebihan dan sedimentasi di sungai itu karena tidak adanya vegetasi penutup dan adanya penggunaan lahan yang tidak tepat;
 - 4) Pengaruh air pasang ialah air pasang memperlambat aliran sungai ke laut. Waktu banjir bersamaan dengan air pasang tinggi maka tinggi genangan atau banjir menjadi besar karena terjadi aliran balik (*backwater*). Terjadi pada daerah pantai seperti Pantura, Jakarta dan Semarang termasuk juga Kota Makassar;
 - 5) Penurunan tanah dan rob merupakan penurunan tanah terjadi akibat antara lain: konsolidasi tanah, pengurukan tanah, pembebanan bangunan berat, pengambilan air tanah berlebihan dan pengerukan di sekitar pantai;
- b. Penyebab banjir yang disebabkan oleh manusia
- Penyebab banjir secara alami juga beraneka macam, beberapa diantaranya yaitu:
- 1) Perubahan tata guna lahan merupakan puncak naik dari 5 sampai 35 kali karena di DAS tidak ada yang menahan maka aliran air permukaan (*run off*) menjadi besar, sehingga berakibat debit di sungai menjadi besar dan terjadi erosi lahan yang berakibat sedimentasi di sungai sehingga kapasitas sungai menjadi turun;
 - 2) Sampah berupa sungai atau drainase yang tersumbat dan jika air melimpah keluar karena daya tampung saluran berkurang;

- 3) Erosi dan Sedimentasi berupa akibat perubahan tata guna lahan, terjadi erosi yang berakibat sedimentasi masuk ke sungai sehingga daya tampung sungai berkurang. Penutup lahan vegetatif yang rapat (misal semak-semak, rumput) merupakan penahan laju erosi paling tinggi;
- 4) Kawasan kumuh sepanjang sungai yaitu dapat merupakan penghambat aliran, maupun daya tampung sungai. Masalah kawasan kumuh dikenal sebagai faktor penting terhadap masalah banjir daerah perkotaan;
- 5) Perencanaan sistem pengendalian banjir tidak tepat merupakan sistem pengendalian banjir yang memang dapat mengurangi kerusakan akibat banjir kecil sampai sedang, tapi mungkin dapat menambah kerusakan selama banjir besar. Misal: bangunan tanggul sungai yang tinggi. Limpasan pada tanggul waktu banjir melebihi banjir rencana menyebabkan keruntuhan tanggul, kecepatan air sangat besar yang melalui jebolnya tanggul sehingga menimbulkan banjir yang besar;
- 6) Kerusakan bangunan pengendali banjir berupa pemeliharaan yang kurang memadai dari bangunan pengendali banjir sehingga menimbulkan kerusakan dan akhirnya tidak berfungsi dapat meningkatkan kuantitas banjir.

BPBD Kota Makassar (2015) secara khusus menyebutkan bahwa penyebab banjir di Kota Makassar disebabkan oleh beberapa hal, yaitu:

- 1) Curah hujan, dimana banjir umumnya terjadi pada bulan Desember-Februari yaitu pada saat curah hujan tertinggi pada setiap tahunnya.
- 2) Perubahan peruntukan lahan DAS, dimana meluasnya wilayah permukiman di area DAS Tallo dan Jeneberang menyebabkan tingginya aliran air permukaan yang bersumber dari limpahan curah hujan serta terkendalanya proses infiltrasi ke dalam tanah akibat adanya lahan terbangun.
- 3) Pengaruh pasang surut dan pemanasan global, dimana pengaruh pasang surut air laut sangat besar terhadap sistem pembuangan utama kota apabila curah hujan turun bersamaan dengan terjadinya pasang naik air laut, maka sistem aliran air yang melalui drainase kota akan terhambat menyebabkan banjir dan genangan.
- 4) Pengaruh elevasi permukaan, ketinggian bervariasi antara 0-25 mdpl dengan kemiringan lereng antara 0-8% atau elevasi 2-5 m mencapai 14%

dan elevasi 20-30 m hanya sekitar 1%, artinya Kota Makassar adalah kota cukup datar dan dikategorikan hampir seluruh wilayah Kota Makassar wilayah rawan akan banjir.

- 5) Sistem drainase, dimana hanya sekitar 54% yang dapat dikendalikan limpasan air permukaan melalui sistem drainase kota yang terkonsentrasi pada wilayah barat Kota Makassar. Pada wilayah timur, pengendalian limpasan masih mengalami permasalahan karena belum adanya pengendalian banjir yang sistematis.
- 6) Kebiasaan masyarakat membuang sampah, sistem drainase yang kurang baik juga disebabkan oleh penumpukan sampah di drainase serta sedimen yang menghambat laju aliran air hujan.
- 7) Tekanan penggunaan lahan, dimana kejadian banjir disebabkan oleh tingginya desakan perubahan fungsi lahan dari sebelumnya lahan resapan air menjadi kawasan permukiman disebabkan oleh tekanan pertumbuhan jumlah penduduk.
- 8) Sedimentasi, pendangkalan yang terjadi pada muara sungai Tallo dan Jeneberang yang diakibatkan oleh limbah buangan industri yang sudah tidak lagi terkontrol pada anak sungai Tallo dan longsoran Bawakaraeng yang menyebabkan pendangkalan pada sungai Jeneberang menjadi contoh dan pertimbangan bahwa badan air perlu dilindungi dan mendapat perhatian dari pemerintah.
- 9) Dampak kenaikan muka air laut, kenaikan muka air laut disebabkan oleh aspek hidrometeorologi seperti gelombang Kelvin, cuaca ekstrem, tektonik dan penurunan muka tanah.

2.1.4 Parameter-Parameter Yang Mempengaruhi Kerawanan Banjir

Banjir sebagai suatu bencana memiliki beberapa parameter-parameter yang mempengaruhi tingkat kerentanan terjadinya bencana tersebut. Beberapa parameter tersebut ialah:

a. Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan merupakan realisasi dari pengaruh aktivitas manusia terhadap sebagian permukaan bumi (Halimah, 2016). Parameter ini memiliki

peranan penting mengingat penggunaan lahan berpengaruh dalam tingkat infiltrasi air pada suatu wilayah. Dimana perubahan penggunaan lahan dari lahan tak terbangun menjadi lahan terbangun akan memperluas permukaan kedap air sehingga menyebabkan berkurangnya infiltrasi (penyerapan air di atas permukaan tanah masuk ke dalam tanah) (Kurniawan, 2018).

b. Ketinggian Lahan (Elevasi)

Elevasi (ketinggian) berpengaruh terhadap terjadinya banjir, karena berdasarkan sifat air, air mengalir dari daerah tinggi ke daerah rendah. Dimana daerah yang mempunyai ketinggian yang lebih tinggi potensinya kecil untuk terjadi banjir, sedangkan daerah dengan ketinggian rendah lebih berpotensi untuk terjadinya banjir. Pemberian skor pada kelas ketinggian yang lebih tinggi lebih kecil daripada skor untuk kelas ketinggian yang rendah (Kusumo, 2016).

c. Jarak Wilayah Terhadap Sungai

Semakin dekat jarak suatu wilayah terhadap Daerah Aliran Sungai (DAS) maka semakin tinggi potensi terjadinya banjir yang disebabkan oleh luapan sungai. Oleh karena itu, semakin dekat radius suatu wilayah terhadap keberadaan DAS maka semakin tinggi potensi terkena dampak banjir, dan semakin jauh radius suatu wilayah terhadap keberadaan DAS maka semakin rendah potensi terkena dampak banjir.

d. Curah Hujan

Curah hujan adalah jumlah air hujan yang turun pada suatu daerah dalam kurun waktu tertentu (Halimah, 2016). Daerah yang mempunyai curah hujan yang tinggi maka daerah tersebut akan lebih berpengaruh terhadap kejadian banjir. Berdasarkan hal tersebut maka untuk pemberian skor ditentukan aturan sebagai berikut yaitu semakin tinggi curah hujan maka skor untuk tingkat kerawanan semakin tinggi (Pano, 2019).

e. Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng memiliki dampak dalam kecepatan pergerakan air. Dimana semakin curam suatu lereng maka semakin cepat aliran air bergerak menuju ke tempat yang lebih rendah. Selain itu kemiringan lereng yang landai memiliki potensi yang lebih tinggi terjadinya suatu banjir dikarenakan kondisi tersebut

membuat pergerakan air lambat dan cenderung tempat tergenang pada wilayah tersebut.

f. Jenis Tanah

Tanah dengan tekstur sangat halus memiliki peluang kejadian banjir yang tinggi, sedangkan tekstur yang kasar memiliki peluang kejadian banjir yang rendah (Pano, 2019). Hal ini disebabkan semakin halus tekstur tanah menyebabkan aliran air permukaan yang berasal dari hujan maupun luapan sungai sulit untuk meresap ke dalam tanah, sehingga terjadi penggenangan (Kusumo, 2016).

2.2 Water Sensitive Urban Design (WSUD)

2.2.1 Pengertian WSUD

Water Sensitive Urban Design (WSUD) merupakan salah satu konsep desain infrastruktur ramah lingkungan (Purukan, 2018). Pengertian lain dijelaskan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) bahwa WSUD merupakan salah satu bagian dari konsep pendekatan infrastruktur hijau. Sehingga, WSUD merupakan bagian dari konsep *green city* untuk mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan khususnya dalam manajemen air. Bentuk-bentuk dari manajemen berkelanjutan air yaitu manajemen air minum, aliran air yang disebabkan oleh hujan, kualitas air, manajemen air limbah dan konservasi air (Rahmat, 2019). Dalam konsep ini dilakukan integrasi antara manajemen keberlanjutan siklus air dan perancangan kota dengan mengadopsi teknik desain kota yang sensitif terhadap air. Dapat disimpulkan bahwa kata kunci dari konsep ini adalah integrasi (Lokita, 2011).

Dikarenakan WSUD berfokus pada manajemen air, maka dalam praktik WSUD juga akan terkait dengan pengendalian banjir serta arus puncak limpasan air. Misalnya, dalam pedoman WSUD pertama yang dikeluarkan oleh Whelans et al. (1994), terdapat empat tujuan WSUD yang dimana salah satu tujuannya yaitu mengelola keseimbangan air (termasuk air tanah dan aliran sungai, bersama dengan kerusakan akibat banjir dan erosi saluran air). Pedoman WSUD selanjutnya terus memasukkan prinsip-prinsip pengendalian banjir di antara tujuan desain. Sebagai contoh, *Victorian Stormwater Committee* (1999) memberikan lima tujuan WSUD, yang perkotaan dengan salah satunya ialah pengurangan limpasan dan arus puncak

dari pembangunan menerapkan langkah-langkah daerah tangkap lokal dan meminimalkan daerah kedap air. *Australian Runoff Quality* juga memasukkan pengendalian banjir sebagai salah satu tujuannya, yaitu melestarikan bentuk hidrologi alami sebagai daerah tangkapan air (Wong, 2005).

Pedoman WSUD yang dikeluarkan oleh Kota Melbourne, Australia berjudul "*City of Melbourne WSUD Guidelines*" memaparkan manfaat yang bisa diraih melalui konsep penerapan WSUD, manfaat tersebut yaitu:

- a. Peningkatan konservasi air.
- b. Peningkatan kualitas air hujan, yang berimplikasi pada peningkatan kualitas air di saluran air, teluk dan daerah tangkapan.
- c. Habitat dan keanekaragaman hayati yang lebih baik melalui pembentukan lahan basah dan perlakuan alternatif alami lainnya.
- d. Mengurangi emisi gas rumah kaca dengan mengurangi konsumsi air dan meningkatkan pemanenan air hujan dan alternatif pengelolaan secara alami.
- e. Memberikan tindakan adaptif untuk mengatasi dampak perubahan iklim seperti banjir dan efek *urban heat islands*.

Dalam aspek manajemen perkotaan dapat bermanfaat juga dalam hal:

- a. Penggantian pipa dengan elemen alami untuk drainase, seperti lahan basah.
- b. Peningkatan estetika melalui peningkatan vegetasi, elemen akuatik, dan lanskap.
- c. 'Infrastruktur yang terlihat' menggabungkan fungsionalitas dan elemen alami.
- d. Lingkungan perkotaan dan alam yang terhubung.
- e. Mitigasi banjir dengan memperlambat pergerakan air melalui daerah perkotaan ke sungai.

2.2.2 Prinsip-Prinsip WSUD

Lokita (2011) menyebutkan terdapat 6 prinsip-prinsip WSUD, yaitu:

- a. Melindungi sistem yang alami salah satunya adalah sistem air alami melalui pengembangan kota.
- b. Mengintegrasikan cara-cara penanggulangan air hujan ke dalam perancangan kota.
- c. Melindungi kualitas air dan meningkatkan kualitas sistem pengairan air.

- d. Mengurangi aliran air dengan cara mengalirkan limpasan air baik air hujan maupun limpasan air dan mengintegrasikannya ke lanskap lingkungan.
- e. Memanfaatkan limpasan air untuk berbagai macam kebutuhan.
- f. Memberikan nilai lahan dengan meminimalkan biaya infrastruktur salah satunya adalah infrastruktur drainase.

Prinsip lain juga dijelaskan oleh Pemerintah daerah ACT (*Australian Capital Territory*) menyebutkan terdapat 4 prinsip utama dalam WSUD, prinsip tersebut yaitu:

- a. Mengurangi permintaan akan air minum (layak untuk minum) dengan menggunakan sumber air alternatif seperti air hujan serta penggunaan air limbah yang diolah yang dapat digunakan secara hemat melalui penggunaan air bertekanan rendah untuk pengairan taman dan lanskap.
- b. Meminimalkan air limbah dan untuk mengolah air limbah ke standar yang sesuai untuk digunakan kembali dan/atau dilepaskan ke pengguna air tersebut.
- c. Mengolah air hujan perkotaan ke kualitas yang dapat digunakan kembali.
- d. Menggunakan air hujan di lanskap perkotaan untuk meningkatkan visual dan nilai sarana rekreasi.

Sedangkan Verlag (2011) melalui program *Sixth Framework Programme of the European Union* menerbitkan pedoman berjudul “*Water Sensitive Urban Design Principles and Inspiration for Sustainable Stormwater Management in the City of the Future*” yang memuat prinsip-prinsip WSUD sebagai berikut:

- a. WSUD harus menggunakan metode desentralisasi untuk menghadirkan manajemen air perkotaan lebih dekat dengan siklus alami air.
- b. WSUD harus dapat menyediakan manfaat estetika jika memungkinkan.
- c. WSUD harus adaptif terhadap rancangan di kawasan sekitar area.
- d. WSUD harus dilaksanakan secara bijaksana, adaptif terhadap kondisi umum lokasi dan penggunaan yang dimaksudkan.
- e. WSUD harus mempertimbangkan perawatan yang sesuai persyaratan.
- f. WSUD harus mempertimbangkan kemungkinan adaptasi terhadap kondisi dasar yang tidak pasti dan berubah.
- g. WSUD harus menciptakan ruang yang berfungsi sebagai tempat rekreasi dan konservasi alam.

- h. WSUD harus memperhatikan kebutuhan seluruh pihak dan melibatkan mereka dalam proses perencanaan.
- i. Pembiayaan WSUD dapat dikomparasikan dengan pembiayaan yang konvensional.
- j. WSUD harus mengelaborasi antara fungsi, estetika, dan kegunaan.
- k. WSUD harus direncanakan interdisipliner antara perencana kota, perancang kota, arsitek lanskap dan ahli manajemen keairan.
- l. WSUD harus dirancang secara estetik, tepat guna, dan berfungsi baik agar dapat meningkatkan kepercayaan publik akan konsep WSUD.

2.2.3 Jenis-Jenis WSUD

Sharma (2019) menyebutkan bahwa secara umum WSUD dapat dikategorikan menjadi 2 jenis berdasar pada skala dan lokasi penerapan konsep, yaitu pendekatan WSUD pada skala rumah tangga dan bentang jalan serta pendekatan WSUD pada skala pengembangan kota. Beberapa sistem dapat diterapkan di skala rumah tangga dan skala bentang jalan serta umumnya multifungsi. Tidak semua jenis WSUD dapat diadopsi di semua lokasi geografis di seluruh dunia, dan fungsinya dapat bergantung pada cara penerapannya. Terkadang jenis-jenis tersebut dapat memiliki fungsi primer dan sekunder. Misalnya, fungsi utama tangki air hujan adalah pemanenan air untuk penggunaan yang dapat diminum dan tidak dapat diminum, namun itu juga dapat mengurangi limpasan air perkotaan dan banjir. Lokita (2011) menyebutkan bahwa WSUD memiliki beberapa elemen utama, dimana elemen utama tersebut ialah pemanfaatan air kembali (*water reuse*) dan pengolahan air (*water treatment*). Elemen tersebut kemudian dikaitkan dengan elemen rancang kota dalam penerapan WSUD. Jenis dan contoh penerapan WSUD beserta fungsinya tersebut dijelaskan pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Jenis dan contoh penerapan beserta fungsi WSUD

Teknik/Sistem WSUD	Fungsi				
	Mengurangi limpasan air	Manajemen kualitas air	Pengendalian banjir	Potensi pemanenan	Meningkatkan amenitas dan biodiversitas
Pendekatan WSUD pada skala rumah tangga dan bentang jalan					
<i>Rain tanks</i>	✓		✓	✓	
<i>Rain garden</i>	✓				✓
<i>Soak pits/Soak ways</i>	✓		✓		

Teknik/Sistem WSUD	Fungsi				
	Mengurangi limpasan air	Manajemen kualitas air	Pengendalian banjir	Potensi pemanenan	Meningkatkan amenitas dan biodiversitas
<i>Porous pavement</i>	✓	✓			
<i>Vegetated filter strips</i>	✓	✓			
<i>Swales and bioretention swales/bioswales</i>	✓	✓	✓		✓
<i>Infiltration basins/trenches</i>	✓		✓		✓
<i>Sand filters</i>		✓			
<i>Bioretention systems</i>	✓	✓	✓		✓
<i>Buffer strips</i>	✓	✓			
<i>Gardens, landscape</i>	✓	✓			✓
<i>Water butts (small tanks)</i>	✓		✓	✓	
<i>Perforated chambers and pipes</i>	✓			✓	
<i>Roof systems (green/blue roofs)</i>	✓			✓	
<i>Leaky wells and infiltration trenches</i>	✓			✓	
<i>Underground storage/vaults</i>	✓		✓	✓	
<i>Siphonic roof water systems</i>			✓	✓	
<i>Geocellular/modular systems</i>			✓	✓	
<i>Green/living walls</i>	✓				✓
Pendekatan WSUD pada skala pengembangan kota					
<i>Trash racks</i>		✓			
<i>Gross pollutant traps</i>		✓			
<i>Catch basins</i>		✓			
<i>Detention basins</i>			✓		
<i>Ponds and urban lakes</i>			✓	✓	✓
<i>Sedimentation basins</i>	✓	✓			
<i>Constructed wetlands</i>	✓	✓		✓	✓
<i>Subsurface wetland</i>		✓			✓
<i>Large stormwater storage units</i>	✓		✓	✓	
<i>Atlantis artificial aquifers</i>				✓	
<i>Natural aquifers-Managed aquifer recharge</i>				✓	

Sumber: Sharma (2019)

2.3 Infrastruktur Hijau

2.3.1 Definisi Infrastruktur Hijau

Berdasarkan definisi yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian PUPR, Infrastruktur Hijau merupakan konsep penataan ruang yang mengaplikasikan infrastruktur ramah lingkungan (infrastruktur yang tidak mengganggu siklus alami lingkungan). Infrastruktur hijau merupakan infrastruktur yang memperhatikan konsep konservasi yang memiliki fungsi dan manfaat bagi kehidupan manusia. Aspek fundamental dari konsep pengembangan Infrastruktur Hijau adalah mengedepankan prinsip-prinsip multi fungsi, keberlanjutan dan penghematan sumber daya, yang terdiri dari berbagai fitur lingkungan alam (Mungkasa, 2020).

Infrastruktur hijau merupakan bagian dari kerangka konsep ekologis untuk keberlanjutan lingkungan, sosial dan ekonomi sebagai suatu sistem kehidupan yang berkelanjutan. Infrastruktur hijau merupakan jaringan ruang terbuka hijau, dimana jaringan ini berfungsi untuk melindungi nilai dan fungsi ekosistem alami untuk mendukung kehidupan manusia. Jaringan pada infrastruktur ini saling berhubungan antara sungai, lahan basah, hutan, habitat kehidupan liar, dan daerah alami di wilayah perkotaan; jalur hijau, kawasan hijau, dan daerah konservasi, daerah pertanian, perkebunan, dan berbagai jenis RTH lain, seperti taman-taman kota (Lokita, 2011).

Keberadaan dan perkembangan Infrastruktur Hijau saat ini dilatarbelakangi atas pembangunan infrastruktur yang memiliki dampak negatif pada aspek lingkungan. Pembangunan infrastruktur yang memiliki dampak negatif seperti berkurangnya Ruang Terbuka Hijau (RTH) Perkotaan dan meningkatnya emisi gas rumah kaca serta masih banyak lagi, mengakibatkan keseimbangan alami suatu lingkungan binaan mengalami ketimpangan. Ketimpangan tersebut yang mengakibatkan terjadinya berbagai macam dampak yang ditimbulkan seperti banjir, kekeringan, dan lain sebagainya.

Infrastruktur Hijau tersebut menjadi sebuah solusi dalam pembangunan infrastruktur yang dapat meminimalisir dampak negatif yang dapat ditimbulkan dari pembangunan tersebut melalui tahap perancangan, pembangunan, pengoperasian, hingga tahap pemeliharaan yang memperhatikan aspek-aspek dalam melindungi,

menghemat, mengurangi penggunaan sumber daya alam agar tercipta konsep pembangunan infrastruktur yang ramah lingkungan. Salah satu bentuk inisiasi pemerintah Indonesia dalam membangun Infrastruktur Hijau dapat dilihat melalui *Green Infrastructure Initiative* (GII) yang merupakan program kerjasama pemerintah Indonesia-Jerman dalam mendukung upaya Indonesia mengurangi emisi gas rumah kaca secara berkelanjutan.

2.3.2 Prinsip-Prinsip Infrastruktur Hijau

Menurut Monteiro (2020), penerapan Infrastruktur Hijau telah berkembang di seluruh dunia sejak akhir abad yang lalu. Meski demikian, belum ada konsensus terkait konsep, prinsip perencanaan, ataupun cara pengukuran implementasi dari infrastruktur hijau diantara para akademisi, politikus, maupun praktisi. Walaupun beberapa studi telah mengeluarkan beberapa poin mengenai prinsip perencanaan infrastruktur hijau melalui prosedur perencanaan, beberapa prinsip tersebut masih terlalu teoritis dan secara praktek masih keliru dalam eksekusi dan implementasi pembangunan infrastruktur dalam perencanaan spasial.

Didasarkan atas cepatnya transformasi dari metode perencanaan dan tantangan baru yang mengubah bagaimana proses pembuatan kebijakan dilakukan seperti pertumbuhan penduduk, degradasi lingkungan dan permasalahan sosial-ekonomi, maka dibutuhkan suatu prinsip baru dalam memahami bagaimana perencanaan infrastruktur hijau dapat dipahami dalam menghadapi kenyataan di lapangan saat ini dan di masa yang akan datang terkait lingkungan dan perencanaan kota.

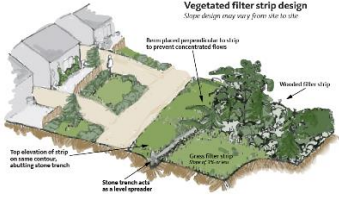



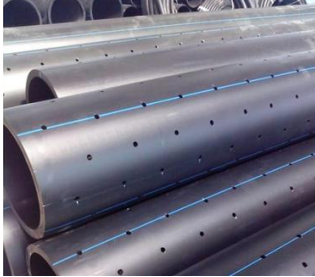
Setelah dihimpun dari berbagai macam sumber ilmiah, Monteiro (2020) menetapkan beberapa prinsip dari Infrastruktur Hijau. Prinsip-prinsip ini bermaksud untuk mempromosikan dan menyederhanakan pengembangan dan penggunaan infrastruktur hijau oleh berbagai akademisi dan organisasi pelaksana dan memberikan model yang lebih jelas untuk pengelolaan lanskap berkelanjutan. Prinsip-prinsip tersebut dapat dilihat pada tabel 2 berikut.


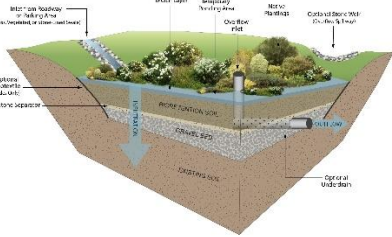

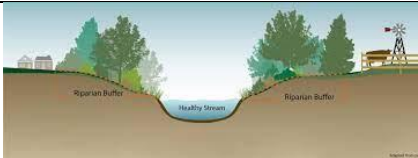

Tabel 2. Prinsip-prinsip Infrastruktur Hijau

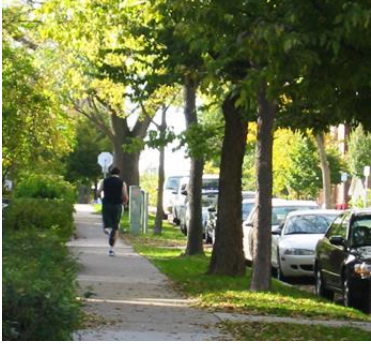


No	Prinsip	Interpretasi
1	Konektivitas (<i>Connectivity</i>)	Konektivitas sangat penting dalam menjaga keberlanjutan dan keberagaman spesies serta memelihara nilai dan manfaat dari siklus alami lingkungan. Taman kecil dan hutan kota masih belum cukup untuk menjaga keberlanjutan keberagaman flora dan fauna. Sehingga konektivitas dalam wilayah suatu kota dibutuhkan sebagai ruang bermigrasi spesies tertentu, persebaran bibit tumbuhan, serta repopulasi dari lapisan heterogen lanskap. Konektivitas juga menyediakan koridor transit dan rekreasi bagi manusia untuk berkontribusi pada keseimbangan alam melalui ketersambungan berbagai lanskap. Sehingga dapat dikatakan bahwa tujuan akhirnya ialah membentuk konektivitas yang baik antar satu ruang hijau dengan ruang hijau lain.
2	Multi fungsionalitas (<i>Multifunctionality</i>)	Multifungsionalitas memberikan kepentingan yang signifikan karena secara langsung terhubung dengan infrastruktur hijau beserta manfaat ekosistem yang sangat luas seperti penyediaan manfaat, keteraturan, dukungan dan nilai budaya. Infrastruktur hijau yang multifungsional dapat menyediakan berbagai macam fungsi sosial, ekologis, dan ekonomis dan memiliki tingkat resiliensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan instrumen lain yang tidak memiliki prinsip tersebut. Multifungsionalitas tidak hanya mempromosikan berbagai macam fungsi dan meningkatkan keterkaitan antar ruang hijau, tetapi juga meningkatkan efektivitas pemanfaatan ruang tersebut, terlebih pada ruang perkotaan dimana ruang sangatlah terbatas dan langka untuk dimanfaatkan sebagai ruang hijau.
3	Multi skala (<i>Multiscale</i>)	Berdasar pada fleksibilitas dan adaptabilitas, infrastruktur hijau dapat direncanakan pada skala bangunan (contoh: atap hijau/ <i>green roof</i>), dalam skala wilayah dan keterkaitan wilayah, dapat berupa keterkaitan antara lanskap hijau dan area hijau yang besar. Sehingga, perencanaan infrastruktur hijau harus bervariasi dalam skalanya agar dapat berinteraksi/terhubung antar satu dengan yang lain.
4	Terintegrasi (<i>Integration</i>)	Integrasi utamanya berfokus pada interaksi dan keterkaitan antara infrastruktur hijau yang ada dengan struktur ruang kota, yang dalam hal ini diisitlahkan oleh umum sebagai <i>grey infrastructures</i> . Umumnya, prinsip ini terstruktur terlebih dalam tujuan pengembangan manajemen air hujan dan mobilitas. Meski demikian, pernyataan tersebut telah reduktif dan tidak mampu menemukan potensi penuh dan multifungsionalitas dari infrastruktur hijau. Integrasi merupakan prinsip yang mementingkan semua keterhubungan dan sinergitas antara infrastruktur abu-abu (<i>grey infrastructure</i>) dan infrastruktur hijau (<i>green infrastructure</i>) serta interaksi antara lanskap dengan lingkungan binaan.

No	Prinsip	Interpretasi
5	Diversitas (<i>Diversity</i>)	Infrastruktur Hijau menekankan pada kuantitas, kualitas ruang hijau perkotaan dan keragaman solusi yang disajikan untuk memecahkan masalah tertentu. Faktanya, terdapat banyak tipologi dari solusi ramah lingkungan yang dapat diimplementasikan pada ruang perkotaan sehingga dapat mengakomodir lebih banyak ruang hijau dan dapat melakukan pendekatan yang bisa menambah luas ruang hijau tersebut. Terlepas dari jenis struktur (buatan dan alami) dan skala (kecil dan besar), prinsip diversitas juga menambah peran akan pentingnya infrastruktur biru (<i>blue infrastructure</i>) dalam perencanaan infrastruktur hijau.
6	Dapat diaplikasikan (<i>Applicability</i>)	Beberapa kota madya telah mengembangkan rencana-rencana infrastruktur hijau dan telah membuat investasi besar dalam solusi ramah lingkungan dalam ruang perkotaan dalam beberapa tahun terakhir. Pada beberapa tempat, meskipun vegetasi telah tumbuh dan berkembang dengan penuh tindakan keberanian dan tujuan penuh ambisi, sebagian besar proyek berakhir dengan tidak terselesaikan. Untuk menghindari hal tersebut, perencanaan infrastruktur hijau harus memperhatikan tingkat penerapan, adaptibilitas, dan implementasi dari suatu proyek. Dimana dapat mengukur rencana yang sudah atau belum cukup realistis untuk diterapkan dan dikembangkan serta mengukur solusi yang telah ada dan adaptif.
7	Keterlibatan Pemerintah (<i>Governance</i>)	Pemerintahan bertujuan untuk mengkolaborasikan antara aktor pemerintahan dengan masyarakat dalam proses perencanaan. Prinsip ini menyatakan aspek penting dalam pembangunan dan implementasi dari infrastruktur hijau karena ruang hijau memberi cakupan yang luas dalam hal fungsi rekreasi, berfokus pada kebutuhan makhluk hidup, dan pada manajemen dan pengelolaan yang mengacu pada populasi makhluk hidup. Jika masyarakat merasa tidak terikut serta dengan proses perencanaan, infrastruktur hijau tidak dapat berhasil dan tidak dapat diapresiasi dan didukung oleh masyarakat lokal dan tujuannya tidak dapat terselesaikan.
8	Keberlanjutan (<i>Continuity</i>)	Kekurangan terbesar pada proyek infrastruktur hijau ialah keterbatasan pengendalian pasca implementasi atau penghitungan empiris pada nilai fungsi dan manfaat ekosistem yang dapat dihasilkan. Dalam hal ini, guna infrastruktur hijau dapat efektif perlu dilakukan investasi, manajemen dan pembaharuan yang berkala, serta kotamadya harus mampu secara berkala mengeluarkan informasi baru tentang proyek, tujuan, apa yang telah dicapai dan apa prospek terkait ruang hijau dan biru. Sehingga, rencana-rencana infrastruktur hijau dapat memiliki sistem pengendalian yang mampu mengidentifikasi melalui laporan berkala yang menjadi arahan dalam rencana proyek hijau kedepan.

Sumber: Monteiro (2020)

No	Jenis	Deskripsi	Contoh
5	<i>Filter strip</i>	Dirancang untuk menyaring limpasan air hujan	
Sumber: oregonstate.edu			
6	<i>Green roof</i>	Vegetasi atap yang memberikan nilai ekologis, mengurangi limpasan air hujan, dan meningkatkan kinerja bangunan.	
Sumber: www.sempergreen.com			
7	<i>Green wall</i>	Struktur vertical yang dirancang untuk menyerap polusi udara dan berfungsi sebagai penghalau suara serta menambah keindahan	
Sumber: www.lawnstarter.com			
8	<i>Hedgerow</i>	Deretan tanaman yang berfungsi sebagai penyangga angin untuk mengurangi erosi tanah dan menyediakan habitat satwa liar.	
Sumber: www.growingwithnature.org			
9	<i>Perforated pipe</i>	Pipa bawah tanah dengan lubang-lubang kecil yang memungkinkan masuk dan keluar dari air hujan ke tanah	
Sumber: www.indiamart.com			

No	Jenis	Deskripsi	Contoh
10	<i>Permeable pavement</i>	Permukaan pavement yang cocok untuk lalu lintas kendaraan atau pejalan kaki yang memungkinkan air menyerap ke dalam tanah.	
Sumber: usgv.gov			
11	<i>Rain garden & bioretention</i>	Batu dan tanaman yang disusun untuk mengumpulkan, menyerap, dan menyaring limpasan air hujan.	
Sumber: geosynthetic.com			
12	<i>Rain harvesting</i>	Penggunaan barrel atau tangki untuk mengumpulkan air hujan dan menambah pasokan air.	
Sumber: www.vontripo.com			
13	<i>Riparian buffer</i>	Vegetasi yang memperlambat aliran air ke sungai, serta mengurangi erosi, sedimentasi, dan polusi di saluran air.	
Sumber: www.albemarle.org			
14	<i>Soakaways, infiltration, trenches, and chambers</i>	Sistem penyimpanan aliran air di bawah tanah	
Sumber: suistanabletechnologies.ca			

No	Jenis	Deskripsi	Contoh
15	<i>Tree canopy expansion</i>	Penanaman pohon, pemeliharaan meningkatkan jumlah pohon, yang membantu membersihkan udara, menyaring air dan memberi naungan.	 <p>Sumber: minneapolis2040.com</p>
16	<i>Wet pond</i>	Kolam permanen besar yang memungkinkan sedimen untuk mengendap serta biofiltrasi untuk memperlambat dan menyaring air.	 <p>Sumber: www.acualisco.com</p>
17	<i>Xeriscaping</i>	Pengelompokan vegetasi dengan kebutuhan yang sama, khususnya spesies lokal, untuk mengurangi kebutuhan penyiraman.	 <p>Sumber: www.hgtv.com</p>

Sumber: *The Friends of the Greenbelt Foundation and Green Infrastructure Ontario Coalition* (2017)

2.4 Kaitan Antara Banjir, *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) dan Infrastruktur Hijau

Berdasarkan penjelasan yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat diketahui bahwa banjir, infrastruktur hijau dan WSUD memiliki keterkaitan satu sama lain. Hal ini dikarenakan banjir merupakan sebuah permasalahan yang terbentuk dari berbagai macam penyebab/faktor. Maryono (2014) menyebutkan permasalahan banjir disebabkan oleh berbagai faktor, Faktor-faktor tersebut dijelaskan pada poin-poin berikut:

2.4.1 Iklim Ekstrem

Faktor iklim ekstrem mengacu pada permasalahan dunia berupa perubahan iklim secara makro. Faktor ini sangat mempengaruhi perilaku keberadaan air seperti

banjir ekstrem dan kekeringan ekstrem dan dapat dikategorikan sebagai bencana alam (*natural disaster*) yang penanganannya seharusnya dilakukan bersama oleh seluruh negara di dunia.

2.4.2 Penurunan Daya Dukung DAS

Menurunnya daya dukung Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan faktor utama yang menyebabkan banjir. Hal ini karena daya dukung DAS memegang peran penting akan keseimbangan siklus air. Siklus air yang tidak seimbang ditandai dengan daya dukung yang menurun dan disebabkan oleh berbagai aspek seperti perubahan tata guna lahan (*land use*) yang sebelumnya merupakan daerah tangkapan air menjadi daerah yang rendah/kedap air (menyebabkan air hujan tidak meresap ke tanah namun mengalir di permukaan) menyebabkan terjadinya kenaikan volume limpasan air.

2.4.3 Pola Pembangunan Sungai

Sungai dari bagian hulu ke hilir merupakan satu kesatuan yang dimana jika terjadi ketidak seimbangan siklus air di tiap daerah aliran sungainya maka akan terjadi permasalahan yang serius. Paradigma pembangunan sungai yang menggunakan pendekatan normalisasi, pelurusan, sudetan, pembuatan tanggul sisi, dan lain sebagainya menyebabkan limpasan air dengan secepat-cepatnya mencapai hilir sungai. Dimana paradigma tersebut sebenarnya memiliki dampak buruk yang menyebabkan terjadinya kekeringan pada musim kemarau dikarenakan air tidak memiliki daerah resapan sepanjang perjalanannya dari hulu, menyebabkan daerah yang dialiri sungai tersebut tidak mendapat resapan air sungai. Jika ditinjau dari kacamata ekologi dan hidraulik, pola pembangunan sungai ini sungguh sangat merusak. Di samping akan merusak ekosistem sepanjang sungai, pola ini juga merusak equilibrium hidraulika sungai sehingga bisa mengakibatkan banjir pada musim hujan dan kekeringan serta penurunan muka air tanah pada musim kemarau.

2.4.4 Kesalahan Perencanaan dan Implementasi Pengembangan Kawasan

Kesalahan perencanaan yang tidak menjadikan upaya penanggulangan banjir, kekeringan, dan konservasi air menjadi hal utama menyebabkan

implementasi pembangunan semakin hari semakin menurunkan daya dukung DAS. Hal ini berkaitan dengan perubahan tata guna lahan yang secara horizontal terus menerus mengambil daerah yang sepatutnya menjaga keseimbangan siklus air menjadi daerah terbangun berupa permukiman dan sarana prasarana penunjangnya. Hal ini semestinya perlu diperhatikan guna mengalihkan pembangunan secara horizontal menuju pembangunan secara vertikal agar daerah-daerah yang menjaga keseimbangan siklus air tidak beralih fungsi atas kebutuhan yang lain.

2.4.5 Kesalahan Konsep Drainase

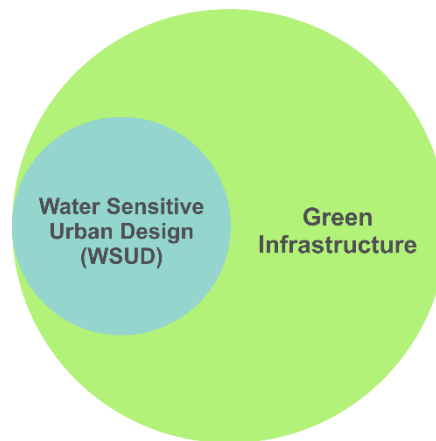
Konsep drainase kota dan kawasan yang diterapkan hingga saat ini masih sangat konvensional. Konsep ini menyatakan bahwa drainase memiliki fungsi mengalirkan air secepat mungkin ke sungai dan menuju ke hilir. Konsep konvensional ini sebenarnya menjadi penyebab terjadinya banjir pada daerah hilir saat musim penghujan dan kekeringan di musim kemarau. Hal ini dikarenakan seluruh air yang seharusnya meresap ke tanah dan nantinya akan muncul sebagai mata air, dipaksakan secepatnya dibuang ke hilir. Kesalahan ini perlu diatasi dengan mengubah paradigma konsep drainase menuju konsep drainase ramah lingkungan, yaitu upaya mengalirkan kelebihan air di suatu kawasan dengan jalan meresapkan air ini atau mengalirkannya secara alamiah dan bertahap ke sungai.

2.4.6 Sosio-Hidrolik

Sosio-hidrolik diartikan sebagai pemahaman sosial tentang masalah yang berkaitan dengan keairan dan konservasinya. Pemahaman ini diperlukan agar penyebab-penyebab terjadinya kekeringan dan banjir yang disebabkan oleh faktor manusia (penebangan hutan, pengambilan air tanah secara masif, dsb) tidak terjadi sehingga masyarakat memiliki pemahaman akan bagaimana siklus air perlu dijaga keseimbangannya melalui tindakan yang benar dan mencegah tindakan yang salah/keliru. Pemahaman sosio-hidrolik ini dapat dicapai melalui berbagai cara seperti *capacity building*, sosialisasi pada masyarakat yang secara langsung berinteraksi dengan sumber dan pemanfaatan siklus air, serta keikutsertaan masyarakat dalam perencanaan (*consensus planning/participatory planning*) yang baik dan benar dalam pengelolaan siklus air berkelanjutan.

2.4.7 Infrastruktur Hijau dengan Pendekatan WSUD sebagai Sebuah Solusi

Keberadaan konsep infrastruktur hijau yang diperkuat melalui pendekatan WSUD menjadi sebuah solusi dalam menyelesaikan permasalahan yang muncul dari berbagai faktor tersebut. Hal ini tentu saja dikarenakan prinsip utama infrastruktur hijau dengan pendekatan WSUD yaitu sebagai konsep yang mengintegrasikan antara manajemen air secara berkelanjutan dengan prinsip perencanaan dan perancangan kota yang sensitif terhadap keberadaan air. Konsep Infrastruktur Hijau dan konsep WSUD bukan dua hal yang berbeda, melainkan konsep dan pendekatan yang sama namun berasal dari negara dan rentetan waktu yang berbeda. Oleh karena itu, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) menyebutkan bahwa WSUD merupakan salah satu bagian dari konsep pendekatan infrastruktur hijau tersebut.

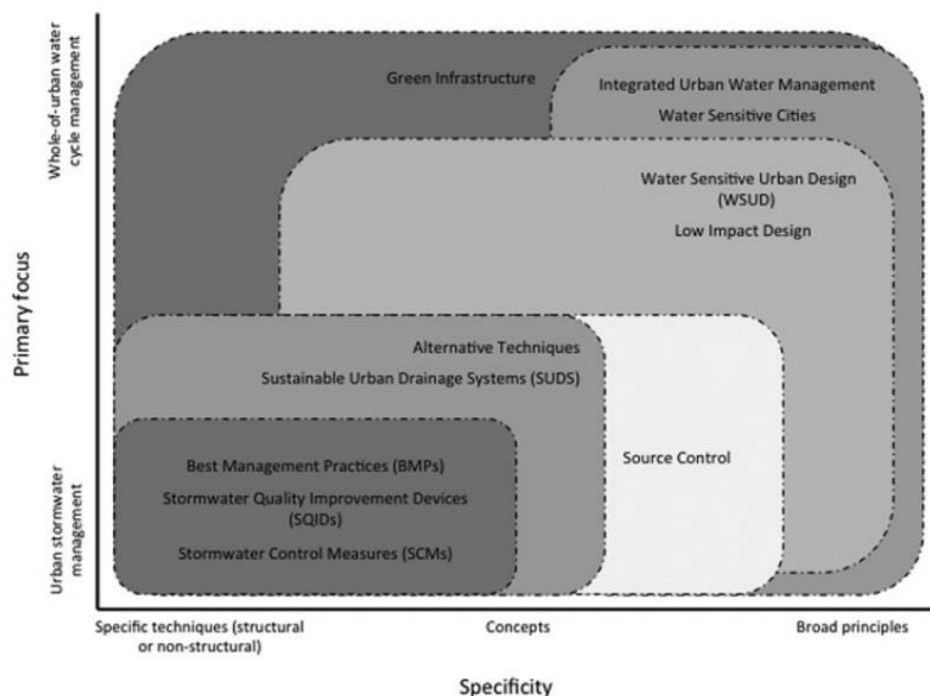


Gambar 1. Ilustrasi konsep Infrastruktur Hijau dan WSUD
Sumber: Penulis, 2022

Konsep Infrastruktur Hijau merupakan konsep manajemen siklus air dan pengendalian keberadaan air yang pertama kali muncul di negara-negara Amerika Utara yang sebelumnya diistilahkan sebagai konsep *Low Impact Development* (LID). Setelah itu prinsip-prinsip dari konsep tersebut diadopsi negara Inggris dengan istilah *Sustainable Urban Drainage Systems* (SuDS). Daratan eropa lain melalui para perencana dan pemerintah lokal membentuk *The European Union Water Management and Flooding Directives on a river basin basis*, dan di Australia pengembangan kebijakan yang sama diistilahkan sebagai *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) (Radcliffe, 2019).

Menurut Fletcher (2015) keberagaman terminologi yang muncul dalam konsep ramah lingkungan dan berkelanjutan dalam menangani pengendalian banjir dan manajemen air didasari atas berkembangnya kesadaran akan perlunya limpasan air pada ruang perkotaan untuk dikelola dalam beberapa kurun waktu terakhir. Keberagaman terminologi tersebut yang secara prinsip dan praktek akhirnya berkembang dalam berbagai macam terminologi/peristilahan sehingga menyebabkan potensi dalam miskonsepsi dan miskomunikasi dalam memahami konsep tersebut.

Fletcher (2015) mengategorikan tiap konsep yang ada dalam memahami berbagai macam terminologi tersebut melalui batasan konsepnya serta penerapan dan prinsip mendasar pada tiap konsep tersebut guna menghindari potensi miskonsepsi dan miskomunikasi pada tiap terminologi konsep yang ada. Berikut merupakan Gambar 2 berupa diagram dalam memahami berbagai macam terminologi tersebut berangkat dari faktor yang telah disebutkan diatas.



Gambar 2. Klasifikasi terminologi berdasarkan spesifikasi dan fokus utama
Sumber: Fletcher, 2015

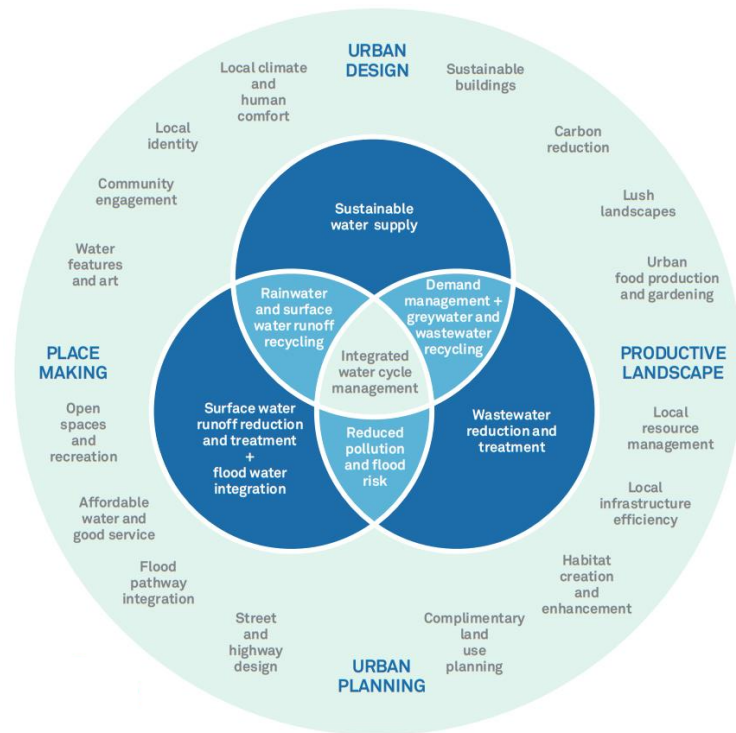
Pada gambar diatas, terlihat bahwa Infrastruktur Hijau (*Green Infrastructure*) meliputi seluruh lingkup spesifikasi (spesifikasi teknis, konsep, dan prinsip umum) dan fokus utama yang ada (Seluruh manajemen siklus air dan

manajemen limpasan air hujan). Sehingga Konsep Infrastruktur Hijau merupakan konsep yang secara umum menjadi konsep utama dalam pendekatan perencanaan dan pengembangan lingkungan binaan dikarenakan konsep ini meliputi seluruh lingkup spesifikasi dan fokus utama yang ada pada konsep ramah lingkungan dan berkelanjutan dalam pengendalian banjir ini.

Selain itu, diantara terminologi lain terdapat konsep WSUD yang berada dipertengahan diagram tersebut. Dimana konsep WSUD merupakan konsep yang sangat sesuai dalam skala kota dikarenakan konsep ini mencakup hampir seluruh lingkup spesifikasi dan fokus utama yang ada. Terlebih mencakup secara spesifik pada prinsip utama dan konsep serta seluruh manajemen siklus air dimana sangat dibutuhkan dalam merencanakan konsep ramah lingkungan dan berkelanjutan dalam pengendalian banjir dan manajemen air pada skala kota.

CIRIA (2013) menyebutkan bahwa terdapat 2 prinsip yang secara esensial dalam pengaplikasian dari WSUD yang menjadikannya sebagai sebuah pendekatan yang memiliki keunggulan dalam manajemen siklus air terintegrasi yang salah satunya dapat mengatasi masalah pengendalian banjir. Prinsip pertama yaitu semua elemen dari siklus air dan interkonektivitasnya secara bersamaan mengkonsiderasikan capaian untuk menghasilkan keluaran berupa lingkungan alami yang sehat dan berkelanjutan yang sejalan dengan pemenuhan kebutuhan manusia yang termasuk didalamnya menyangkut manajemen suplai dan kebutuhan air, manajemen polusi dan air limbah, manajemen limpasan air hujan, manajemen jaringan pematuan air, serta manajemen pengendalian banjir dan aliran air.

Sedangkan prinsip kedua yaitu mengkonsiderasikan siklus air yang terbentuk sedari awal melalui proses perencanaan dan perancangan. Dimana solusi manajemen air diharapkan dapat memenuhi ekspektasi dan aspirasi perancangan suatu kawasan yang berhasil dalam hal memberikan nilai karakter lokalitas dari lingkungan dan masyarakat, mengoptimalkan manfaat dan biaya dari infrastruktur yang dibangun, meningkatkan kualitas hidup dari masyarakat, dan menyediakan ketahanan dan keterjaminan sumber daya di masa yang akan datang. Diagram dari manajemen siklus air terintegrasi dari pendekatan WSUD dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Diagram manajemen siklus air terintegrasi dalam WSUD
Sumber: CIRIA, 2013

Peneliti memilih pendekatan WSUD sebagai pendekatan dalam menerapkan jenis-jenis infrastruktur hijau secara teknis dikarenakan pendekatan WSUD merupakan pendekatan yang sangat sesuai berangkat dari skala dan prinsipnya serta berkembang jauh lebih baik dan juga aktual (sesuai dengan kondisi yang ada saat ini). Hal ini dibuktikan dengan terperinci pedoman-pedoman WSUD yang dikeluarkan oleh akademisi dan pemerintah daerah terlebih di negara asalnya yaitu Australia. Sehingga peneliti mengadopsi pedoman-pedoman tersebut dalam menyelesaikan permasalahan siklus air dan banjir yang ada dengan pendekatan WSUD ini.

2.4.8 Klasifikasi Infrastruktur Hijau dengan Pendekatan WSUD

Infrastruktur hijau dengan pendekatan WSUD dapat dikelompokkan ke dalam beberapa kelompok berdasarkan pada karakteristik dari proses manajemen air yang dilakukan. Pengelompokan jenis infrastruktur hijau tersebut terbagi atas 4 kelompok yang dapat dilihat pada penjelasan berikut.

a. Pemanenan Air Hujan

Yahya (2021) menyebutkan bahwa pemanenan air hujan merupakan praktek yang dimanfaatkan melalui suatu teknologi untuk mengumpulkan air hujan yang biasanya didapatkan salah satunya melalui atap bangunan dan dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber air bersih. Dalam kurun beberapa tahun terakhir, pemanenan air hujan dilihat sebagai sebuah solusi atau alternatif sumber air pada wilayah perkotaan yang memiliki beberapa manfaat yaitu dapat sebagai sumber air alternatif dan dapat menjadi pengendali banjir karena limpasan air hujan tertampung sehingga tidak menggenangi daratan secara langsung.

Hal ini dibuktikan pada beberapa kasus pemanfaatan pemanenan air hujan di beberapa negara seperti Kanada dan Jepang. Dalam kasus negara Kanada, Farahbakhs (2009) menyebutkan bahwa praktek pemanenan air hujan telah dilakukan sejak lama pada masyarakat pedesaan dan dalam beberapa tahun terakhir telah menginspirasi masyarakat perkotaan untuk melakukan praktek tersebut. Masyarakat perkotaan yang terinspirasi tersebut meningkat dan termotivasi dikarenakan manfaat-manfaat dari praktek pemanenan air hujan terhadap tujuan pembangunan berkelanjutan, terlebih dalam hal konservasi air dan kualitas air hujan. Sedangkan dalam kasus negara Jepang, sistem pemanenan air hujan diperkenalkan secara luas kepada masyarakat sebagai salah satu solusi dalam mengurangi banjir perkotaan mengingat bahwa atap bangunan yang berfungsi sebagai pemanen air hujan merupakan area yang meliputi sekitar 50% dari ruang perkotaan yang ada (Ward, 2012).

Dalam bentuk penerapan teknisnya, Yahya (2021) menyebutkan terdapat 3 elemen dasar yang perlu ada untuk menerapkan praktek pemanenan air hujan, yaitu:

- i. Area Lokasi; dimaksudkan pada area tangkap air hujan yang dalam hal ini merupakan atap bangunan, pada umumnya merupakan atap bangunan dengan fungsi bangunan hunian berupa rumah tapak.
- ii. Sistem Alat Angkut; merupakan sistem dan alat yang digunakan untuk mengalirkan air hujan yang telah tertangkap melalui atap bangunan menuju ke fasilitas penyimpanan. Sistem alat angkut ini biasanya berupa talang dan pipa air yang secara material harus aman guna mencegah pencemaran pada kualitas air.

- iii. Fasilitas Penyimpanan; secara umum dapat berupa tangki penyimpanan yang secara material haruslah kedap air dan tidak mengandung bahan kimia beracun guna menghindari air yang tertampung tercemar bahan kimia yang dapat merusak kualitas air.

b. Infiltrasi

Infiltrasi adalah proses masuknya air menuju ke dalam tanah sebagai akibat dari gaya kapiler dan gravitasi yang bila tanah telah menjadi jenuh maka air akan melewati lapisan permukaan tanah dan sebagian dari air tersebut mengalir ke lapisan yang lebih dalam sebagai akibat gaya gravitasi bumi dan dikenal sebagai proses perkolasi (Amiruddin dan Arham, 2020). Dalam bentuk penerapan infrastruktur hijau dalam bentuk proses manajemen air berupa infiltrasi, terdapat 2 jenis infrastruktur hijau yang dapat diterapkan yaitu cekungan infiltrasi (*infiltration basins*) dan sumur resapan (*soak pits/soak away*). Menurut *Susdrain* (Organisasi Non-Pemerintah) yang berfokus pada pengembangan praktek pemanfaatan infrastruktur hijau menyebutkan bahwa penerapan *infiltration basin* terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan yang perlu dikonsiderasikan, beberapa kelebihan *infiltration basins*, yaitu:

- i. Mengurangi volume limpasan air.
- ii. Efektif dalam menghilangkan polutan melalui penyaringan pada tanah.
- iii. Berkontribusi dalam mengembalikan air tanah dan augmentasi aliran dasar.
- iv. Sederhana dan terjangkau untuk dibuat.

Sedangkan kekurangannya, yaitu:

- i. Potensi tingkat kegagalan yang tinggi dikarenakan penempatan yang tidak tepat, desain yang buruk, dan kurangnya perawatan, terutama jika pra-perawatan yang sesuai tidak dilakukan.
- ii. Investigasi geoteknik komprehensif diperlukan untuk mengkonfirmasi kesesuaian untuk infiltrasi.
- iii. Tidak sesuai untuk mengeringkan titik-titik polusi di mana konsentrasi polusi yang tinggi mungkin terjadi.
- iv. Membutuhkan area yang luas dan datar.

Secara mendasar, teknik infiltrasi menyimpan limpasan dengan membiarkan genangan sementara dan dangkal di permukaan serta meningkatkan

kemampuan alami tanah untuk meresapkan air. Hal ini dilakukan dengan menyediakan area permukaan yang luas yang bersentuhan dengan tanah di sekitarnya yang dapat dilalui air. Air hujan yang tertampung dikelola melalui beberapa cara pada penerapan *infiltration basin*. Beberapa diantaranya yaitu melalui filtrasi fisik untuk menghilangkan bebatuan, absorpsi ke dalam material pada sekitar tanah dan reaksi biokimia yang mengikutsertakan mikro organisme berkembang pada sekitar area ataupun di area dalam tanah.

Pada penerapannya, *infiltration basin* dapat diterapkan pada area perumahan dan area komersial maupun industri dan penempatannya haruslah berada di area tak terbangun dan merupakan area yang luas dan datar. *Infiltration basin* sangat mudah dalam integrasi ke suatu tapak. Penerapan ini ideal untuk fungsi ruang terbuka hijau sebagai sarana tempat bermain dan rekreasi. *Infiltration basin* dapat ditanami dengan pohon, semak belukar dan tumbuhan lainnya untuk meningkatkan estetika maupun menyediakan habitat bagi makhluk hidup. Penerapan ini meningkatkan konten kelembaban tanah dan membantu meningkatkan jumlah air tanah, sehingga mengurangi masalah aliran sungai yang rendah.

Sedangkan penerapan lainnya yaitu *soak pits/soak away* atau sumur resapan. Menurut Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang (2020), sumur resapan adalah bangunan rekayasa teknik dengan bentuk sumur, akan tetapi fungsinya sebagai tempat penampungan air yang datang dari atas tanah. Selain itu, sumur resapan merupakan jenis sumur yang terbentuk secara alami dan dibantu oleh resapan-resapan air pada suatu daerah atau lokasi tertentu sehingga sumur resapan juga mengambil alih fungsi untuk menampung air pembuangan dan air hujan kedalam tanah. Menurut *Susdrain* terdapat beberapa hal yang perlu dikonsiderasikan dalam pemanfaatan sumur resapan, beberapa hal diantaranya yaitu kelebihan dan kekurangan yang perlu dipertimbangkan. Beberapa keuntungannya yaitu:

- i. Pemanfaatan tanah yang tidak perlu luas.
- ii. Menyediakan kembali jumlah air tanah.
- iii. Pengurangan volume limpasan air dan aliran puncak.
- iv. Penerimaan masyarakat yang baik terhadap penerapan ini.
- v. Mudah dibuat dan dioperasikan.

Sedangkan kekurangannya, yaitu:

- i. Tidak cocok untuk tanah dengan drainase yang buruk.
- ii. Investigasi lapangan diperlukan untuk mengkonfirmasi tingkat infiltrasi.
- iii. Tidak cocok untuk lokasi di mana air infiltrasi dapat membahayakan pondasi structural, atau dimana air infiltrasi dapat berdampak buruk pada pola drainase yang ada.
- iv. Beberapa ketidakpastian kinerja jangka Panjang dan kemungkinan penurunan kinerja selama periode musim hujan yang Panjang.
- v. Pemilik properti bertanggung jawab atas pengoperasian dan pemeliharaan, sehingga kinerja sulit dijamin tetap dalam kondisi yang baik.

Secara teknis, penerapan sumur resapan berupa penyediaan penyimpanan bagi air hujan dalam bentuk ruang di bawah tanah, dilapisi dengan membran berpori dan diisi dengan batu pecah kasar serta memiliki kemampuan alami tanah untuk meresapkan air. Penerapan ini dilakukan dengan menyediakan area permukaan yang luas yang bersentuhan dengan tanah di sekitarnya dan dapat dilalui air. Pada penerapannya, sumur resapan dapat diterapkan pada area perumahan dengan tipikal perumahan hunian tapak dan dapat juga diterapkan pada area komersial dan industrial.

Sumur resapan sangat mudah diintegrasikan ke dalam sebuah area, tetapi penerapan ini sangat sedikit dalam memberikan nilai keanekaragaman vegetasi dikarenakan penerapannya benar-benar berada di bawah tanah dan air tidak boleh muncul ke permukaan tanah.

Pada lokasi perencanaan, penerapan cekungan infiltrasi sangatlah memungkinkan mengingat area dengan fungsi permukiman serta komersial berada di dataran landai dan pada ruangnya masih terdapat area non terbangun sehingga memungkinkan penerapan cekungan infiltrasi diterapkan pada area tersebut. Sedangkan untuk sumur resapan penerapannya dapat tersebar pada area permukiman dan komersial yang tersebar di lokasi perencanaan dengan ketentuan merupakan hunian tapak dengan halaman yang ada guna mumpuni dalam pembuatan sumur resapan tersebut.

c. Pengaliran

Dalam hal pengaliran, penerapan infrastruktur hijau yang dapat diterapkan yaitu bioswales. Meskipun memiliki fungsi utama dalam mengalirkan air, bioswales juga memiliki fungsi dalam mengumpulkan, meresapkan, dan menyaring air yang ada. National Association of City Transportation Official (NACTO) yang merupakan salah satu Organisasi Non Pemerintah di Amerika Serikat menjelaskan bahwa bioswales merupakan bentuk penerapan yang memasukkan unsur vegetasi dan kedangkalan tanah, dengan lanskap yang dirancang untuk menangkap, mengelola, dan meresapkan air hujan dan dalam waktu yang bersamaan mengalirkannya menuju sungai.

Bioswales secara ukuran berfungsi untuk mengelola kualitas air biasanya disebut sebagai “penyaring pertama” dimana bioswales menjadi tahap pertama ketika air menyentuh permukaan tanah. Bioswales merupakan jenis infrastruktur hijau yang paling efektif dalam memperlambat aliran air dan juga membersihkan air serta menambah jumlah ketersediaan air tanah. Penerapan ini biasanya sangat fleksibel sehingga memungkinkan dalam mengintegrasikannya pada median jalan serta beberapa ruang publik guna menjadi strategi juga dalam traffic calming. Pemerintah New South Wales menyebutkan dalam pedoman WSUD yang dikeluarkannya bahwa penerapan bioswales sangat sesuai pada area dengan kepadatan yang tinggi pada wilayah metropolitan dan juga bisa diterapkan di pusat kegiatan lokal pada wilayah pedesaan dengan area penerapan dapat berada pada lanskap kawasan seperti di median jalan maupun parkir mobil.

d. Retensi dan Detensi

Retensi diartikan sebagai suatu sistem dimana air hujan ditangkap, ditampung, kemudian digunakan kembali dalam siklus pemanfaatan air perkotaan. Penggunaan akhir termasuk didalamnya pemanfaatan pada skala domestik, industri, dan irigasi terbuka. Sedangkan Detensi diartikan sebagai suatu praktek dalam menahan limpasan air dalam periode waktu tertentu untuk mengurangi tingkat aliran puncak dan sekaligus memperlambat pelepasan limpasan air menuju ke badan air baik sungai maupun kanal (Sharma, 2019). Dalam bentuk penerapan retensi dan detensi, terdapat 4 jenis infrastruktur hijau yang dapat diterapkan

yaitu *bioretention systems*, *roof systems*, *ponds and urban lakes*, dan *detention basins*.

Dalam pedoman yang dikeluarkan oleh CIRIA (2015), *Bioretention systems* merupakan lanskap dangkal yang dapat mengurangi tingkat dan volume limpasan air serta mengelola polusi melalui bentuk rekayasa tanah dan vegetasi. Penerapan ini efektif dalam menyediakan fitur lanskap yang atraktif dan secara mandiri mampu melakukan irigasi dan fertilisasi sendiri, menciptakan habitat yang biodiversitas, dan menyejukkan kondisi iklim lokal melalui tahap evapotranspirasi. *Bioretention systems* dapat diaplikasikan pada berbagai skala pengembangan dan dapat dipraktekkan baik pada area permukiman maupun area non permukiman. Penerapannya dapat diaplikasikan pada area privat untuk mengelola limpasan air dari properti milik sendiri, area ruang terbuka skala kecil, median parkir, jalur pedestrian, dsb. *Bioretention systems* memiliki manfaat dalam memberikan struktur pembatas, meningkatkan privasi, serta meningkatkan fitur estetika kawasan. *Linear bioretention systems* dapat diaplikasikan sepanjang jaringan jalan sehingga dapat membantu mengatur genangan yang ada di jalan raya. Area bioretensi secara umum diaplikasikan pada area tangkap yang kecil dan direkomendasikan secara maksimal area yang tergenang melalui penerapan *bioretention system* seluas 8000 m² (Davis, 2008).

Jenis penerapan lain yaitu *roof systems*. Sistem atap yang dimaksud disini ialah *green roof*/atap hijau. *Green roof* merupakan salah satu alternatif dalam mengintegrasikan tindakan perbaikan dan mitigasi pada wilayah perkotaan guna mencapai tujuan pembangunan yang berkelanjutan (Grullon, 2020). *Green roof* merupakan area dengan vegetasi yang diaplikasikan pada atap bangunan yang bermanfaat dalam fungsi retensi dan detensi dan bisa menambah nilai visual serta ekologis diwaktu yang bersamaan. *Green roof* secara sistem mengandung material yang secara kualitas kedap terhadap air dan memiliki sistem pelindung akar vegetasi, sistem drainase, kain penyaring, media tanam skala medium dan tumbuh-tumbuhan. Sistem *green roof* dapat berupa sistem modular berlapis yang disiapkan di dalam baki, termasuk lapisan drainase, media tanam dan tanaman, dan atau setiap komponen sistem dapat dipasang secara terpisah di atas struktur.

Meskipun secara umum penerapan *green roof* mengeluarkan biaya yang lebih banyak dibanding atap bangunan konvensional, namun penerapannya dapat menyediakan manfaat jangka panjang dimana vegetasi yang menutupi atap tersebut dapat melindungi lapisan material atap kedap air sehingga dapat melindungi dari kerusakan berupa radiasi ultraviolet maupun mengurangi temperatur yang ekstrim di dalam rumah (CIRIA, 2015). Penerapan lain yaitu *ponds and urban lakes* atau kolam dan danau kota, dalam kasus pada lokasi perencanaan telah diimplementasikan danau yang berada di hutan kota sehingga pada konsep perencanaan akan fokus pada arahan terkait penerapan *ponds*/kolam.

Ponds menurut pemerintah NSW dalam pedoman WSUD-nya menyebutkan bahwa *ponds* bertujuan untuk menghilangkan sedimen kasar dan halus melalui proses sedimentasi, serta mampu melakukan adsorpsi nutrisi dari tumbuhan sekitar kolam. *Ponds* dapat diimplementasikan pada berbagai macam lokasi termasuk didalamnya medan yang curam, namun terbatas pada area dimana lahan mencukupi tersedia. Perawatan khusus dibutuhkan dalam perancangan detail kolam dalam manajemen dan operasinya. Permasalahan seperti kelebihan algae, akumulasi dari oli dan sampah serta berkembang biakan nyamuk dapat diminimalisir melalui perancangan rekayasa yang baik. Spesies tumbuhan yang dipilih dan ditempatkan harus dibuatkan pembatas untuk membatasi akses publik bersentuhan langsung dengan badan air.

Penerapan terakhir yang dapat diimplementasikan yaitu *detention basins*. Menurut Departemen Transportasi California (2020) menyebutkan bahwa *detention basins* atau cekungan detensi memanfaatkan tanggul atau area yang digali untuk menahan limpasan hujan dalam waktu yang lama sehingga sedimen dan partikel-partikel menetap di bagian bawah sebelum limpasan terbangun. *Detention basins* secara perancangan digunakan untuk secara penuh tenggelam di saat hujan dan kering di saat tidak terjadi hujan. *Detention basins* memungkinkan dikonfigurasi dalam berbagai bentuk untuk memenuhi batasan hak jalan dan harus sesuai dengan ruang dan topografi yang tersedia. Penerapan memiliki fungsi untuk mengurangi sedimen dan partikel-partikel yang terbawa air hujan sehingga memiliki manfaat pengendalian banjir dan hidromodifikasi. *Susdrain* (2022)

menyebutkan beberapa kelebihan dan kekurangan dari *detention basins*. Kelebihan dari penerapan ini yaitu:

- i. Dapat menampung secara luas limpasan air hujan.
- ii. Mudah dalam perancangan dan konstruksi.
- iii. Memiliki manfaat yang banyak secara penggunaan lahan.
- iv. Mudah dalam perawatan.
- v. Aman dan dapat terlihat bila terjadi insiden pencemaran.

Sedangkan kekurangannya yaitu tidak banyak mengurangi volume limpasan air dan juga kedalaman detensi dimungkinkan haruslah berada pada ketinggian sistem *inlet* dan *outlet* yang ada. Secara penerapan, *detention basins* dapat diterapkan pada area permukiman bahkan pada area dengan kepadatan tinggi, komersial maupun industri dengan kriteria area penempatan berada di lahan terbuka dikarenakan fungsinya dapat sebagai sarana rekreasi dan olahraga yang pada waktu hujan akan tergenang namun ketika tidak terjadi hujan akan kering sehingga menjadi ruang terbuka bagi publik.

2.5 Studi Banding

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya terdapat berbagai macam terminologi di tiap negara dalam mengistilahkan konsep ramah lingkungan dan berkelanjutan dalam pengendalian banjir dan manajemen air. Berikut merupakan beberapa negara yang menerapkan konsep tersebut.

2.5.1 Amerika Serikat (*Low Impact Development/Green Infrastructure*)

Pada negara Amerika Serikat, istilah LID digunakan dan pertama kali muncul sebagai bentuk perencanaan penggunaan dan tutupan lahan di negara bagian Vermont mengacu pada pembentukan dari Federal AS bernama *Clean Water Act* pada tahun 1972 (USEPA, 2017). LID tersebut yang dikemudian hari diadopsi oleh negara bagian lain di Amerika Serikat. Amerika Serikat menggunakan konsep Total Daily Maximum Load, disyaratkan berdasarkan pasal 303(d) *Clean Water Act* (AS), untuk mengelola saluran air dan pembuangan air alami dan sumber polusi yang disebabkan manusia. Merupakan bentuk perhitungan jumlah maksimum polutan yang dapat diterima badan air dari sumber titik polusi,

sumber polusi non-point, dan memungkinkan *margin error* untuk mengizinkan air sumber daya agar tetap memenuhi baku mutu air yang dipersyaratkan untuk pemanfaatannya yang bermanfaat, baik untuk tempat penampungan air minum, penggunaan industri, atau irigasi (USEPA, 2016). Untuk membantu praktisi perencanaan wilayah, otoritas perlindungan lingkungan AS membentuk situs web bernama *LID Urban Design Tools* (USEPA, 2007).

LID berfokus pada kualitas air hujan dan debit puncak yang telah dilengkapi dengan konsep Infrastruktur Hijau terkait arsitektur lanskap dan manfaat ekosistem perkotaan beserta manajemen siklus air dan mengaitkannya dengan pencapaian efisiensi energi. Penggunaan *green roofs*, *rain gardens*, *swales*, *permeable pavements*, *improved infiltration*, *wetlands*, *green spaces*, dan koridor vegetasi alami perkotaan hadir untuk meningkatkan amenitas kota dan mengurangi resiko banjir dan polusi. Kota New York, salah satu kota besar di Amerika Serikat merespon konsep tersebut melalui Departemen Perlindungan Lingkungan untuk merevisi pendekatan dalam hal manajemen air hujan. Melalui peraturan rencana strategis tahun 2011-2014, mengamanatkan untuk memaksimalkan Infrastruktur Hijau, Mengendalikan sumber air, dan mengurangi limpasan air dari sumber utama dan area pengembangan yang baru (Bloomberg, 2011).

Tujuannya adalah untuk mengembangkan secara progresif selama 20 tahun ke depan instalasi untuk mengumpulkan 25 mm curah hujan pertama pada 10% dari daerah kedap air untuk mengurangi luapan saluran pembuangan gabungan. Rencana Infrastruktur Hijau akan menambah investasi privat dan publik pada *swales*, *green roofs*, dan lainnya dalam kontrol sumber daya dan manajemen limpasan air. Manfaat lain dapat berupa mengurangi temperatur kota, kualitas udara lebih baik, lebih banyak ruang hijau, iuran energi lebih rendah, nilai properti yang lebih tinggi.

2.5.2 Inggris (*Sustainable Urban Drainage Systems/SUDS*)

Konsep SUDS dikembangkan di Inggris dan dipublikasikan pada tahun 2000 sebagai dokumen pedoman definitif untuk Skotlandia dan Irlandia Utara (Martin, 2000). Pendetailan konsep telah direvisi secara progresif melalui *The SUDS Manual* (Woods, 2016). SUDS merupakan bagian utama dari konsep WSUD,

dimana mengintegrasikan manajemen limpasan air permukaan ke dalam pemahaman bentuk kota. WSUD dipahami secara luas berfokus pada siklus air, termasuk limbah air dan suplai air, serta integrasi lebih luas dari sumber air dan daerah aliran air dalam kaitannya dengan perencanaan dan perancangan kota. Empat manfaat dari SUDS berfokus pada kuantitas air, kualitas air, amenitas, dan biodiversitas. Esensi dari konsep tersebut ialah mengadopsi secara menyeluruh bagaimana hidrologi secara alami membentuk dampak pada pembangunan perkotaan. Dimana prioritas pada konsep ini ada pada kuantitas air dibanding dengan kualitas melalui mitigasi tingkat arus puncak dan debit limpasan air (Radcliffe, 2019). Terdapat banyak strategi yang secara rinci dijelaskan dalam *The SUDS Manual* seperti:

- a. Bagaimana memanen air hujan
- b. Penggunaan *green roofs*
- c. Penggunaan *pervious pavement*
- d. *bioretention systems* seperti *rain gardens* yang mampu dalam waktu tertentu menjadi sebuah kolam sementara
- e. Tanah yang terinfiltrasi
- f. Meningkatkan evapotranspirasi dari revegetasi seperti penanaman pohon.
- g. Penggunaan *swales*, *detention basins*, *ponds*, dan *wetland* untuk mencapai perbaikan kualitas air dan memperlambat laju limpasan air.

2.5.3 Australia (*Water Sensitive Urban Design*)

Pedoman resmi awal terkait konsep WSUD berasal dari Whelans dan Halpern Glick Maunsell (1994). WSUD menjadi formula dalam rencana pengembangan yang mengaitkan berbagai tujuan manajemen air hujan dan mengikutsertakan proses yang proaktif, dimana menandai peluang bagi aspek rancang kota, arsitektur lanskap, dan infrastruktur manajemen air hujan menjadi terhubung secara intrinsik (Wong, 2000). Sejak tahun 1994, berbagai negara bagian menginisiasi strategi manajemen kualitas air nasional, dimana menciptakan 24 pedoman yang didalamnya memuat topik kualitas air, air tanah, persebaran dan titik polusi, sistem drainase, manajemen tembusan, dan siklus air. Sehingga tiap negara

bagian berkomitmen terhadap kesepakatan dalam strategi inisiasi air nasional tersebut (NWI, 2004).

Pedoman-pedoman tersebut yang membentuk WSUD, dimana pedoman-pedoman tersebut mengintegrasikan komponen perancangan berupa siklus air perkotaan, termasuk keikutsertaan suplai air, air limbah, manajemen air hujan dan air tanah, rancang kota, dan perlindungan lingkungan. Bentuk untuk konseptualisasi peningkatan pengelolaan air hujan perkotaan berbentuk program perangkat lunak berbasis dari prinsip WSUD yang dikembangkan pertama kali oleh *The Cooperative Research Center for Catchment Hydrology*. Sejak saat itu terus dikembangkan dalam model yang lebih luas dalam mengidentifikasi secara tepat dan inovatif mengelola dan menggunakan kembali air hujan, mengurangi tingkat pencemaran, dan mengurangi debit limpasan air. Hal tersebut memberikan alat untuk pengelolaan alternatif sampai mendapatkan kombinasi terbaik dari biaya, hidrologi, dan peningkatan kualitas air dapat tercapai (eWater, 2016).

Kebanyakan negara bagian di Australia telah mengimplementasikan kebijakan-kebijakan yang berdasar pada prinsip-prinsip WSUD. Terdapat banyak macam bentuk implementasi pada beberapa kota besar dimana berangkat dari kebijakan yang lebih sesuai menurut pemerintah daerah setempat. Pemerintah daerah memiliki tanggung jawab secara konstitusional terhadap perencanaan kebijakan lingkungan, air, guna lahan, dan ruang terbuka publik (Commonwealth of Australia Constitution Act, 1900). Kesemuanya mengikuti peraturan tersebut kecuali negara bagian New South Wales yang memiliki undang-undang kebijakan negara bagian namun tetap terharmonisasi dalam praktik WSUD (Choi, 2016).

2.6 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian mengenai konsep perencanaan infrastruktur hijau dalam pengendalian banjir melalui pendekatan WSUD di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar, peneliti melakukan studi pustaka berangkat dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Tinjauan pustaka ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan variabel yang berkaitan terhadap analisis dan arahan yang akan dilakukan pada penelitian ini:

Tabel 4. Penelitian terdahulu

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Variabel	Jenis Penelitian	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian	Hasil Penelitian	Sumber
1	Pano, Ramdan (2019)	Perencanaan kawasan <i>Sponge City</i> berdasarkan prinsip-prinsip <i>Water Sensitive Urban Design (WSUD)</i> studi kasus Kelurahan Tamalanrea Indah, Kota Makassar	<ul style="list-style-type: none"> • Kemiringan lereng • Tutupan lahan • Tekstur tanah • Drainase • Prinsip-prinsip WSUD • Elemen WSUD 	Deskriptif kuantitatif	Menggunakan WSUD sebagai pendekatan dalam menentukan konsep perencanaan dalam menangani masalah pengendalian banjir	Menggunakan konsep <i>sponge city</i> dalam menentukan konsep perencanaannya, Serta beberapa parameter dalam penentuan kerawanan banjir memiliki perbedaan	Perencanaan teknis dilakukan dengan merencanakan pembangunan infrastruktur elemen-elemen teknis WSUD di kawasan perencanaan dilakukan secara spasial. Perencanaan kawasan <i>sponge city</i> berbasis WSUD didesain berdasarkan hasil analisis spasial tingkat kerentanan banjir di Kelurahan Tamalanrea Indah. Proses perumusan konsep disusun berdasarkan 5 prinsip perencanaan kawasan <i>sponge city</i> yang telah ditetapkan melalui serangkaian review literatur dan analisis spasial.	Jurnal Wilayah dan Kota Maritim, Vol. 7 No. 4 (Edisi Agustus 2019): 70-75
2	Lokita, Dias Aurora (2011)	Adaptasi konsep <i>Water Sensitive Urban Design (WSUD)</i> di Kawasan Cagar Budaya Kota Lama Semarang	<ul style="list-style-type: none"> • Topografi • Jaringan drainase • Jenis tanah • Tutupan lahan • <i>Sensitive regions</i> • Koridor aliran air 	Deksriptif kualitatif	Menggunakan konsep WSUD dan metode analisis deskriptif dalam menjelaskan konsep perencanaan kawasan	Konsep WSUD digunakan dalam kawasan yang memiliki fungsi berbeda, yaitu fungsi kawasan cagar budaya	Berbagai analisis yang telah digunakan menunjukkan bahwa konsep WSUD cukup sulit untuk diterapkan di Kota Lama Semarang, namun masih dapat dilakukan adaptasi konsep WSUD walaupun terbatas. Penerapan konsep WSUD dapat terbagi menjadi dua, yaitu pada kawasan yang tidak dapat diintervensi dan kawasan yang dapat diintervensi.	Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota, Vol. 22 No. 1, April 2011, hlm. 65-80

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Variabel	Jenis Penelitian	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian	Hasil Penelitian	Sumber
3	Asrar, Warouw dan Moniaga (2017)	Perencanaan komponen “ <i>Water Sensitive Urban Design</i> ” kawasan rawan banjir di Kecamatan Singkil Kota Manado	<ul style="list-style-type: none"> • Jaringan RTP • Layout perumahan • Layout jalan • Layout <i>streetscape</i> • Layout kawasan industri dan komersial 	Deskriptif	Kawasan rawan banjir yang didominasi permukiman diarahkan melalui penerapan konsep WSUD dalam penanganan masalah banjir	Terdapat perbedaan dalam penentuan komponen identifikasi kawasan guna menentukan arahan konsep perencanaan WSUD	Perencanaan komponen WSUD pada kawasan penelitian bervariasi terhadap setiap kondisi eksisting yang ada serta mengikuti berbagai standar baik standar dari panduan teknis WSUD serta dipadukan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) mengenai jalan, pedestrian, dll. Output yang dihasilkan berupa rencana zonasi elemen-elemen pada komponen WSUD serta berbagai masukan	Jurnal SPASIAL: Perencanaan Wilayah dan Kota Vol. 4 No. 1 (2017): 13-25
4	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"> • Curah hujan • <i>Catchment area</i> • Drainase • Topografi • Kemiringan lahan • Koefisien manning 	Deskriptif kuantitatif	Menggunakan Sistem Informasi Geografis dalam penentuan zonasi tingkat kerawanan banjir suatu kawasan	Hanya terbatas pada penentuan tingkat kerawanan banjir kawasan, tidak sampai pada penentuan arahan konsep perencanaan	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

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Variabel	Jenis Penelitian	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian	Hasil Penelitian	Sumber
5	Guvil, Quinoza, Driptufany, dan Ramadhan (2019)	Analisis potensi daerah resapan air Kota Padang	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan lahan • Curah hujan • Jenis tanah • Kemiringan lereng 	Deksirptif kualitatif & kuantitatif	Menggunakan analisis <i>weighted overlay</i> dalam menentukan tingkat resapan air suatu kawasan	Penelitian hanya terbatas pada identifikasi potensi resapan air suatu kawasan	Kondisi peresapan air dengan luasan terbesar di Kota Padang yaitu seluas 69,79% dari luas wilayah daerah penelitian terdapat pada kondisi resapan baik. Namun, resapan air Kota Padang telah banyak berada pada kondisi kritis yang tersebar merata pada wilayah sebelah barat dengan topografi datar dan didominasi dengan penggunaan lahan sawah, lahan terbuka (pertambangan) dan lahan terbangun. Semakin baik infiltrasi suatu parameter maka semakin baik pula resapan air suatu kawasan.	Prosiding Seminar Nasional Geomatika 2018: hlm 671-680

2.7 Keterkaitan Kajian Pustaka terhadap Metode Penelitian

Metode-metode yang digunakan dalam penelitian ini membutuhkan penjabaran yang tersajikan pada bab kajian pustaka ini terkait beberapa literatur yang berkaitan dengan pertanyaan penelitian yang ditetapkan. Seperti penjabaran mengenai banjir yang terdiri atas pengertian banjir, klasifikasi banjir, penyebab terjadinya banjir, serta parameter-parameter yang mempengaruhi kerawanan banjir yang diperlukan dalam mendalami pemahaman atas banjir guna dapat bermanfaat ketika melakukan metode analisis tingkat kerawanan banjir. Sehingga kemudian hasil dari analisis tersebut dapat diketahui parameter-parameter apa saja yang mempengaruhi terjadinya banjir pada lokasi penelitian serta kaitannya terkait apa penyebab dan jenis banjir yang terjadi pada lokasi melalui penjabaran yang telah tersajikan pada bab ini.

Selain pembahasan terkait banjir, dijabarkan juga pembahasan terkait *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) dan Infrastruktur Hijau yang terdiri atas pengertian, prinsip-prinsip, serta jenis-jenis penerapan dari kedua terminologi tersebut. Hal ini diperlukan guna memberikan pemahaman atas ketiga hal dari kedua terminologi tersebut yang dapat digunakan pada metode analisis dalam menentukan konsep perencanaan yang tepat sesuai dengan pengertian, prinsip-prinsip, serta jenis-jenis yang sesuai melalui tahapan sintesis teori keduanya lalu penetapan elemen teknis dalam menerapkan pendekatan tersebut pada konsep perencanaan.

Pembahasan mengenai kaitan antara banjir, WSUD, dan infrastruktur hijau dibahas juga guna memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai banjir sebagai suatu masalah yang dapat diselesaikan melalui adanya konsep perencanaan melalui penerapan infrastruktur hijau dengan pendekatan WSUD yang dapat menjadi sebuah alternatif solusi dalam menangani permasalahan banjir yang terjadi di lokasi penelitian. Selain itu, bahasan mengenai studi banding terkait penerapan infrastruktur hijau dengan pendekatan WSUD diberbagai negara juga ditambahkan guna memberikan keterangan yang lebih jelas dan mendukung dalam menegaskan bahwa konsep perencanaan infrastruktur hijau dengan pendekatan WSUD dapat

meyakinkan secara jelas bahwa penerapan ini bisa menjadi solusi yang unggul dalam menangani masalah pengendalian banjir pada lokasi penelitian.

2.8 Kerangka Pikir

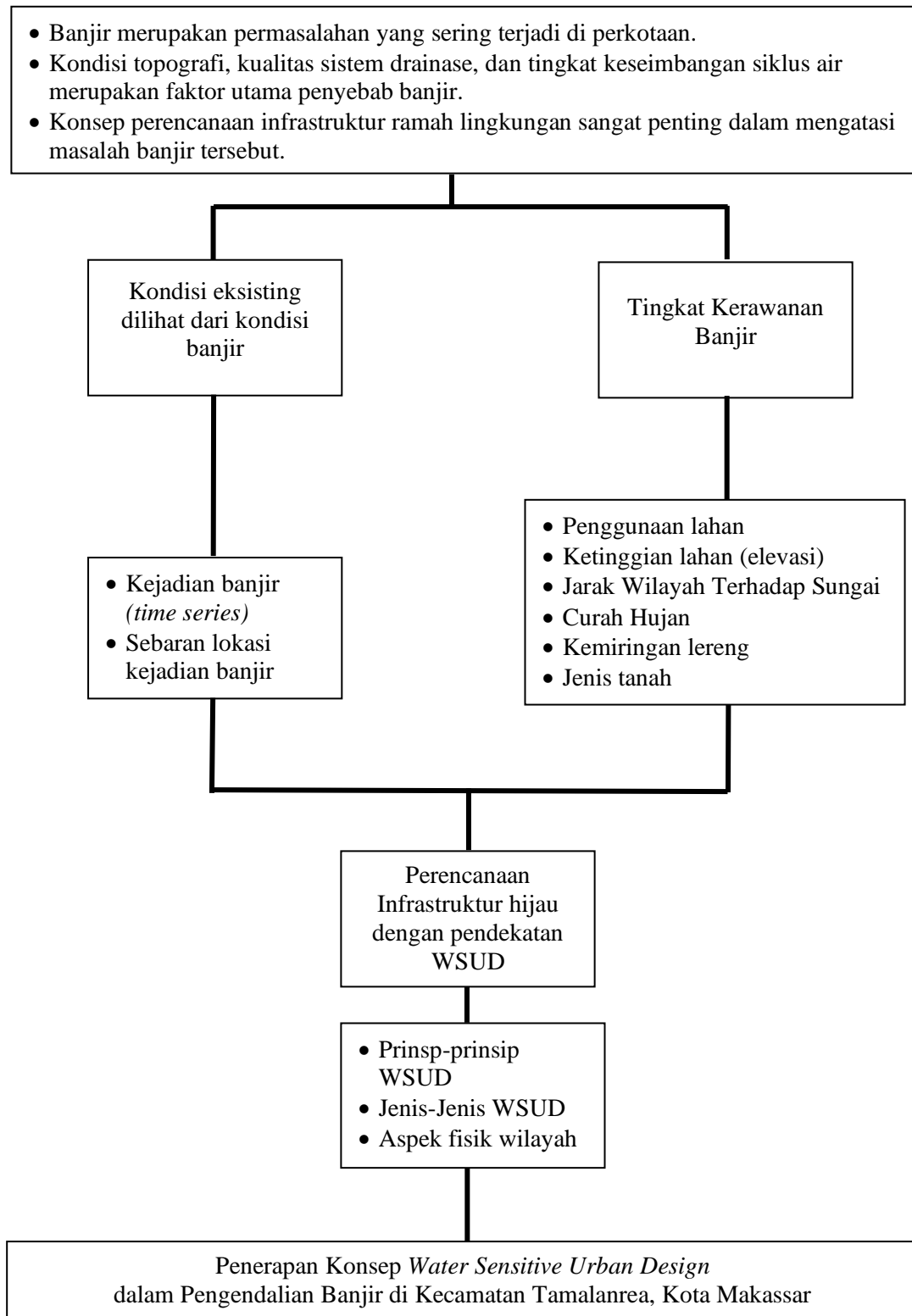
Kerangka pikir yang terbentuk dalam penelitian ini berangkat dari permasalahan dan potensi solusi yang dapat diterapkan pada lokasi penelitian. Permasalahan secara garis besar yaitu merupakan permasalahan banjir yang terjadi pada ruang perkotaan dalam hal ini pada lokasi penelitian serta kondisi topografi, kualitas sistem drainase, dan tingkat keseimbangan siklus air merupakan faktor utama yang menyebabkan banjir terjadi pada lokasi tersebut. Untuk potensi solusi yaitu konsep perencanaan infrastruktur ramah lingkungan yang dalam hal ini infrastruktur hijau dengan pendekatan *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) yang dapat menjadi solusi dalam mengatasi permasalahan banjir tersebut.

Dalam mengidentifikasi permasalahan yang ada, perlu dibuktikan atau diperkuat melalui metode ilmiah. Pada kedua hal ini dapat dilakukan melalui 2 cara, yaitu mengidentifikasi kondisi eksisting ditinjau dari kondisi banjir melalui analisis kejadian banjir (*time series*) dan identifikasi lokasi kejadian banjir serta mengidentifikasi tingkat kerawanan banjir pada lokasi penelitian melalui analisis tingkat kerawanan banjir dengan metode *weighted overlay* dengan menggunakan 6 parameter tingkat kerawanan banjir (penggunaan lahan, jarak wilayah terhadap sungai, ketinggian lahan, curah hujan, kemiringan lereng, dan jenis tanah).

Setelah mengidentifikasi kedua permasalahan tersebut, ditentukanlah konsep perencanaan yang tepat sesuai dengan kondisi permasalahan melalui analisis perencanaan infrastruktur hijau dengan pendekatan WSUD dengan cara yaitu menetapkan prinsip-prinsip WSUD yang dijadikan sebagai acuan dalam merencanakan arahan pada lokasi perencanaan, menetapkan jenis-jenis infrastruktur hijau yang akan diterapkan pada lokasi perencanaan melalui identifikasi aspek fisik wilayah yang sesuai dengan ketentuan penerapan pada masing-masing jenis infrastruktur hijau yang ada.

Setelah melewati tahap tersebut, dapat ditentukan konsep perencanaan Infrastruktur Hijau dalam Pengendalian Banjir dengan Pendekatan *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) pada lokasi studi kasus yaitu berada di Kecamatan

Tamalanrea, Kota Makassar. Kerangka pikir tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Kerangka pikir penelitian