

Potensi Lokasi Penerapan Infastruktur Hijau pada Daerah Aliran Sungai Tondano di Kota Manado

Potential Location of Green Infrastructure Implementation on Tondano Watershed in Manado City

Rodrygo H. Pelealu^a, Amanda S. Sembel^b, Fela Warouw^c

^aProgram Studi Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

^bProgram Studi Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

^cProgram Studi Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
henrypelealu26@gmail.com

Abstrak

DAS merupakan kawasan dimana ekosistem sumber daya alam berada hingga merupakan kawasan permukiman. Kawasan DAS yang berada dipertanian sering kali tidak diperhatikan sehingga terjadinya pembangunan yang kurang memperhatikan kondisi alami DAS itu sendiri dan menimbulkan berbagai masalah seperti longsor, genangan hingga banjir. DAS Tondano merupakan salah satu DAS yang berada di Kota Manado. Pembangunan yang terjadi di DAS Tondano meningkatkan kawasan terbangun dimana kawasan terbangun dapat mempengaruhi kondisi dari suatu DAS. Infastruktur hijau merupakan sebuah konsep, upaya, atau pendekatan untuk menjaga lingkungan yang *sustainable* dan juga merupakan suatu konsep pengelolaan air hujan meniru siklus hidrologi alami dalam merespon air hujan. Penelitian ini bertujuan untuk melihat karakteristik kawasan DAS berdasarkan faktor penentu infastruktur hijau dan kemudian dilanjutkan untuk melihat potensi penerapan infastruktur hijau di DAS Tondano. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis spasial dengan pendekatan *boolean overlay* yang dimana data spasial berupa faktor penentu infastruktur hijau dianalisis untuk mendapatkan potensi lokasi penerapannya. Karakteristik DAS Tondano berdasarkan faktor penentu infastruktur hijau didapatkan bahwa ada 10 jenis infastruktur hijau yang dapat diterapkan yaitu kolam detensi, *constructed wetland*, parit resapan, kolam resapan, bioretensi, *vegetated filter strip*, sengkeda rumput, *sand filter*, *premeable pavement*, dan *cistern*. Dari hasil analisis potensi lokasi didapatkan bahwa infastruktur hijau dapat diterapkan hampir diseluruh DAS Tondano dengan potensi luasan sebesar 971,28 ha dan Kecamatan Paal Dua merupakan daerah dengan potensi penerapan paling besar dengan potensi luasan sebesar 323,82 ha.

Kata kunci: Infastruktur Hijau, DAS, Analisis Spasial, Boolean Overlay, SIG

Abstract

The watershed is an area where the natural resource ecosystem is located until residential area. Watershed areas located in cities often go unnoticed so that development occurs that do not pay attention to the condition of the natural watershed itself and cause various problems such as landslides, inundation to floods. The Tondano watershed is one of the watersheds located in Manado City. The development that occurs in the Tondano watershed increases the built-up area where the built-up area can affect the condition of a watershed. Green infrastructure is a concept, effort, or approach to maintain a sustainable environment and is also a concept of rainwater management imitating the natural hydrological cycle in responding to rainwater. This study aims to look at the characteristics of the watershed area based on the determinants of green infrastructure and then proceed to see the potential application of green infrastructure in the Tondano watershed. The research method used is spatial analysis with a boolean overlay approach where spatial data in the form of determinants of green infrastructure are analyzed to obtain potential locations for its application. The characteristics of the Tondano watershed based on the determinants of green infrastructure are found that there are 10 types of green infrastructure that can be applied, detention ponds, constructed wetlands, infiltration ditches, infiltration ponds, bioretention, vegetated filter strips, grass stingers, sand filters, premeable pavement, and cistern. From the results of the analysis of potential locations, it was found that green infrastructure could be applied almost throughout the Tondano watershed with a potential area of 971.28 ha and Paal Dua District is the area with the greatest application potential with a potential area of 323.82 ha.

Keyword: Green Infrastructure, Watershed, Spatial Analysis, Boolean Overlay, GIS

1. Pendahuluan

DAS atau daerah aliran sungai adalah tempat dimana ekosistem sumberdaya alam, terutama vegetasi, tanah dan air berada serta merupakan kawasan hidup manusia (Paimin dkk, 2012). Suatu DAS pada merespon air hujan yang jatuh di daerah tersebut bisa memberikan pengaruh terhadap besar kecilnya fungsi hidrologis yaitu evapotranspirasi, penyusupan, perkolasi, peredaran permukaan, kandungan air tanah, dan aliran sungai (Seyhan, 1990). Pembangunan yang kurang memperhatikan nilai ekosistem seperti perubahan guna lahan yang salah satunya menjadi kawasan terbangun sehingga mengurangi ruang terbuka hijau dan yang dimana bisa menyebabkan masalah seperti genangan hingga longsor. Berbagai negara telah mempraktekkan sebuah konsep keberlangsungan dari sistem lingkungan yaitu infrastruktur hijau yang dimana merupakan konsep pengembangan kawasan berbasis lingkungan (Widyaputra, P.K,2020). Infrastruktur Hijau (*Green Infrastructure*) adalah sebuah konsep, upaya, atau pendekatan untuk menjaga lingkungan yang *sustainable* (berkelanjutan) melalui penataan ruang terbuka hijau dan menjaga proses-proses alami yang terjadi di alam seperti siklus air hujan, kondisi tanah, dan limpasan permukaan (US EPA). US EPA (2009) infrastruktur hijau juga merupakan suatu konsep pengelolaan air hujan meniru siklus hidrologi alami seperti proses infiltrasi, evapotranspirasi dan penggunaan kembali air hujan. Selanjutnya penerapan infrastruktur hijau akan berbeda setiap lokasinya tergantung karakteristik daerah tersebut (US EPA). Berbagai contoh penerapan konsep infrastruktur hijau ialah SUDS, WSUD, LID dan lainnya (Wahyuningsi, 2019). Pendekatan infrastruktur hijau dengan penataan ruang terbuka hijau dapat digunakan dalam manajemen air hujan (Warouw, dkk. 2017; Purukan, dkk. 2018).

Laju perkembangan area terbangun di Indonesia sangat pesat. Kondisi ini juga terjadi di Kota Manado dimana terjadinya perubahan daerah tutupan lahan di Kota Manado dari lahan yang bervegetasi (ladang, perkebunan) menjadi lahan yang terbangun (permukiman, jasa, industri) sebesar 1707,57 Ha (Moniaga, 2016). Daerah aliran sungai Tondano merupakan salah satu DAS yang ada di Kota Manado yang merupakan suatu daerah yang tingkat pembangunannya sangat pesat. Pembangunan dan pengembangan wilayah dari wilayah DAS Tondano meningkatkan kawasan terbangun yang menyebabkan berkurangnya daerah resapan air (Regar. G.M., dkk. 2020) dengan kondisi penggunaan lahan didominasi oleh rumah tinggal dan peruntukan lainnya (Gay, F.S., dkk. 2018). Akibat dari kawasan terbangun tersebut mengurangi ruang terbuka hijau hingga juga menurunkan kualitas lingkungan serta penurunan lahan bervegetasi yang memiliki fungsi menjadi area konservasi air tanah serta iklim mikro (Warouw F, dkk. 2017). Dengan demikian hal itulah yang menyebabkan terganggunya kondisi lingkungan hingga limpasan pada permukaan tanah sehingga mengakibatkan genangan sampai pada bencana banjir. Sehingga diperlukan suatu upaya yang dapat mengatasi permasalahan yang ada pada daerah aliran sungai berupa berupa konsep yang dapat mempertahankan kondisi alami dengan pendekatan yang *sustainable* / berkelanjutan yaitu dalam bentuk infrastruktur hijau. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan potensi lokasi penerapan infrastruktur hijau pada DAS Tondano di Kota Manado.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif kuantitatif. Teknik analisis yang di gunakan adalah analisis spasial dengan menggunakan pendekatan *boolean overlay*. Dalam pengolahan data dibantu dengan software sistem informasi geografis (SIG). Analisis *boolean overlay* yang dilakukan adalah menggabungkan beberapa peta untuk menghasilkan peta baru.

Tabel 1. Variabel Penelitian. (Penulis, 2022)

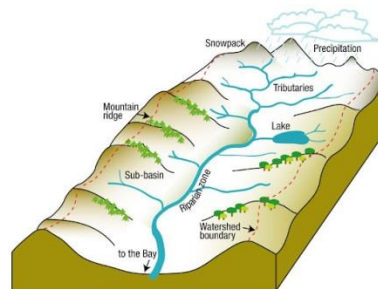
	Variabel	Indikator	Parameter
Faktor-faktor yang mempengaruhi penentuan lokasi infrastruktur hijau	Kemiringan Lereng	Kondisi kemiringan lahan relatif pada bidang datar	Datar (0-8%); Landai(8-15%); Agak Curam (15-25%); Curam (25-40%);Sangat Curam (>40%)
	Kelompok Hidrologi Tanah (KHT)	Klasifikasi jenis tanah berdasarkan kemampuan untuk menyerap air menurut kelompok SCS	A (8 – 12 mm/jam); B (4 – 8 mm/jam); C (1 – 4 mm/jam); D (0 – 1 mm/jam)
	Area Drainase	Pengaturan air hujan	Luasan (ha)
	Penggunaan Lahan	Jenis penggunaan lahan	Peruntukan lahan & Luasan (ha)

	<i>Buffer Sungai</i>	Jarak ke sisi kanan dan kiri dari palung sungai sepanjang alur sungai	Lebar Sempadan 30 m
	<i>Buffer Jalan</i>	Jarak ke sisi kanan dan kiri dari jalan	Lebar sempadan 30,5 m
	<i>Buffer Bangunan</i>	Jarak antar bangunan	Ukuran 9,2 m
Jenis Infrastruktur Hijau	<ul style="list-style-type: none"> <u>Kolam Retensi</u> <u>Kolam Detensi</u> <u>Constructed Wetland</u> <u>Parit Resapan</u> <u>Kolam Resapan</u> <u>Bioretensi</u> <u>Vegetated Filter Strip</u> <u>Sengkedan Rumput</u> <u>Sand Filter</u> <u>Premeable Pavement</u> <u>Cistern</u> 	Potensi penerapan infrastruktur hijau di DAS Tondano	<ul style="list-style-type: none"> • Potensi Lokasi • Luasan Potensi (ha)

3. Kajian Literatur

3.1 Daerah Aliran Sungai

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Daerah Aliran Sungai yang selanjutnya disebut DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Sedangkan menurut Seyhan (1990) DAS merupakan suatu wilayah daratan yang dibatasi oleh pemisah topografis yang mempunyai fungsi buat menampung serta menyimpan air hujan, selain itu jua berfungsi buat mengalirkan air hujan yang jatuh pada atasnya menuju ke sistem sungai terdekat serta pada akhirnya bermuara ke waduk, danau, atau ke laut.



Gambar 1. Ilustrasi Daerah Aliran Sungai

Sumber: geograpik.blogspot.com (2019)

DAS memiliki 3 fungsi hidrologis yaitu mempertahankan kuantitas air (mengalirkan air, menyangga kejadian puncak hujan, dan melepas air secara bertahap); mempertahankan kualitas air; mempertahankan kestabilan tanah (Naharuddin dkk, 2018).

3.2 Infrastruktur Hijau

Definisi infrastruktur hijau pada awal 2000-an merujuk pada pengelolaan DAS berskala besar, yang mana termasuk pelestarian alami. dan koridor jalur hijau (Benedict dan McMahan, 2006; Firehock 2010). US EPA (2008) mendefinisikan. infrastruktur hijau adalah pendekatan untuk pengelolaan air hujan dengan menggunakan tanah dan vegetasi untuk memanfaatkan, meningkatkan dan/atau meniru siklus hidrologi alami seperti proses infiltrasi, evapotranspirasi dan penggunaan kembali air hujan. Praktik infrastruktur hijau memiliki banyak. manfaat bagi masyarakat seperti pengurangan banjir dan limbah, peningkatan. kualitas udara, serta akses terhadap ruang hijau untuk rekreasi (US EPA). Infrastruktur hijau memiliki peran dalam mengolah dan mengelolah air hujan melalui penggunaan vegetasi dan tanah. (EEA, 2011;

Everett,dkk., 2015). Pada penerapannya. infrastruktur hijau dapat dilakukan dengan berbagai .kombinasi jenis infrastruktur namun terdapat beberapa faktor/kriteria yang perlu diperhatikan dan dipertimbangkan dalam memilih praktik infrastruktur hijau yang sesuai yaitu : kemiringan lereng, kelompok hidrologi tanah, area drainase, penggunaan lahan, jarak terhadap sungai, jarak terhadap jalan dan jarak terhadap bangunan (US EPA, 2009).

Tabel 2. Jenis dan Faktor Pentuan Potensi Lokasi Penerapan Infrastruktur Hijau (US EPA, 2009;Adianti,2016;Wahyuningsih,2019)

Jenis Infrastruktur Hijau	Faktor Penentuan Lokasi						
	Kemiringan Lereng (%)	Kelompok Hidrologi Tanah	Area Drainase (ha)	Penggunaan Lahan	Buffer Sungai (m)	Buffer Jalan (m)	Buffer Bangunan (m)
Kolam Retensi	<15	C-D	>10,2	Kawasan tidak terbangun, kebun campuran, lahan kosong	>30	-	-
Kolam Detensi	<15	A-D	>4,05	Semak, kebun campuran, lahan kosong, sawah	>30	-	-
Constructed Wetland	<15	A-D	>10,2	Lahan kosong, kebun campuran, semak	>30	-	-
Parit Resapan	<15	A-B	<2,02	Kawasan tidak terbangun, semak, lahan kosong, kebun campuran	>30	-	-
Kolam Resapan	<15	A-B	<4,05	Kawasan tidak terbangun, lahan kosong, padang rumput	>30	-	-
Bioretensi	<5	A-D	<0,8	Kawasan tidak terbangun, semak, lahan kosong, jalur hijau/median jalan	>30	<30,5	-
Vegetated Filter Strip	<5	A-D	<2,02	Kawasan tidak terbangun, semak, padang rumput, lahan kosong, jalur hijau/median jalan	>30	<30,5	-
Sengkedan Rumput	<4	A-D	<2,02	Kawasan tidak terbangun, padang Rumput, semak, lahan kosong, jalur hijau/median jalan	>30	<30,5	-
Sand Filter	<10	A-D	<4,05	Kawasan tidak terbangun, semak, lahan kosong	>30	-	-
Premeable Pavement	<1	A-B	<1,2	Lapangan parkir, kawasan perumahan, dan jalan setapak	-	-	-
Cistern	-	-	-	K Permukiman & perumahan	-	-	9,3

3.3 Boolean Overlay

Boolean Overlay merupakan salah satu analisis spasial dengan menggunakan logika Boolean. Selanjutnya boolean overlay terbagi atas 3 operator yaitu AND, OR, dan NOT yang digunakan untuk menentukan apakah suatu kondisi tertentu itu. salah atau benar (Mantay dan Ziegler, 2006; Wahyuningsih, T. 2019). Operator AND dapat menghasilkan area dengan dua atau lebih kriteria, operator OR untuk menemukan area yang memenuhi setidaknya satu dari dua kriteria, operator NOT untuk menekan semua area yang tidak memenuhi satu kriteria atau lebih. Untuk dapat menentukan menemukan area yang sesuai kriteria setiap kriteria akan dilakukan proses skoring dengan diberikan angka biner (0 = tidak sesuai dan 1 = sesuai) yang

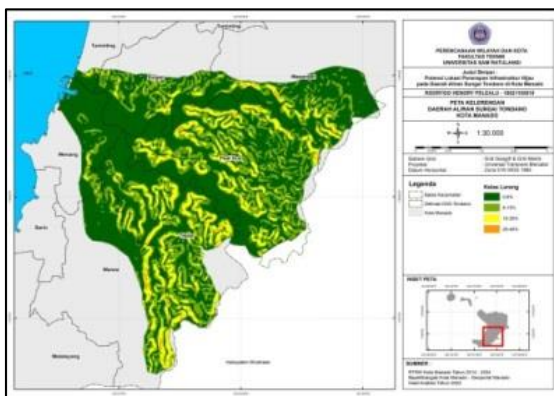
digunakan untuk analisis. Setelah dilakukan *skoring* dilakukan analisis *overlay* dengan teknik *intersect* untuk penentuan lokasi infrastruktur hijau.

4. Hasil dan Pembahasan

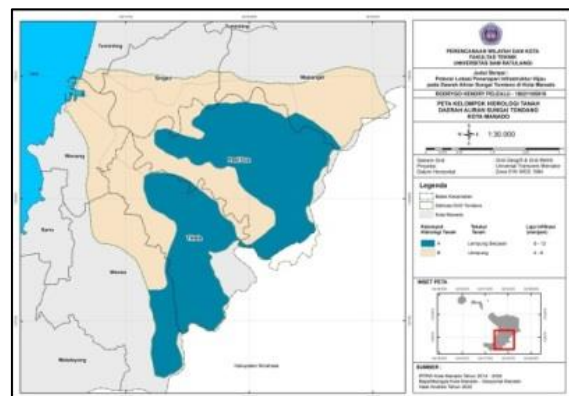
4.1 Karakteristik DAS Tondano Berdasarkan Faktor Penentu Lokasi Infrastruktur Hijau

Ada tujuh (7) faktor penentu infrastruktur hijau yang kemudian akan di analisis karakteristik kawasan DAS Tondano berdasarkan ketujuh kriteria tersebut.

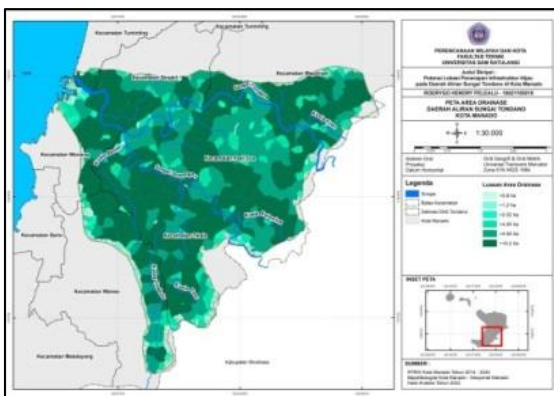
- a) **Kemiringan Lereng**, hasil analisis kemiringan lereng yang mendominasi di DAS Tondano ialah kemiringan 0-8% atau landai dengan luasan 1523,63 ha. Berdasarkan tingkat kemiringan lereng yang berpotensi untuk diterapkannya infrastruktur hijau DAS Tondano berpotensi untuk diterapkannya infrastruktur hijau.
- b) **Kelompok Hidrologi Tanah (KHT)**, berdasarkan hasil analisis didapatkan karakteristik DAS Tondano berdasarkan Kelompok Hidrologi Tanah (KHT) ialah kelompok A dan B yang memiliki laju infiltrasi masing-masing 4-8 mm/jam dan 8-12 mm/jam.
- c) **Area Drainase**, hasil analisis area drainase pada DAS Tondano memiliki berbagai luasan sehingga berpotensi untuk diterapkannya berbagai infrastruktur hijau.
- d) **Penggunaan Lahan**, hasil analisis kondisi penggunaan lahan hampir didominasi oleh permukiman dengan luasan 1007,34 (39%) dari luasan DAS Tondano. Selanjutnya terdapat penggunaan lahan Kebun Campuran dengan luasan 880,82 ha (34%) dari luasan DAS.
- e) **Buffer Sungai**, hasil analisis dengan *buffer* 30m untuk sempadan sungai didapatkan luasan sempadan sungai yang ada di Daerah Aliran Sungai Tondano yaitu sebesar 238,872 ha.
- f) **Buffer Jalan**, hasil analisis dengan *buffer* 30,5m untuk sempadan jalan didapatkan luasan sempadan jalan yang ada di Daerah Aliran Sungai Tondano yaitu sebesar 2175,71 ha.
- g) **Buffer Bangunan**, hasil analisis dengan *buffer* 9,3m didapatkan luasan buffer bangunan adalah sebesar 3165,708 ha.



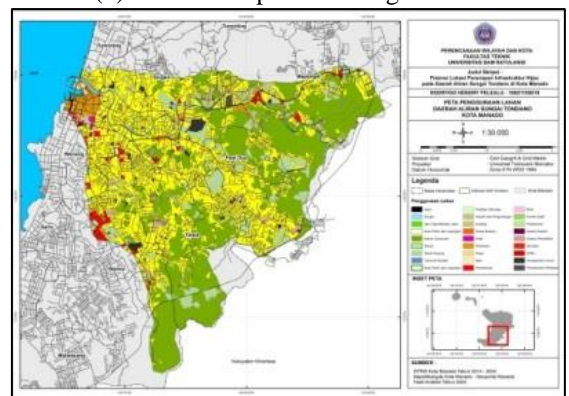
(a) Peta Kemiringan Lereng



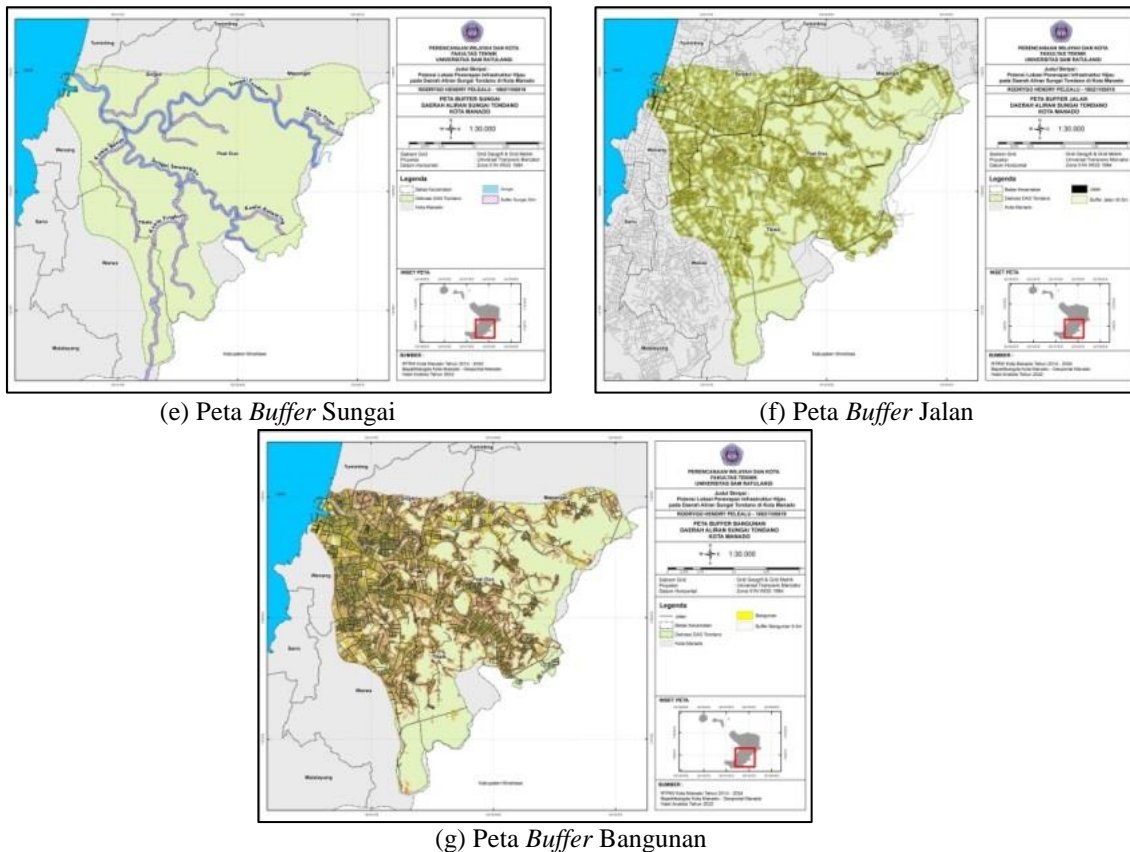
(b) Peta Kelompok Hidrologi Tanah



(c) Peta Area Drainase



(d) Peta Penggunaan Lahan



Gambar 2. Peta Karakteristik DAS Tondano berdasarkan faktor penentuan lokasi infrastruktur hijau (Penulis, 2022)

Berdasarkan hasil analisis karakteristik DAS Tondano berdasarkan faktor penentuan lokasi infrastruktur hijau didapatkan 10 jenis infrastruktur hijau yang dapat diterapkan yaitu: adalah Kolam Detensi, *Constructed Wetland*, Parit Resapan, Kolam Resapan, Bioretensi, *Vegetated Filter Strip*, Sengkedan Rumput, *Sand Filter*, *Preameable Pavement* dan *Cistern*.

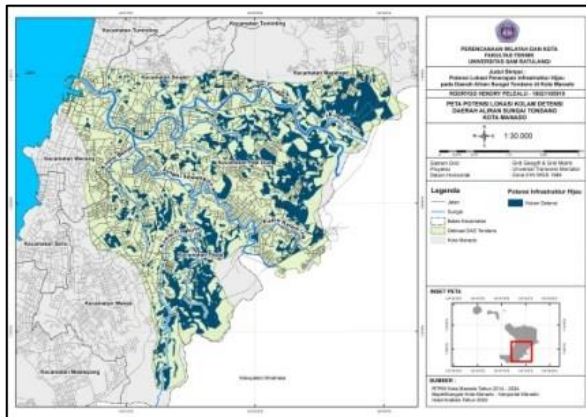
4.2 Potensi Lokasi Penerapan Infrastruktur Hijau

Selanjutnya untuk penentuan lokasi infrastruktur hijau hasil yang didapatkan dari karakteristik kawasan DAS Tondano berdasarkan faktor penentuan lokasi infrastruktur hijau dilakukan analisis *boolean overlay* untuk melihat lokasi yang potensial untuk diterapkannya infrastruktur hijau. Terdapat 10 jenis infrastruktur hijau yang akan di analisis potensi lokasi penerapannya.

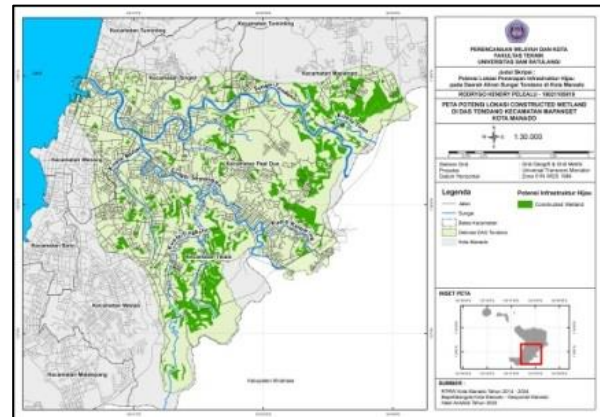
- Kolam Detensi**, potensi penerapan kolam detensi di DAS Tondano terdapat hampir diseluruh kecamatan yang berada di kawasan DAS. Hasil analisis luasan potensi penerapan kolam detensi sebesar sebesar 621,2 ha. Lokasi yang memiliki potensi lokasi penerapan paling besar ada pada Kecamatan Paal Dua dengan luasan 243,4 ha.
- Constructed Wetland***, potensi diterapkannya *constructed wetland* juga hampir berada di semua kecamatan yang ada di DAS Tondano. Hasil analisis luasan potensi penerapan *constructed wetland* sebesar 379,9 ha. Dan Kecamatan Paal Dua memiliki luasan potensi lokasi paling besar yaitu 114,4 ha.
- Parit Resapan**, memiliki potensi penerapan hampir disemua kecamatan yang ada di DAS Tondano. Berdasarkan hasil analisis luasan potensi penerapan parit resapan adalah 53 ha dan luasan potensi paling besar ada di Kecamatan Tikala dengan luasan 21,6 ha.
- Kolam Resapan**, hasil analisis potensi penerapan kolam resapan juga berada hampir di semua kecamatan dengan luasan potensi penerapan sebesar 145,5 ha. Kecamatan Paal Dua juga merupakan daerah yang memiliki potensi penerapan paling besar yaitu 66,5ha.
- Bioretensi**, memiliki potensi penerapan dengan luasan 5,8 ha yang berada hampir di semua kecamatan. Potensi penerapan bioretensi pada DAS Tondano cukup kecil dikarenakan

memiliki kondisi area drainase dengan luasan <0,8 ha yang dimana mempengaruhi luasan potensi lokasi penerapannya kecil.

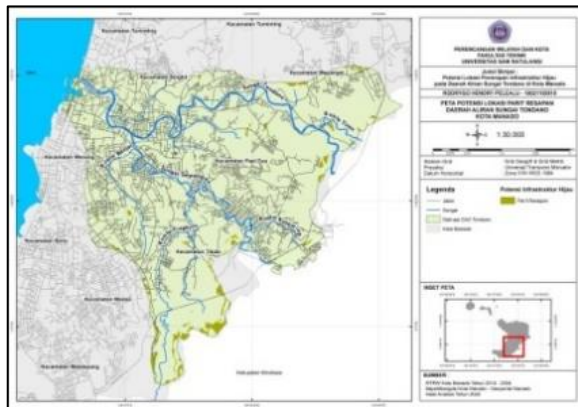
- f) **Vegetated Filter Strip**, hasil analisis potensi lokasi *vegetated filter strip* berada juga hampir disemua kecamatan dengan potensi luasan sebesar 7,5 ha. Lokasi yang memiliki potensi lokasi penerapan paling besar ada pada Kecamatan Wanea dengan luasan 3,3 ha. Yang mempengaruhi potensi lokasinya juga ada pada faktor luas area drainase.
- g) **Sengkedan Rumput**, potensi penerapan sengkedan rumput hampir sama dengan *vegetated filter strip* yang dimana memiliki luasan potensi sebesar 7,5 ha yang juga berada hampir di semua kecamatan yang ada di DAS Tondano. Lokasi penerapan paling besar ada pada Kecamatan Wanea dengan luasan 3,3 ha.
- h) **Sand Filter**, hasil analisis potensi penerapan *sand filter* juga berada hampir semua kecamatan dengan potensi luasan sebesar 80 ha. Kecamatan yang memiliki potensi lokasi penerapan paling besar ada pada Kecamatan Paal Dua dengan luasan 30,7 ha.
- i) **Premeable Pavement**, memiliki luasan potensi penerapan sebesar 5,3 ha dengan Kecamatan Wanea yang merupakan kecamatan dengan potensi luas penerapan paling besar yaitu sebesar 2 ha. Memiliki kondisi area drainase dengan luasan <1,2 ha yang dimana mempengaruhi luasan potensi lokasi penerapannya kecil, penggunaan lahan diterapkannya ialah pada lapangan parkir, kawasan perumahan, dan jalan setapak kondisi penggunaan lahan juga yang memiliki pengaruh besar sehingga potensi penerapannya kecil.
- j) **Cistern**, hasil analisis bahwa potensi penerapan *cistern* atau tangki air yang dapat diterapkan pada kawasan permukiman serta perumahan. Sehingga potensi lokasi penerapannya ada pada semua kecamatan yaitu Kecamatan Paal Dua, Tikala, Mapanget, Singkil, Wanea, Wenang dan Tuminting. Luas potensi penerapannya adalah sebesar 965,88 dan Kecamatan Paal Dua memiliki potensi paling besar dengan luasan 322,72 ha



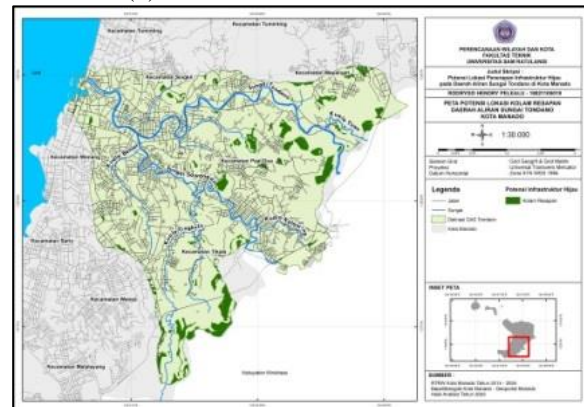
(a) Potensi Kolam Detensi



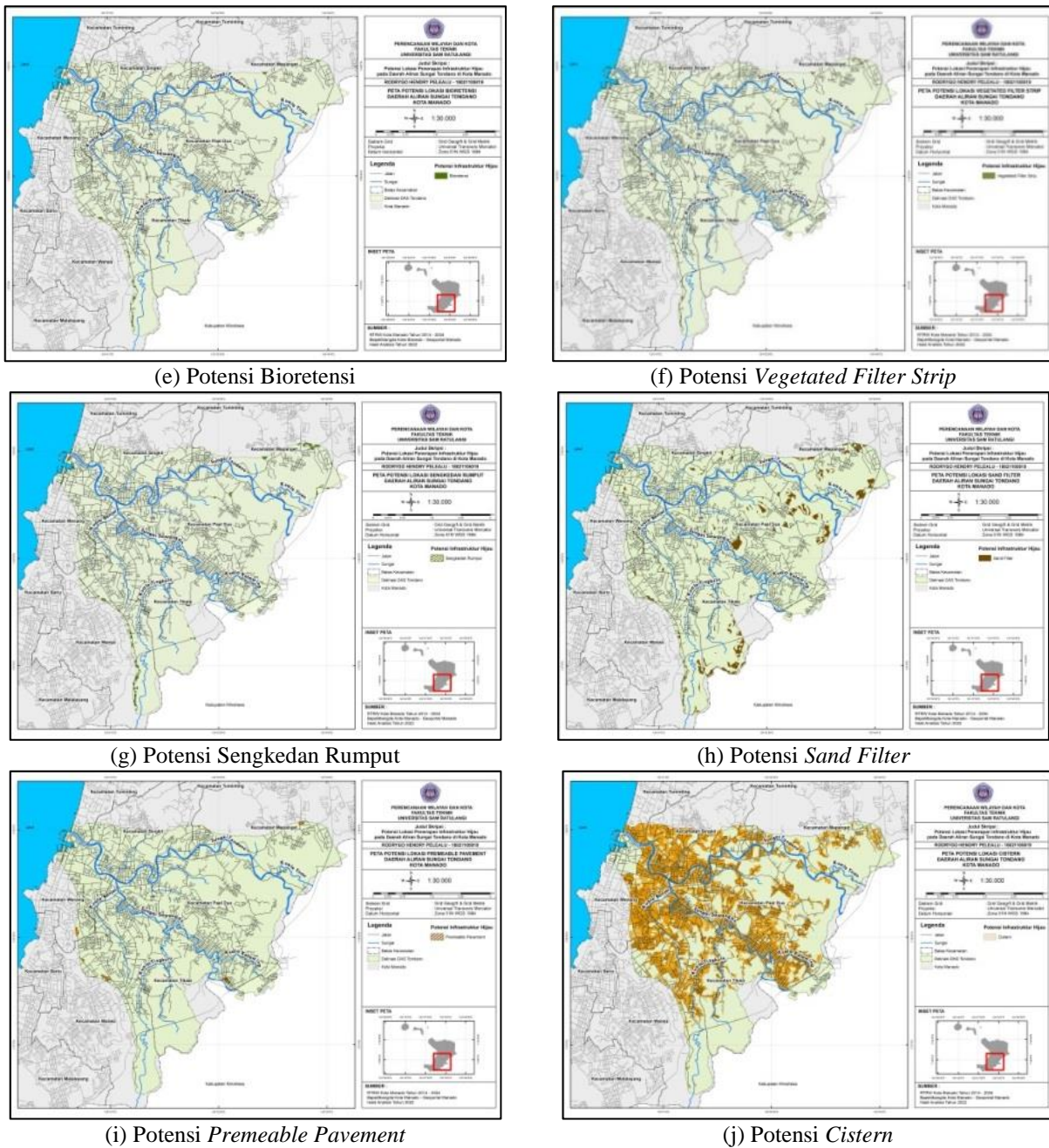
(b) Potensi Constructed Wetland



(c) Potensi Parit Resapan



(d) Potensi Kolam Resapan

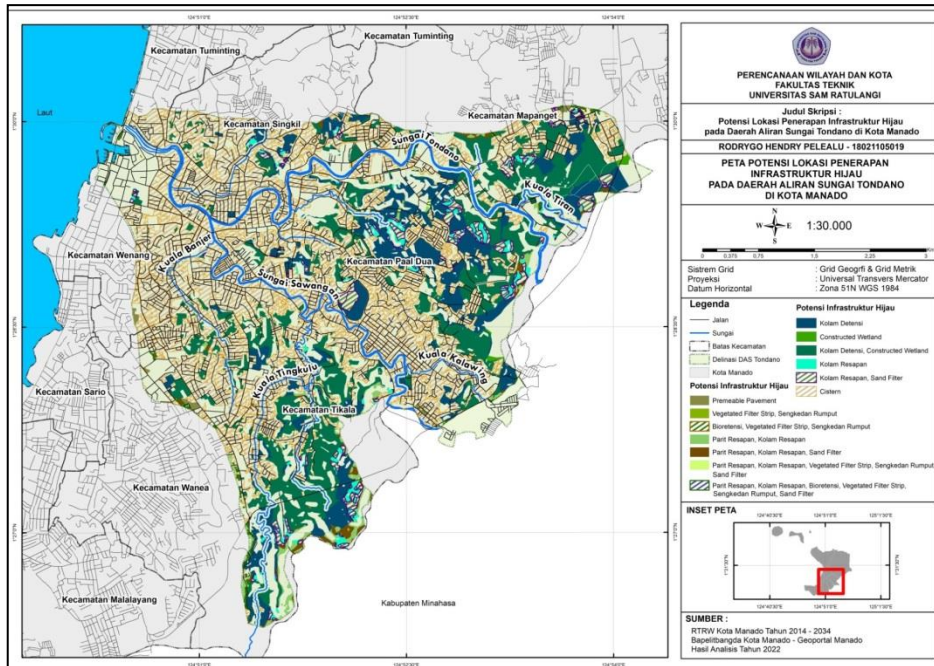


Gambar 3. Peta Potensi Lokasi Penerapan Jenis-jenis Infrastruktur Hijau di DAS Tondano (Penulis, 2022)

Tabel 3. Luasan Potensi Lokasi Penerapan Infrastruktur Hijau pada DAS Tondano (Penulis, 2022)

Jenis Infrastruktur Hijau	Luas (Ha)							
	Paal Dua	Tikala	Mapanget	Singkil	Wenang	Wanea	Tuminting	Total
Kolam Detensi	243,4	170,2	129,4	27,4	2,3	48,6	-	621,3
Constructed Wetland	114,4	129,5	93,2	12,3	2,1	28,4	-	379,9
Pari Resapan	7,5	21,6	7,2	0,7	0,6	15,4	-	53
Kolam Resapan	66,4	29,9	22,5	5,5	1,5	19,7	-	145,5
Bioretensi	0,2	0,3	1,7	0,1	0,3	3,2	-	5,8
Vegetated Filter Strip	0,8	0,3	2,6	0,1	0,3	3,3	-	7,4

Sengkedan Rumput	0,8	0,3	2,6	0,1	0,3	3,3	-	7,4
Sand Filter	30,7	18,6	17,3	2,7	1	9,7	-	80
Premeable Pavement	1,1	0	1	0,2	1,1	2	-	5,4
Cistern (Tanki Air)	322,72	211,39	65,42	161,25	92,65	97,96	14,49	965,88
Total	323,82	211,39	66,42	161,45	93,75	99,96	14,49	971,28



Gambar 3. Peta Potensi Lokasi Penerapan Infrastruktur Hijau di Daerah Aliran Sungai Tondano (Penulis, 2022)

Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa potensi lokasi penerapan infrastruktur hijau ini bisa diterapkan di DAS Tondano dengan luasan 971,28 ha. Dengan beberapa jenis infrastruktur yang memiliki potensi luasan yang cukup besar yaitu kolam detensi, *constructed wetland* dan *cistern*. Kecamatan Paal Dua merupakan kecamatan yang memiliki potensi penerapan paling besar dengan luasan 323,82 ha.

5. Kesimpulan

Hasil identifikasi karakteristik Daerah Aliran Sungai Tondano berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi penentuan infrastruktur hijau potensi infrastruktur hijau pada Daerah Aliran Sungai Tondano terdapat 10 jenis infrastruktur hijau yang dapat diterapkan dengan berbagai luasan dengan total luasan sebesar 971,28 ha dan kecamatan yang memiliki luasan potensi paling besar adalah Kecamatan Paal Dua dengan luasan 323,82 ha. Melihat dari hasil analisis karakteristik wilayah penelitian dan kondisi eksisting jenis infrastruktur hijau yang paling cocok di terapkan adalah pertama kolam detensi yang kondisi eksisting potensi lokasinya didominasi oleh lahan kosong dan kebun campuran fungsi dari kolam detensi yang begitu banyak baik untuk lingkungan hingga sosial yang dapat menyediakan sarana rekreasi sehingga penerapannya sangat dapat berguna, selanjutnya ada *constructed wetland* yang merupakan infrastruktur hijau yang memiliki banyak manfaat mengatur limpasan hingga dapat mengurangi kontaminasi polutan dan juga merupakan tempat satwa liar berada dengan mengembangkan infrastruktur ini dapat menjaga keadaan ekosistem alami dari DAS dan yang terakhir ialah *cistern* (tangki air) dikarenakan kondisi eksisting rumah tinggal dapat diarahkan untuk dapat menyediakan tangki air untuk dapat menampung air hujan. Dengan demikian infrastruktur hijau dapat dijadikan sebuah konsep yang berkelanjutan yang dapat diterapkan di daerah aliran sungai khususnya di DAS Tondano.

Referensi

- Adianti, P. dan Maryati, S. 2016. "Pengurangan Limpasan Air Permukaan Dengan Memanfaatkan Potensi Green Infrastructure Di DAS Hulu Dan Persepsi Aktor Terhadap Potensi Pengembangan Green Infrastructure (Studi Kasus : Sub DAS Cisangkuy - DAS Citarum Hulu di Kabupaten Bandung)". Tesis Perencanaan Wilayah dan Kota, ITB
- Benedict, M A. dan McMahon, E T. 2006, "Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities", 1st Edition, Island Press, Washington, DC.
- European Environment Agency. 2011. "Green Infrastructure and Territorial Cohesion. The Concept of Green Infrastructure and Its Integration Into Policies Using Monitoring". Publication Office of the European Union, Copenhagen.
- Everett, G., Lawson. dan Lamond, J. 2015 "Green Infrastructure and Urban Water Management dalam Handbook on Green Infrastructure: Planning, Design and Implementation, eds Sinnett, D., Smith N and Burgess, S, University of the West of England UK , hal 50-66.
- Firehock, K. 2016. "Strategic green infrastructure planning: a multi scale approach", Island Press, Washington DC.
- Gay, F.S., Warouw, F. dan Takumansang, E.D. 2018. Perencanaan Kawasan Sempadan Sungai Sawangan di Kota Manado. Jurnal Spasial, Vol,5 No. 1.
- Moniaga, I. & Takumansang, E. 2016. Pengembangan RTH Kota Berbasis Infrastruktur Hijau dan tata Ruang Studi Kasus: Kota Manado. Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia.
- Naharuddin., Harijanto H., Wahid A. 2018. "Buku Ajar Pengelolaan Daerah Airan Sungai Dan Aplikasinya Dalam Proses Belajar Mengajar". Untad Press. Palu, Sulawesi Tengah.
- Paimin., Pramono I.B., Purwanto., Indrawati D.R. 2012. "Sistem Perencanaan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai". Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi (P3KR). Bogor, Indonesia.
- Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai
- Purukan, A., Warouw, F. dan Egam, P.P. 2018. Analisis Elemen Water Sensitive Urban Design Pada Perumahan Terencana (Studi Kasus: Griya Paniki Indah Manado). Jurnal Fraktal Vol.3 No. 1(31-40)
- Regar, G M., Tondobala, L. dan Moniaga, I. 2020. "Analisis Wilayah Terdampak Banjir di DAS Tondano Kota Manado". Jurnal Spasial, Vol 7. No.3
- Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Manado Tahun 2014 – 2034
- Seyhan, E. 1990."Dasar-dasar Hidrologi". Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- United States Environmental Protection Agency. 2009. SUSTAIN – A Frameworkfor Placement of Best Management Practices in Urban Watersheds to Protect Water Quality REPORT". National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati, Oh 45268.
- Wahyuningsih, T. dan Maryati, S. 2019. "Kajian Potensi Penerapan Infrastruktur Hijau Sebagai Upaya Pengendalian Banjir Di Kota Makassar". Tesis Perencanaan Wilayah dan Kota, ITB
- Widyaputra, P.K .2020. "Penerapan Infrastruktur Hijau Di Berbagai Negara : Mendukung Pembangunan Berkelanjutan Berbasis Lingkungan". Widina Bhakti Persada. Bandung
- Warouw, F., Kumurur, V. and Moniaga, I. 2017. Settlement Open Space Development by Approach WSUD Method in Manado City. Journal of DIMENSI. Vol, 44 No. 2.