

Kajian Konsep *Green Infrastructure (Constructed Wetland)* Dalam Revitalisasi Kualitas Air di Kawasan Das Cikapundung

Natasya Safira Viyanka*, Hilwati Hindersah

Prodi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*natasyasafiraaa@gmail.com, hilwati@unisba.ac.id

Abstract. River is network of water from springs to estuaries which is bounded by a border line. The entry of waste into the river will cause changes in biological, chemical, and physical factors of the waters. Cikapundung watershed has a length of 28 km. The condition of the Cikapundung sub-watershed is currently experiencing a decline both quantitatively and qualitatively. Cikapundung River water pollution is caused by household waste, livestock waste and the rest is industrial waste. Management of water resources in the Cikapundung River is very important to prevent water pollution, further research is needed to discuss the revitalization of water quality in the Cikapundung River using the concept of green infrastructure (Constructed Wetland). The purpose of this study is to reduce water pollution in the Cikapundung watershed so that it can be reused according to its designation. The method used in this study is a mixed method of qualitative analysis and quantitative analysis. The results of this study are that the water pollution of the Cikapundung River is caused by human factors, the quality of the river water is quite polluted and highly polluted. The concept of green infrastructure (Constructed Wetland) is most appropriate to use in improving river water quality because it is able to effectively reduce river water pollutant levels. The total wastewater is 4,008,159,760 liters/day, so the need for artificial wetlands is 24 units with a capacity of 4,713,771,000 liters to accommodate wastewater from 7,856,286 people, with a volume of 166 m³/unit. Removal efficiency 9% - 88%.

Keywords: *Water Quality, Green Infrastructure, Constructed Wetland.*

Abstrak. Sungai adalah suatu jaringan air dari mata air ke muara yang dibatasi oleh garis perbatasan. Masuknya limbah ke sungai akan menyebabkan perubahan faktor biologi, kimia, dan fisik perairan. DAS Cikapundung memiliki panjang 28 km. Kondisi sub-DAS Cikapundung saat ini mengalami penurunan baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Pencemaran air Sungai Cikapundung disebabkan oleh limbah rumah tangga, limbah ternak dan sisanya limbah industri. Pengelolaan sumber daya air di Sungai Cikapundung sangat penting untuk mencegah pencemaran air, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk membahas revitalisasi kualitas air di Sungai Cikapundung dengan menggunakan konsep infrastruktur hijau (Constructed Wetland). Tujuan dari penelitian ini untuk mengurangi pencemaran air di DAS Cikapundung sehingga dapat digunakan kembali sesuai dengan peruntukannya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan Metode Campuran analisis kualitatif dan analisis kuantitatif. Hasil penelitian ini pencemaran air Sungai Cikapundung disebabkan oleh faktor manusia, memiliki kualitas air sungai yang cukup tercemar dan sangat tercemar. Konsep infrastruktur hijau (Constructed Wetland) paling tepat digunakan dalam meningkatkan kualitas air sungai karena mampu menurunkan kadar polutan air sungai secara efektif. Total air limbah adalah 4.008.159.760 liter/hari, sehingga kebutuhan lahan basah buatan sebanyak 24 unit dengan kapasitas 4.713.771.000 liter untuk menampung air limbah dari 7.856.286 orang, dengan volume 166 m³/unit. Efisiensi penghapusan kadar polutan 9% - 88%.

Kata Kunci: *Kualitas Air, Green Infrastructure, Constructed Wetland.*

A. Pendahuluan

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 1991 Air merupakan kebutuhan pokok manusia yang berfungsi terutama sebagai air minum dan air bersih. Seiring bertambahnya waktu menyebabkan terjadinya penurunan kualitas dan kuantitas air di sungai. Sungai adalah tempat atau wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara yang dibatasi oleh garis sempadan (1). Masuknya limbah ke sungai akan menyebabkan perubahan faktor biologi, kimia, dan fisik perairan.

DAS Cikapundung memiliki panjang sebesar 28 km yang meliputi Kota Bandung, Kabupaten Bandung, dan Kabupaten Bandung Barat. Kondisi Sub DAS Cikapundung saat ini telah mengalami penurunan baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Menurut Maria and Purwoarminta (2) hingga saat ini debit bulannya menurun hingga 20-30% dari debit normal.

Dengan adanya aktivitas manusia yang menjadikan sungai sebagai tempat pembuangan limbah domestik, serta alih fungsi lahan sempadan sungai menjadi permukiman sangat mempengaruhi kualitas dan kuantitas air di Sungai Cikapundung menjadi sangat sangat menurun.

Tata guna lahan seperti perumahan di DAS Cikapundung yang tidak seimbang antara upaya pemanfaatan DAS Cikapundung dan upaya konservasi di DAS Cikapundung menimbulkan permasalahan lingkungan. Menurut Bachrein (3), 80% pencemaran air Sungai Cikapundung disebabkan oleh limbah rumah tangga, limbah peternakan dan sisanya adalah limbah industri yang membuang zat berbahaya dan beracun seperti logam berat ke sungai. Faktor-faktor yang mempengaruhi kontribusi pencemaran aktivitas domestik antara lain adanya kegiatan manusia (limbah *grey water*) serta jumlah penduduk dan jarak antara permukiman penduduk dengan Sungai Cikapundung.

Pengelolaan sumber daya air Sungai Cikapundung adalah hal yang sangat penting untuk mencegah terjadinya pencemaran air, dengan tujuan agar Sungai Cikapundung tetap memiliki kualitas dan kuantitas serta air tanah tetap terkontrol dan terjaga, sehingga kebutuhan air untuk dikonsumsi oleh masyarakat dapat terpenuhi baik saat ini maupun dimasa yang akan datang. Menurut Hilwati (4) pelestarian alam pada kawasan perkotaan penting adanya dikarenakan agar dapat meningkatkan kualitas estetika perkotaan yang berfungsi untuk melakukan berbagai aktivitas. Diperlukan *green infrastructure (Constructed Wetland)* dikarenakan dapat mengurangi kadar polutan di dalam air sungai menjadi lebih bersih serta *constructed wetland* merupakan konsep yang tepat dalam mengurangi pencemaran air di DAS Cikapundung yang merupakan teknologi hijau baru yang memiliki nilai yang efektif dan efisien dalam menurunkan kadar polutan dalam air limbah di sungai.

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana kualitas air di DAS Cikapundung?
2. Bagaimana cara untuk mengurangi pencemaran air di DAS Cikapundung secara efektif dan efisien?
3. Bagaimana kondisi debit air limbah, kebutuhan sarana dan prasarana, serta efektivitas dari sistem *Green Infrastructure (Constructed Wetland)*?

Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini yaitu meningkatkan kualitas air DAS Cikapundung dengan menggunakan konsep *green infrastructure* agar dapat kembali digunakan sesuai dengan peruntukannya.

B. Metodologi Penelitian

Pendekatan studi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan pendekatan deduktif, Menurut Hilwati (5) untuk membuktikan kebenaran hipotesis dilakukan dengan proses teori menjadi sebuah hipotesis yang berisi pengumpulan fakta – fakta. Tujuan dari penelitian ini untuk eksplanasi karena untuk mengetahui hubungan antara konsep *green infrastructure (Constructed Wetland)* dengan revitalisasi kualitas air di kawasan DAS Cikapundung. Metodologi yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode *Mix Method* atau campuran dari analisis kualitatif dan analisis kuantitatif.

Dalam penelitian ini metode pengumpulan data yang digunakan yaitu data primer (wawancara dan observasi) dan data sekunder (studi literatur dan permohonan data dan

informasi ke dinas/lembaga terkait). Metode analisis yang digunakan pada penelitian ini yaitu, sebagai berikut:

Analisis Deskriptif

Menurut Sugiyono (6) analisis deskriptif yaitu suatu metode yang bertujuan untuk menjelaskan secara sistematis dan faktual hubungan antara variabel yang diselidiki dengan mengumpulkan, mengolah, dan dianalisis untuk ditarik kesimpulan, dengan cara mendeskripsikan data yang telah terkumpul. Pada penelitian ini analisis deskriptif digunakan untuk melakukan kajian terkait penyebab terjadinya penurunan kualitas air di kawasan DAS Cikapundung.

Analisis Kualitas Air

Analisis kualitas air digunakan untuk mengetahui kondisi kualitas air limbah domestik di DAS Cikapundung dengan menggunakan metode STORET. Metode STORET dapat menentukan apakah parameter – parameter telah memenuhi atau melampaui kriteria kualitas air. Pada prinsipnya metode STORET adalah membandingkan data kualitas air dengan baku mutu air yang sesuai dengan peruntukannya dalam menentukan kondisi kualitas air. Metode untuk menentukan kualitas air adalah dengan menggunakan Sistem Nilai US-EPA (*Environmental Protection Agency*), klasifikasi mutu air terdiri dalam empat kelas, yaitu:

1. Kelas A : baik sekali, skor = 0 sudah memenuhi baku mutu
2. Kelas B : baik, skor = -1 s/d -10 cemar ringan
3. Kelas C : sedang, skor = -11 s/d -30 cemar sedang
4. Kelas D : buruk, skor = \leq -31 cemar berat.

Analisis Konsep Green Infrastructure (Constructed Wetland)

Menurut Suprihatin (7), pengolahan air limbah dengan sistem *Constructed Wetland* lebih dianjurkan karena beberapa alasan sebagai berikut :

1. Dapat mengolah air limbah domestik, limbah industri, limbah pertanian dan limbah industri termasuk logam berat
2. Efisiensi pengolahan tinggi (80 %)
3. Biaya perencanaan, pengoperasian dan pemeliharaan murah dan
4. Tidak membutuhkan keterampilan yang tinggi

Dalam menentukan konsep *Green Infrastructure* yang tepat diterapkan di Sungai Cikapundung, dalam analisis ini terdapat beberapa analisis yang digunakan yaitu analisis debit air limbah, analisis kebutuhan sarana prasarana (*Constructed Wetland*), dan analisis efektivitas *Constructed Wetland*.

Analisis Debit Air Limbah

Besarnya air limbah yang dihasilkan yaitu sebesar 70% sampai 80% dari penggunaan air bersih. Estimasi debit air limbah dapat diperoleh dengan persamaan berikut ini:

1. $Q_{average}$ air bersih = Kebutuhan air bersih/orang x Jum Penduduk
2. $Q_{average}$ air limbah = (70-80%) x $Q_{average}$ air bersih
3. Q_{min} = $1/5 \times (P/1000)0,2 \times Q_{average}$
4. Q_{peak} = $Q_{average} \times f_{peak}$
5. $Q_{average}$ infiltrasi = $\frac{Luas Area (Ha) \times finF}{86400}$
6. Q_{peak} infiltrasi = $Q_{average}$ inf x f_{peak} infiltrasi
7. $Q_{Domestik}$ = $Q_{peak} + Q_{infiltrasi}$
8. Q_{total} = $Q_{domestik} + non\ domestik$

Analisis Kebutuhan Sarana Prasarana (Constructed Wetland)

Estimasi jumlah kebutuhan sarana prasarana lahan basah buatan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$n = \frac{w \times (ki \times h)}{c}$$

Keterangan:

- n = estimasi jumlah lahan basah buatan yang dibutuhkan (unit)
 w = waktu tinggal limbah cair domestik dalam lahan basah buatan (hari)
 k = jumlah air bersih yang akan menjadi air limbah domestik (kg/hari)
 h = nilai konversi produksi limbah cair domestik (liter/kg)
 c = kapasitas lahan basah buatan komunal (liter)

Analisis Efektivitas *Constructed Wetland*

Dalam menentukan efektivitas dari unit *Constructed Wetland*, dilakukan melalui perhitungan dengan perbandingan kualitas air limbah sebelum dilakukan pengolahan dengan sesudah dilakukan pengolahan. Perbandingan kedua kualitas air limbah tersebut disajikan dalam bentuk persentase dengan rumus berikut ini:

$$\text{Efektivitas} = \frac{c_0 - c_1}{c_0} \times 100\%$$

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Analisis Deskriptif

Penyebab dari terjadinya penurunan kualitas air Sungai Cikapundung yang menyebabkan tercemarnya air Sungai Cikapundung dikarenakan oleh terdapat alih fungsi lahan di sekitar Sungai Cikapundung menjadi lahan terbangun, laju pertumbuhan penduduk yang tinggi, kebutuhan masyarakat yang meningkat, banyaknya bangunan liar yang ada di sekitar sungai, pembuangan limbah domestik, industri, pertanian, peternakan ke sungai secara langsung tanpa ada pengolahan terlebih dahulu.

Menurut Suswati and Wibisono (8) air limbah yang dibuang ke badan air tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu dapat menyebabkan pemulihan air secara alamiah (*self purification*) dapat terganggu. Sehingga dapat terjadi penurunan kualitas air, pencemaran air yang tinggi, ketidakseimbangan kualitas ekologi di badan air, tercemarnya air tanah dangkal, serta dapat menyebabkan gangguan kesehatan kepada masyarakat sekitar.

Analisis Kualitas Air

Pengambilan sampel kualitas air ini diambil di Kabupaten Bandung Barat (Kecamatan Lembang), Kota Bandung (Teras Cikapundung), Kota Bandung (Asia-Afrika), dan Kabupaten Bandung (Kecamatan Dayeuhkolot) pada tanggal 7 Juli 2020, 8 September 2020, dan 2 November 2020. Berikut merupakan kualitas air Sungai Cikapundung:

1. Kualitas air Sungai Cikapundung di Kabupaten Bandung Barat, Kecamatan Lembang yaitu sebesar -24s,00 (Tercemar Sedang) karena memiliki jumlah skor -11 s/d -30, sehingga termasuk kedalam klasifikasi mutu air kelas C yang berarti kualitas air Sungai Cikapundung di Kabupaten Bandung Barat, Kecamatan Lembang sedang.
2. Kualitas air Sungai Cikapundung di Kota Bandung (Teras Cikapundung) yaitu sebesar -94,00 (Tercemar Berat) karena memiliki jumlah skor ≥ -31 , sehingga termasuk kedalam klasifikasi mutu air kelas D yang berarti kualitas air Sungai Cikapundung di Kota Bandung (Teras Cikapundung) buruk.
3. Kualitas air Sungai Cikapundung di Kota Bandung (Asia-Afrika) yaitu sebesar -98,00 (Tercemar Berat) karena memiliki jumlah skor ≥ -31 , sehingga termasuk kedalam klasifikasi mutu air kelas D yang berarti kualitas air Sungai Cikapundung di Kota Bandung (Asia-Afrika) buruk.
4. Kualitas air Sungai Cikapundung di Kabupaten Bandung, Kecamatan Dayeuhkolot yaitu sebesar -106,00 (Tercemar Berat) karena memiliki jumlah skor ≥ -31 , sehingga termasuk kedalam klasifikasi mutu air kelas D yang berarti kualitas air Sungai Cikapundung di Kabupaten Bandung, Kecamatan Dayeuhkolot buruk.
- 5.

Analisis Konsep *Green Infrastructure (Constructed Wetland)*

Terdapat dua tipe *Constructed Wetland*, pertama *Free Water Surface* (FWS) dan kedua *Subsurface Flow* (SSF), baik secara vertikal SSF dan horizontal SSF. Pada sistem *Free Water Surface* (FWS), aliran air terdapat di atas permukaan *wetland* dan akar tanaman terdapat pada lapisan di dasar kolam. Pada sistem *Subsurface Flow* (SSF), aliran air berada di media berpori

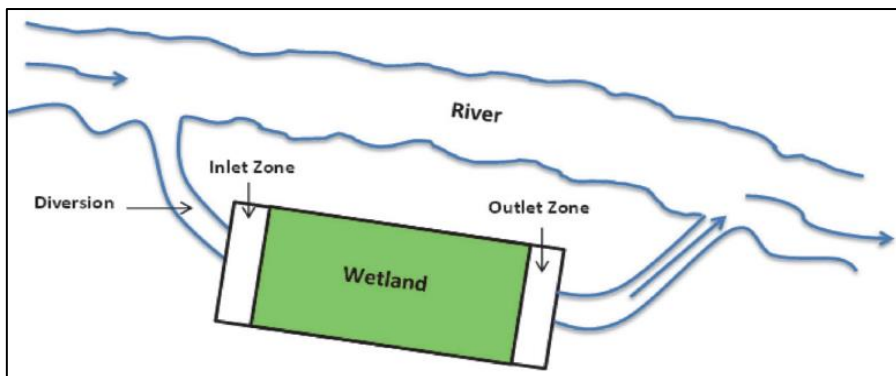
(seperti kerikil, pasir, dll), tempat dimana akar tanaman berada.

Menurut Suswati and Wibisono (9) dalam meningkatkan kinerja *Constructed Wetland*, selain dengan memanfaatkan tanaman air, *Constructed Wetland* juga didesain untuk variasi media. Variasi media berfungsi sebagai untuk dapat mengoptimalkan ruang gerak pada sistem perakaran tanaman (*reedbeds*), serta untuk dapat menunjang perkembangan mikroba. Media yang digunakan dalam CW dapat beragam, seperti kerikil, arang, pasir, sekam, zeolit, dll.

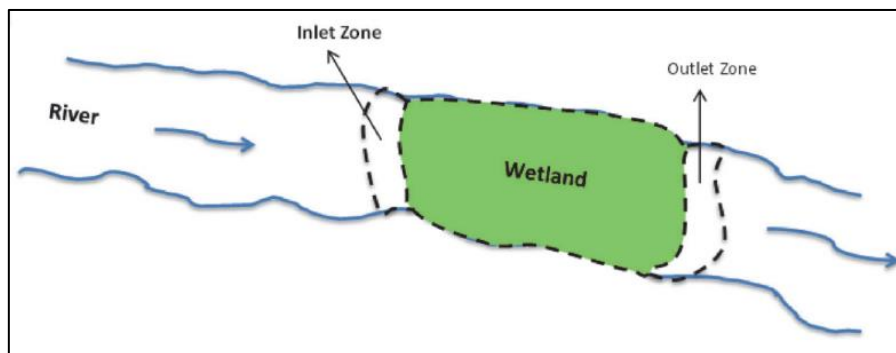
Untuk di sekitaran Sungai Cikapundung lebih tepat untuk dibangun *Constructed Wetland* dengan sistem *Subsurface Flow* (SSF) dengan menggunakan tanaman sesuai dengan karakteristik lokasi penempatan *Constructed Wetland* agar konsentrasi polutan air limbah di Sungai Cikapundung dapat berkurang sehingga pencemaran air menurun dan kualitas air Sungai Cikapundung meningkat. *Constructed Wetland* dengan sistem SSF ini memiliki kelebihan sebagai berikut:

1. fleksibel dalam penempatan dan pemilihan lokasi,
2. tidak membutuhkan lahan yang luas
3. konstruksi sederhana sehingga mudah dalam pembuatannya,
4. biaya yang relatif terjangkau,
5. tidak menimbulkan bau karena air limbah berada di bawah *wetland* dan tidak kontak langsung dengan udara luar,
6. tidak dapat menjadi tempat berkembangbiaknya nyamuk, dan
7. dapat memiliki nilai tambah estetika sebagai sebuah taman.

Menurut Ahmed et al (10) terdapat dua sistem SSF (*Sub-Surface Flow*) yaitu secara *off-stream* atau lahan basah buatan yang berada di luar sungai atau di darat, konsep ini mengalihkan aliran sungai ke luar aliran menuju *Constructed Wetland*, tetapi pada konsep ini memerlukan lahan yang luas dan secara *in-stream* atau lahan basah buatan yang berada di aliran sungai, konsep ini dapat memproses seluruh volume aliran air sungai. Konsep *Constructed Wetland* dengan sistem SSF yang tepat diterapkan di Sungai Cikapundung yaitu secara *off-stream* dan secara *in-stream*.



Gambar 1. *Constructed Wetland* sungai *off-stream* (Ahmed et al., 2020)



Gambar 2. *Constructed Wetland* sungai *in-stream* (Ahmed et al., 2020)

Analisis Debit Air Limbah

Berikut merupakan tabel perhitungan debit air limbah di Kota Bandung.

1. Jumlah Penduduk = 2.444.160 jiwa
2. Luas area = 167,31 km²
3. Q air bersih = 80 liter/orang/hari
4. Q air limbah = 80% Q air bersih
5. Faktor peak = 2,4
6. Faktor infiltrasi = 8,75 m³/ha.hari

Berikut merupakan tabel perhitungan debit air limbah di Kabupaten Bandung.

1. Jumlah Penduduk = 3.623.790 jiwa
2. Luas area = 1.762,40 Km²
3. Q air bersih = 80 liter/orang/hari
4. Q air limbah = 80% Q air bersih
5. Faktor peak = 2,4
6. Faktor infiltrasi = 8,75 m³/ha.hari

Berikut merupakan tabel perhitungan debit air limbah di Kabupaten Bandung Barat.

1. Jumlah Penduduk = 1.788.336 jiwa
2. Luas area = 1.305,77 Km²
3. Q air bersih = 80 liter/orang/hari
4. Q air limbah = 80% Q air bersih
5. Faktor peak = 2,4
6. Faktor infiltrasi = 8,75 m³/ha.hari

Debit Air Limbah Domestik

$$\begin{aligned} Q \text{ average air limbah Kota Bandung} &= 80\% \times Q \text{ average air bersih} \times \text{Jumlah} \\ &\text{Penduduk} \\ &= 80\% \times 80 \text{ liter/orang/hari} \times 2.444.160 \text{ jiwa} \\ &= \mathbf{156.426.240 \text{ liter/hari}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ average air limbah Kabupaten} &= 80\% \times Q \text{ average air bersih} \times \text{Jumlah} \\ \text{Bandung} &\text{Penduduk} \\ &= 80\% \times 80 \text{ liter/orang/hari} \times 3.623.790 \text{ jiwa} \\ &= \mathbf{231.922.560 \text{ liter/hari}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ average air limbah Kabupaten} &= 80\% \times Q \text{ average air bersih} \times \text{Jumlah} \\ \text{Bandung Barat} &\text{Penduduk} \\ &= 80\% \times 80 \text{ liter/orang/hari} \times 1.788.336 \text{ jiwa} \\ &= \mathbf{114.453.504 \text{ liter/hari}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ Total Air Limbah Domestik} &= 156.426.240 \text{ liter/hari} + 231.922.560 \text{ liter/hari} \\ &\quad + 114.453.504 \text{ liter/hari} \\ &= \mathbf{504.838.304 \text{ liter/hari}} \end{aligned}$$

Debit air limbah non domestik yang dihasilkan dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini:

$$\begin{aligned} Q \text{ Fasilitas Pendidikan} &= \sum \text{fasilitas} \times \sum \text{total murid} \times Q \text{ air bersih} \\ &= 5240 \text{ unit} \times 1.390.121 \text{ murid} \times 10 \text{ liter/hari} \\ &= 72.842.340.400 \text{ liter/hari} ; 843,08 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ Fasilitas Kesehatan} &= \sum \text{fasilitas} \times Q \text{ air bersih} \\ &= 1.227 \text{ unit} \times 2000 \text{ liter/hari} \\ &= 2.454.000 \text{ liter/hari} ; 0,03 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ Fasilitas Peribadatan} &= \sum \text{fasilitas} \times Q \text{ air bersih} \\ &= 24.606 \times 3000 \text{ liter/hari} \\ &= 73.818.000 \text{ liter/hari} ; 0,86 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Debit Air Limbah Non Domestik

1. \sum Fasilitas Pendidikan = 5240
2. \sum total murid = 1.390.121
3. \sum fasilitas kesehatan = 1227
4. \sum fasilitas peribadatan = 24.606
5. Q air bersih fasilitas pendidikan = 10 liter/hari
6. Q air bersih fasilitas kesehatan = 2000 liter/hari
7. Q air bersih fasilitas peribadatan = 3000 liter/hari

Q Total Air Limbah Non Domestik

$$= 72.842.340.400 \text{ liter/hari} + 2.454.000 \text{ liter/hari} + 73.818.000 \text{ liter/hari}$$

$$= \mathbf{149.114.340 \text{ liter/hari}}$$

Sehingga debit air limbah total yaitu:

8. $Q_{Average}$ Total = Q total air limbah domestik + Q total air limbah non domestik
 = 504.838.304 liter/hari + 149.114.340 liter/hari
 = 653.952.644 liter/hari
9. $Q_{grey\ water}$ = Q limbah total x 75%
 = 653.952.644 liter/hari x 75%
 = 490.464.483 liter/hari
10. Q_{peak} = $Q_{average}$ x f_{peak}
 = 490.464.483 liter/hari x 2,4
 = 1.177.114.760 liter/hari
11. $Q_{infiltrasi}$ = Luas area x faktor infiltrasi
 = 3.235,48 km² x 8,75 m³/ha.hari
 = 323.548 ha x 8,75 m³/ha.hari
 = 2.831.045 m³/hari
 = 2.831.045.000 liter/hari
12. Debit total: = Q_{peak} + $Q_{infiltrasi}$
 = 1.177.114.760 liter/hari + 2.831.045.000 liter/hari
 = 4.008.159.760 liter/hari

Berdasarkan hasil perhitungan debit air limbah domestik dan air limbah non domestik didapatkan debit air limbah total Kota Bandung, Kabupaten Bandung, dan Kabupaten Bandung Barat yaitu sebesar 4.008.159.760 liter/hari.

Analisis Kebutuhan Sarana Prasarana (Constructed Wetland)

Jumlah air limbah domestik dan non domestik yaitu sebesar 4.008.159.760 liter/hari dikonversi ke kilogram menjadi 3.996.135.281 kg/hari. Selanjutnya diperoleh waktu tinggal limbah cair sekitar 3 hari pada lahan basah buatan. Kapasitas lahan basah buatan yaitu diperoleh berdasarkan jumlah penduduk tahun terakhir pada tahun 2020 yaitu sebesar 7.856.286 jiwa, kemudian diasumsikan 1 KK yaitu berjumlah 5 orang menjadi 1.571.257 KK, lalu dikalikan dengan kapasitas lahan basah buatan dengan tingkat pencemaran buruk yaitu berkapasitas 3000 liter, sehingga diperoleh kapasitas lahan basah buatan sebesar 4.713.771.000 Liter.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan berikut. Diketahui :

$$w = 3 \text{ hari}$$

$$ki = 3.996.135.281 \text{ kg/hari}$$

$$h = 9,46 \text{ liter/kg}$$

$$c = 4.713.771.000 \text{ Liter}$$

$$n = w \times (ki \times h) / c$$

$$n = 3 (3.996.135.281 \times 9,46) / 4.713.771.000$$

$$n = 24$$

Berdasarkan hasil perhitungan estimasi jumlah kebutuhan Lahan Basah Buatan diperoleh, jumlah unit lahan basah yang diperlukan yaitu berjumlah 24 unit lahan basah buatan

untuk menampung limbah cair domestik di kawasan DAS Cikapundung. Dalam melakukan perhitungan luas lahan basah buatan yang dibutuhkan di Sungai Cikapundung, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

1. Jumlah bak direncanakan = 24 unit
2. Waktu tinggal = 5 menit = 300 detik
3. Debit influen = 1.177.114.760 liter/hari (Q_{peak})
= 13,62 m³/detik
4. Volume = $Q \times t_d$
= 13,62 m³/detik x 300 detik = 3.978 m³ / 24 unit = 166 m³/unit
5. Panjang bak
Rasio P:L adalah 3:1, maka
Panjang = $\sqrt{\frac{V}{h}}$
Panjang = $\sqrt{\frac{166}{3}}$
= 7,44 m \approx 8 m
6. Luas
Luas 24 unit lahan basah buatan di Sungai Cikapundung beragam yaitu diantara 32 m² hingga 100 m².
7. Tinggi genangan air limbah maksimum 60 centimeter dari dasar kolam atau dari permukaan bahan organik, agar tidak tenggelamnya tanaman air.

Analisis Efektivitas *Constructed Wetland*

Dibawah ini merupakan perhitungan degradasi BOD di Kota Bandung (Teras Cikapundung) yang dilakukan oleh tanaman.

Konsentrasi BOD awal (BOD_{in}) = 11 mg/L

Konsentrasi BOD yang terdegradasi oleh tanaman (BOD_{dt})

$$BOD_{dt} = 4,4\% \times 11 \text{ mg/L} \\ = 0,49 \text{ mg/L}$$

Konsentrasi BOD yang dapat didegradasi oleh media *Constructed Wetland* yaitu Konsentrasi BOD terdegradasi oleh media *Constructed Wetland*

$$BOD_{dm} = BOD_{in} - BOD_{ef} = (11 \text{ mg/L} - 3 \text{ mg/L}) = 8 \text{ mg/L}$$

Sehingga konsentrasi BOD efluen pada *Constructed Wetland* yaitu:

$$BOD_{efCW} = BOD_{in} - BOD_{dt} - BOD_{dm} = (11 \text{ mg/L} - 0,49 \text{ mg/L} - 8 \text{ mg/L}) = 2,51 \text{ mg/L}$$

Dibawah ini merupakan efisiensi penyisihan BOD, COD, DO, TSS, Amonia, Nitrat, dan Nitrit di Kota Bandung (Teras Cikapundung) pada tanggal 7 Juli 2020.

1. Efisiensi Penyisihan BOD

Konsentrasi BOD awal (BOD_{in}) = 11 mg/L

Konsentrasi BOD akhir (BOD_{ef}) = 2,51 mg/L

$$\text{Removal BOD} = \frac{BOD_{in} - BOD_{ef}}{BOD_{in}} \times 100\% = \frac{11 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 2,51 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{11 \frac{\text{mg}}{\text{L}}} \times 100\% = 77,18\%$$

2. Efisiensi Penyisihan COD

Konsentrasi COD Awal (COD_{in}) = 43 mg/L

Konsentrasi COD Akhir (COD_{ef}) = (100-85)% x 43 mg/L = 6,45 mg/L

$$\text{Removal COD} = \frac{COD_{in} - COD_{ef}}{COD_{in}} \times 100\% = \frac{43 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 6,45 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{43 \frac{\text{mg}}{\text{L}}} \times 100\% = 85\%$$

3. Efisiensi Penyisihan DO

Konsentrasi DO awal (DO_{in}) = 4,9 mg/L

Konsentrasi DO akhir (DO_{ef}) = 4 mg/L

$$\text{Removal DO} = \frac{DO_{in} - DO_{ef}}{DO_{in}} \times 100\% = \frac{4,9 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 4 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{4,9 \frac{\text{mg}}{\text{L}}} \times 100\% = 18,37\%$$

4. Efisiensi Penyisihan TSS

Konsentrasi TSS awal (TSS_{in}) = 167 mg/LKonsentrasi TSS akhir (TSS_{ef}) = 50 mg/L

$$\text{Removal TSS} = \frac{TSS_{in} - TSS_{ef}}{TSS_{in}} \times 100\% = \frac{167 \frac{mg}{L} - 50 \frac{mg}{L}}{167 \frac{mg}{L}} \times 100\% = 70\%$$

5. Efisiensi Penyisihan Amonia

Konsentrasi Amonia awal ($Amonia_{in}$) = 0,03 mg/LKonsentrasi Amonia akhir ($Amonia_{ef}$) = 0,02 mg/L

$$\text{Removal Amonia} = \frac{Amonia_{in} - Amonia_{ef}}{Amonia_{in}} \times 100\% = \frac{0,03 \frac{mg}{L} - 0,02 \frac{mg}{L}}{0,03 \frac{mg}{L}} \times 100\% = 33,33\%$$

6. Efisiensi Penyisihan Nitrat

Konsentrasi Nitrat awal ($Nitrat_{in}$) = 11 mg/LKonsentrasi Nitrat akhir ($Nitrat_{ef}$) = 10 mg/L

$$\text{Removal Nitrat} = \frac{Nitrat_{in} - Nitrat_{ef}}{Nitrat_{in}} \times 100\% = \frac{11 \frac{mg}{L} - 10 \frac{mg}{L}}{11 \frac{mg}{L}} \times 100\% = 9\%$$

7. Efisiensi Penyisihan Nitrit

Konsentrasi Nitrit awal ($Nitrit_{in}$) = 0,5 mg/LKonsentrasi Nitrit akhir ($Nitrit_{ef}$) = 0,06 mg/L

$$\text{Removal Nitrit} = \frac{Nitrit_{in} - Nitrit_{ef}}{Nitrit_{in}} \times 100\% = \frac{0,5 \frac{mg}{L} - 0,06 \frac{mg}{L}}{0,5 \frac{mg}{L}} \times 100\% = 88\%$$

D. Kesimpulan

Dari pembahasan diatas dengan judul Kajian Konsep *Green Infrastructure (Constructed Wetland)* Dalam Revitalisasi Kualitas Air Di Kawasan DAS Cikapundung, dapat disimpulkan bahwa:

- Air Sungai Cikapundung mengalami pencemaran air yang diakibatkan oleh adanya alih fungsi lahan di sekitar Sungai Cikapundung menjadi lahan terbangun, kebutuhan masyarakat yang meningkat, laju pertumbuhan penduduk tinggi, pembuangan limbah secara langsung ke sungai tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Berdasarkan hasil analisis, kualitas air Sungai Cikapundung yaitu, sebagai berikut:
 - Kualitas air Sungai Cikapundung di Kabupaten Bandung Barat, Kecamatan Lembang yaitu sebesar -24,00 (Tercemar Sedang)
 - Kualitas air Sungai Cikapundung di Kota Bandung (Teras Cikapundung) yaitu sebesar -94,00 (Tercemar Berat)
 - Kualitas air Sungai Cikapundung di Kota Bandung (Asia-Afrika) yaitu sebesar -98,00 (Tercemar Berat)
 - Kualitas air Sungai Cikapundung di Kabupaten Bandung, Kecamatan Dayeuhkolot yaitu sebesar -106,00 (Tercemar Berat)
- Maka dari hasil analisis yang telah dilakukan, penulis merekomendasikan agar dapat mengurangi pencemaran air di Sungai Cikapundung dibangun lahan basah buatan atau *Constructed Wetland* untuk dapat meningkatkan kualitas air sungai. *Constructed Wetland* dengan sistem *Subsurface Flow (SSF)* cocok untuk diterapkan di sekitaran Sungai Cikapundung serta dapat menggunakan tanaman – tanaman yang sesuai dengan karakteristik lokasi penempatan *Constructed Wetland*. *Constructed Wetland* dengan sistem *Subsurface Flow (SSF)* ini fleksibel dalam penempatan, tidak memerlukan lahan yang luas dalam penerapannya, tidak menimbulkan bau yang tidak sedap karena air limbah berada dibawah *wetland*, tidak menjadi tempat berkembangbiaknya nyamuk. Konsep *Constructed Wetland* dengan sistem *SSF* yang tepat diterapkan di Sungai Cikapundung terdapat dua konsep yaitu secara *off-stream* atau lahan basah buatan yang berada di luar sungai atau di darat dan secara *in-stream* atau *Constructed Wetland* yang berada di aliran sungai.
- Berdasarkan hasil analisis total debit air limbah domestik dan air limbah non domestik di Kota Bandung, Kabupaten Bandung, dan Kabupaten Bandung Barat yaitu sebesar

- 4.008.159.760 liter/hari. Berdasarkan hasil perhitungan estimasi jumlah kebutuhan lahan basah buatan diperoleh, jumlah unit lahan basah yang diperlukan yaitu berjumlah 24 unit lahan basah buatan untuk menampung limbah cair domestik di kawasan DAS Cikapundung, dengan volume masing-masing unit sebesar 166 m³/unit, panjang bak 8 m, dan luas *Constructed Wetland* beragam antara 32 m² – 100 m², serta dengan tinggi genangan air limbah maksimum 60 centimeter dari dasar kolam. *Constructed Wetland* yang ditumbuhi dengan tanaman memiliki nilai *removal* lebih besar dibanding dengan *Constructed Wetland* yang tidak ditumbuhi dengan tanaman. Efisiensi penyisihan BOD sebesar 77,18%, efisiensi penyisihan COD sebesar 85%, efisiensi DO sebesar 18,37%, efisiensi TSS sebesar 70%, efisiensi Nitrat sebesar 9%, dan efisiensi Nitrit sebesar 88%.
4. Refleksi nilai keislaman yang sesuai dengan penelitian ini yaitu terdapat pada Surat ar-Rum Ayat 41-42 dan Surat Al-A'raf ayat 56 yang menjelaskan bahwa sebagai manusia di muka bumi harus selalu menjaga dan melestarikan lingkungan hidup.

Acknowledge

Terima kasih kepada Universitas Islam Bandung, kepada Prodi Perencanaan Wilayah dan Kota, kepada Prof. Dr. Ir. Hj. Hilwati Hindersah, MURP selaku Dosen Pembimbing, serta kepada seluruh dosen dan staf Prodi Perencanaan Wilayah dan Kota.

Daftar Pustaka

- [1] Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 1991 Tentang Sungai.
- [2] Maria, R., Purwoarminta, A. Pengaruh Perubahan Lahan Terhadap Kapasitas Simpanan Air tanah Di Sub Das Cikapundung Bagian Hulu. Pengaruh Perubahan Lahan Terhadap Kapasitas Simpanan Air tanah Sub Cikapundung Bagian Hulu; 2017.
- [3] Bachrein, S. Pengembangan Daerah Aliran Sungai (Das)Cikapundung; 2012.
- [4] Hindersah, H. Islamic concept of sustainable development in the river estuary; 2013. repository.unisba.ac.id.
- [5] Hindersah, H. Krisis ilmu pengetahuan modern: menuju metodologi partisipatif; 2005. Jurnal Perencanaan Wilayah & Kota, 16(2), 1-24.
- [6] Sugiyono. Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Perpustakaan Universitas Gresik; 2013.
- [7] Suprihatin, H. Penurunan Konsentrasi BOD Limbah Domestik Menggunakan Sistem Wetland dengan Tanaman Hias Bintang Air (*Cyperus alternifolius*); 2014.
- [8] Suswati, A.C.S.P., Wibisono, G. Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Subsurface Flow Constructed Wetlands; 2016.
- [9] Ahmed, S.D., Agodzo, S., Adjei, K. Designing River Diversion Constructed Wetland for Water Quality Improvement; 2020.
- [10] Hindersah, H. Prospek Kemitraan Pemerintah Swasta dalam Penyelenggaraan Pelayanan Infrastruktur; 2003. Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota, Nomor, 3.
- [11] F. Priscannanda and H. Hindersah, "Identifikasi Kemampuan Green Infrastructure dalam Upaya Mengurangi Banjir pada DAS Ciliwung Hilir Jakarta," vol. C, pp. 23–35, 2022.