



# 1.22%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 31 JAN 2025, 1:53 PM

## Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

**IDENTICAL** 0.05%    **CHANGED TEXT** 1.17%    **QUOTES** 0.22%

## Report #24603445

Sepertiga kebutuhan air di dunia diperoleh dari sumber permukaan seperti sungai, bendungan, danau, dan kanal (Edokpayi, Odiyo, Popoola, & Msagati, 2018). Namun, sekitar dua juta ton limbah dibuang ke sumber air, termasuk limbah manusia, industri, kimia, dan agrikultur. Jumlah air limbah yang diproduksi secara global diperkirakan mencapai 1,500 km<sup>3</sup> per hari. Kondisi ini mengindikasikan bahwa sebagian besar populasi dunia belum memiliki akses ke air bersih dan aman (Pullaiah, 2013). Menyikapi masalah serius ini, telah banyak upaya yang dilakukan untuk membersihkan sumber-sumber air. Contohnya, Ichwan Nurdin et al. (2023) yang mencoba membersihkan sungai dengan menyortir limbah di “Desa Cikole Kec. Lembang , sehingga akses warga desa ke sungai menjadi lebih mudah. Selain itu, ada juga komunitas lokal “Desa Peliatan” yang berkontribusi penuh untuk membersihkan n polusi “Sungai Mas”, yang dulunya digunakan sebagai tempat pembuangan akhir (TPA) dan kini dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari (Eka Pradnyani, Sueca, & Prajnawrdhi, 2024). Salah satu sungai yang juga membutuhkan perhatian lebih adalah “Sungai Saluran Irigasi Tarum Barat . 7 Sungai ini berfungsi sebagai saluran irigasi, pembangkit tenaga listrik dan sumber air baku.

Bagian awal sungai dikelilingi oleh aktivitas agrikultur, bagian tengah oleh industri, dan bagian akhir oleh pembangunan infrastruktur, menjadikannya vital bagi berbagai sektor di wilayah tersebut (Cristable, Nurdin, & Wardhana, 2020) . Sungai ini pernah direhabilitasi untuk

meningkatkan kualitas serta kuantitas airnya. Rehabilitasi dilakukan karena kapasitas angkutnya hanya mencapai 70% dari kondisi aslinya akibat penurunan tanggul dan penumpukan sedimen (Sumiarsih, Legono, & Kodoatie, 2015). Sebagai bagian dari upaya untuk meningkatkan kualitas air, Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) merekomendasikan konsep alat pengolahan air yang dapat dibuat pada tempat tinggal masing-masing (Point of use) (K R, Kumar S, & Istalingamurthy, 2022). Biosand filter merupakan opsi pengolahan air tipe point of use yang paling utama dan terkenal karena keefektifannya, kemudahan operasinya, kemudahan pembuatannya, dan potensinya dalam penggunaan material sekitar. Di antara tahun 1991 hingga 2015, tercatat bahwa lebih dari 500,000 unit telah tersebar di seluruh dunia (Romero, Silva, J.M. Chaúque, & D. Benetti, 2020). 1 Banyaknya polusi dan limbah menyebabkan sumber air memerlukan perawatan lebih lanjut. “Sungai Irigasi Tarum Barat merupakan sumber air yang krusial karena lokasinya yang padat dengan aktivitas agrikultur, industri, hingga infrastruktur. Hal ini membuat sungai tersebut berpotensi memiliki banyak polutan. Oleh karena itu, pengkajian BSF sebagai alat point of use dilakukan dalam penelitian ini sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas air. Selain itu, kegiatan magang peneliti di Jaya Konstruksi, bagian “SPAM Regional Jatiluhur 1”, menjadi dasar kuat penelitian ini. Penentuan lokasi penelitian berhubungan langsung dengan proyek SPAM, yang bertujuan memasok kebutuhan air “Jakarta” dan sekitarnya melalui pengolahan air “Sungai Tarum Barat menjadi air bersih. 1

Berdasarkan pada latar belakang dan identifikasi masalah perihal 2 “Sungai Irigasi Tarum Barat 1”, maka rumusan masalah yang digunakan dapat dipaparkan sebagai berikut : 1. Seberapa besar tingkat kemungkinan penerapan BSF sebagai opsi pengolahan kualitas air sungai dalam kehidupan sehari-hari? 2. Model BSF apa yang sesuai untuk wilayah kajian? Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini dapat diidentifikasi sebagai berikut : 1. Mengukur tingkat kemungkinan penerapan BSF sebagai opsi pengolahan kualitas air sungai dalam kehidupan sehari-hari. 2. Menemukan model BSF yang sesuai untuk wilayah kajian. Berdasarkan tujuan penelitian, dapat diketahui bahwa manfaat

penelitian ini adalah sebagai berikut : 1. Memperoleh tingkat kemungkinan penerapan BSF sebagai opsi pengolahan kualitas air sungai dalam kehidupan sehari-hari. 2. Mendapatkan model BSF yang sesuai untuk wilayah kajian. Agar cakupan masalah yang ingin dibahas tidak terlalu luas sehingga dapat lebih terfokus, maka batasan untuk penelitian ini dijabarkan sebagai berikut : 1. Ruang lingkup penelitian ini dibatasi hanya pada sampel air baku “sungai Irigasi Tarum Barat bagian STA 51+000-STA 53 +750, “sungai Irigasi Tarum Barat bagian STA 0+000- STA 1 +750, “Sungai Irigasi Tarum Barat STA 60 +750- STA 62 +250, dan “Kali Bekasi” STA 20 +500-STA 22 +150. 2. Skala kualitas air yang digunakan adalah kualitas air baku. 3. Sampel air sungai diperoleh dan diuji pada laboratorium “UPTD LABKESDA Kota Bekasi 4. Parameter kualitas air dibatasi pada parameter turbidity , TS (TDS dan TSS), BOD, dan Fecal Coliform

### 3.2.1 Kondisi Polutan Air Sungai Saluran Tarum Barat Pada tahun 2020,

“Sungai Saluran Tarum Barat telah diuji kondisi polutannya oleh Cristable et al. (2020) dengan bantuan “Perum Jasa Tirta II . Pengujian dilakukan di tiga stasiun, yaitu bagian awal, tengah, dan akhir “Sungai Tarum Barat . Gambar 2.1 menunjukkan lokasi stasiun dan Tabel 2.1 menampilkan data hasil pengukuran polutan pada penelitian tersebut. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pada stasiun pertama, polutan yang mengkhawatirkan adalah fecal coliform ; pada stasiun kedua, polutan yang paling bermasalah adalah Turbidity , TS, DO, BOD, kandungan fosfat, dan fecal coliform ; sedangkan pada stasiun ketiga polutan utamanya adalah Turbidity , TS, BOD, dan fecal coliform . Sehingga dapat disimpulkan bahwa polutan yang perlu menjadi pertimbangan pada penelitian ini adalah Turbidity , TS, BOD, dan fecal coliform . Sedangkan parameter DO dan Fosfat tidak dipertimbangkan karena hanya terjadi pada satu stasiun.

### 3.2.2 Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 6 2 Tahun 2023, yang dimaksud dengan standar baku mutu kesehatan lingkungan adalah 1 “spesifikasi teknis atau nilai yang dibakukan pada media lingkungan yang berhubungan atau berdampak langsung terhadap kesehatan masyarakat 6 . Penelitian ini mengacu pada standar baku untuk keperluan higiene sanitasi dengan detail parameter yang tertera pada

“Tabel 2.1, 2.2, dan 2.3 . 2.3 Status Mutu Air Sungai Status mutu air dievaluasi menggunakan metode. Metode STORET didasarkan pada paduan US EPA ( United States Enviromental Protection Agency . Cara kerja metode STORET adalah dengan membandingkan hasil uji laboratorium masing- masing polutan. Jika polutan memenuhi kriteria maka skor polutan adalah 0. Sedangkan apabila polutan tidak memenuhi maka skor polutan sesuai dengan angka yang tertera pada Tabel 2. 5. Setelah skor masing-masing polutan didapatkan maka dijumlah untuk mendapatkan status mutu air sungai sesuai dengan Tabel 2. 6 (Nufutomo, Manalu, & Muntalif, 2023). 2.4 Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Ciliwung- Cisadane Lokasi penelitian terletak di “Sungai Tarum Barat , yang termasuk dalam wilayah “sungai Ciliwung-cisadane“, bagian “DAS Bekasi . Pola pengelolaan menjelaskan bahwa wilayah “sungai Ciliwung-Cisadane menggunakan standar perhitungan kebutuhan air domestik dan non domestik seperti yang tertera pada Tabel 2. 7. Sumber daya air di Wilayah “Sungai Ciliwung-Cisadane dianalisis untuk memenuhi kebutuhan air RKI (Rumah Tangga, Perkotaan, Industri, dan Pariwisata), yang diperoleh melalui data Podes Tahun 2008 dengan proyeksi hingga 2030. Pada tahun 2010, jumlah penduduk tercatat sebanyak 27.549.884 jiwa dengan kebutuhan air sebesar 49,120 m<sup>3</sup> /detik. Sementara itu, pada tahun 2030, jumlah penduduk diperkirakan meningkat menjadi 34.615.024 jiwa dengan kebutuhan air mencapai 61,490 m<sup>3</sup> /detik . Kebutuhan air yang dianalisis mempunyai skema pemenuhan kebutuhan air yang dibagi menjadi empat skenario, skenario tersebut antara lain adalah : 1. Skenario 1 yang merupakan strategi minimum (ditandai dengan garis hitam), skenario pertama ini tidak banyak memiliki intervensi tambahan dan hanya mengandalkan sumber unregulated seperti “Cisadane dan Citereup . Fokus wilayah pada skenario 1 sama dengan skenario yang lain, yaitu “Tangerang, DKI Jakarta, Bogor, dan Bekasi dengan kebutuhan air yang dapat terlihat di dalam lingkarannya. 2. Skenario 2 (ditandai dengan garis panah merah) serupa dengan skenario 1, tetapi ditambah dengan penguatan kelembagaan pengelolaan sumber daya air seperti pemanfaatan reservoir potensial yang sudah direncanakan dalam skala terbatas. 3. Skenario 3 (ditandai dengan garis

panah kuning) mengadopsi Langkah-langkah dari skenario 2, ditambah penerapan Proactive Management serta perlindungan lahan pertanian dan zonasi sumber daya air. Juga melibatkan reservoir potensial seperti “Ciawi dan Genteng untuk memenuhi kebutuhan air di wilayah rentan. 4. Skenario 4 (ditandai dengan garis panah hijau) merupakan upaya maksimum untuk meningkatkan semua aspek pengelolaan sumber daya serta melibatkan pendekatan cost recovery untuk mendukung keberlanjutan pengeolaan air. 5 Pada skenario terakhir ini, seluruh reservoir potensial dan sumber air dioptimalkan dengan memastikan biaya pengelolaan air dapat dikembalikan. 2.5 Biosand Filter (BSF) BSF adalah modifikasi slow sand filter yang aliran airnya terjadi secara putus-putus atau terdapat jeda pada penggunaannya. Salah satu poin pembeda pada BSF adalah proses “ pause period ”, yaitu jeda sementara air di dalam BSF sehingga filter dapat bekerja lebih baik dan menjaga kelembapan biolayer agar tetap hidup (Ngai & Baker, 2014). BSF dikembangkan oleh Dr. David Manz pada tahun 1990-an di “Universitas Calgary, Kanada . Dr. Manz membentuk Centre for Affordable Water and Sanitation Technology (CAWST) dan telah mendistribusikan teknologi BSF ke berbagai negara berkembang (Janjaroen, 2016). CAWST juga membuat panduan konstruksi BSF secara komprehensif dalam Biosand Filter Construction Manual . Gambar 2.6 merupakan model BSF buatan CAWST. Panduan konstruksi ini diharapkan menjadi acuan dalam pembuatan dan penggunaan BSF di lapangan. Biosand filter (BSF) terdiri dari beberapa bagian yang mempunyai masing-masing fungsi untuk meningkatkan keefesinan kerja alat BSF. Bagian-bagian tersebut (diurut dari bagian paling atas) antara lain adalah : . Penutup ( Lid ) : berguna untuk menghindari kontaminasi dan menjauhkan hama yang tidak diinginkan. . Reservoir : Tempat untuk menuang dan menyimpan air yang belum terfilter sebelum masuk ke proses filtrasi. . Diffuser : berfungsi sebagai penahan agar air dari reservoir menetes secara perlahan dan tidak merusak proses penyaringan di bawahnya. . Standing Water : ketika air berhenti mengalir, diperlukan setidaknya 5 cm air, yang disebut standing water, di atas pasir untuk melindungi bagian atas

pasir dan menjaga kelembapan biolayer. . Biolayer : Tempat para mikroba pemakan pathogen berbahaya tinggal. . Separati on Gravel : kerikil kecil yang berguna untuk menghentikan pasir agar tidak turun dan menghalangi outlet tube . . Drainage Gravel : berfungsi untuk menahan separation gravel agar tidak bergerak dan menghalangi outlet tube. . Outlet Tube : Berguna untuk mengaliri air yang sudah terfilter ke penyimpanan air. . Safe Storage : Penyimpanan akhir air yang diharapkan sudah aman digunakan.

2.6 Simulasi Desain Sungai Dengan SWMM Beberapa dekade terakhir, model hidrologi DAS berbasis fisik ( physically-based catchment hydrology models ) telah digunakan secara luas untuk memahami perilaku proses permukaan, bawah permukaan, serta mobilitas air dan kontaminannya (Güven & Akdoğan, 2016). Storm Water Management Model (SWMM) merupakan salah satu aplikasi pemodelan hidrologi yang digunakan untuk tujuan tersebut (Thakuri & Wijesekera, 2022). Karena kemampuannya dalam memodelkan hidrologi, SWMM dipilih untuk penelitian ini. Selain pemodelan hidrologi, penelitian ini juga melakukan pemodelan kualitas air menggunakan SWMM. SWMM beroperasi dengan melacak aliran air dan material di antara berbagai kompartemen lingkungan, seperti atmosfer, permukaan tanah, air tanah, dan sistem drainase. Komponen perutean kemudian mengangkut limpasan permukaan dengan memodelkan transportasi limpasan melalui permukaan tanah atau sistem drainase bawah tanah yang terhubung sebagai serangkaian elemen drainase. Dengan menyatukan kompartemen- kompartemen ini, SWMM mampu mensimulasikan kuantitas 7 limpasan dan beban polutan di sepanjang sistem drainase (Greenberg, 2015). Walaupun SWMM terbilang layak untuk dijadikan sarana pemodelan kualitas air akan tetapi banyak yang perlu diperhatikan seperti pemasukan data berupa curah hujan, berbagai skenario perlu dikaji terlebih dahulu, dan diperlukan pemasangan saluran limpasan yang baik untuk mencegah aliran air yang berlebihan. Solusi yang disarankan meliputi perpanjangan waktu retensi dan memastikan sistem aman dari limpasan berlebihan (Suits, Vassiljev, Annus, & Kändler, 2022). Selain itu menurut (Darji, Lodha, & Tyagi, 2022), untuk pemodelan sungai yang kompleks

pemodelan tinggal bisa saja tidak berhasil dan diperlukan pemodelan kombinasi sehingga model sungai dapat dikalibrasi dengan tujuan hasil simulasi yang minimum kesalahan dan maksimal akurasi.

### 2.7 Analisis Karakteristik Hujan Pemodelan sungai eksisting pada SWMM memerlukan informasi hujan yang sesuai dengan daerah sungai yang diteliti sehingga simulasi dapat berjalan dengan baik. Analisis-analisis yang perlu dilakukan antara lain adalah :

1. Analisis Curah Hujan Rata-rata Analisis curah hujan dilakukan menggunakan metode poligon Thiessen yang memperhitungkan pengaruh luas area setiap stasiun hujan agar dapat menyesuaikan ketidakseragaman jarak antar stasiun. Area pengaruh ditentukan dengan membuat garis tegak lurus pada bagian tengah garis penghubung antara dua atau lebih stasiun hujan terdekat (Ajr & Dwirani, 2019). Setelah poligon Thiessen dibuat maka curah hujan rata-rata pada area poligon tersebut dapat dihitung menggunakan rumus (Nganro, Trisutomo, Barkey, & Ali, 2020).
2. Analisis Periode Ulang Hujan (PUH) Periode Ulang Hujan merupakan perhitungan periode ulang curah hujan untuk memperoleh nilai peningkatan curah hujan maksimum dan nilai frekuensi kemunculan curah hujan maksimum di suatu wilayah dalam rentang waktu tertentu (Tahmid, Nugroho, & Indriani, 2020). Penelitian kali ini menggunakan periode ulang hujan secara 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun yang dilakukan dengan membandingkan curah hujan sebenarnya (distribusi Weibull) dan curah hujan rencana. Curah hujan rencana dicari menggunakan analisis distribusi frekuensi menggunakan distribusi Gumbell, Log Pearson III, dan Log Normal karena lebih sesuai dalam kasus hidrologi (Limantara, 2018).
  - a. Distribusi Weibull Distribusi Weibull merupakan perhitungan distribusi curah hujan yang digunakan sebagai pembanding data curah hujan sebenarnya. Perhitungan dilakukan dengan menjumlah data yang dianalisis dari yang terbesar hingga terkecil lalu dicari probabilitasnya dengan rumus (Upomo & Kusmawardani, 2016):
  - b. Distribusi Gumbell Distribusi Gumbell atau dikenal dengan distribusi ekstrim, karena digunakan untuk mengestimasi nilai ekstrim seperti curah hujan maksimum yang dihitung menggunakan rumus (Triatmodjo,

2008) c. Distribusi Log Pearson Tipe III Distribusi ini sering diterapkan dalam analisis hidrologi, khususnya untuk mengolah data dengan nilai ekstrim.

2 Distribusi Log Pearson merupakan hasil transformasi distribusi Pearson Tipe III dengan mengubah variabel asli menjadi bentuk logaritma. Rumus yang digunakan untuk mencari curah hujan maksimum rencana adalah (Widyawati, Yuniarti, & Goejantoro, 2020) : d. Distribusi Log Normal Distribusi Log Normal adalah jenis distribusi probabilitas yang digunakan untuk memperkirakan data dengan variasi yang besar. Distribusi ini umumnya diterapkan pada data yang memiliki nilai terkecil berupa bilangan positif. Rumus yang digunakan dalam menghitung adalah (Ananta, Limantara, Fidari, & Nurdin, 2024) : Rumus dalam mencari distribusi Log Pearson III dan Log Normal adalah sama. Perbedaan dari kedua distribusi tersebut adalah perolehan angka faktor probabilitas (k). Distribusi Log Pearson mendapatkan nilai k dari nilai kemencengan (CS) sedangkan distribusi Log Normal mendapatkan nilai k dari nilai variabel reduksi Gauss yang dapat dilihat dari Tabel 3.

Analisis Intensitas Hujan Dalam menganalisis intensitas hujan digunakan metode Mononobe karena metode ini dapat menghitung intensitas hujan hanya dari data akumulasi curah hujan harian dengan rumus (Faradiba, 2021) :

9 2.8 Analisis Debit Awal ( Initial Flow ) Debit awal yang digunakan pada simulasi adalah debit puncak pada metode hidrograf satuan sintetis Nakayasu yang dikhususkan untuk analisis debit banjir pada Daerah Aliran Sungai (DAS) tanpa data pengukuran langsung (Hidayat, 2022). Sehingga debit awal pada penelitian dicari menggunakan rumus :

2.9 Analisis Polutan Dalam simulasi kualitas air sungai perlu diketahui bagaimana polutan terbentuk ( Buildup ) dan terbuang ( Washoff ) pada penggunaan lahan. Penelitian menggunakan rumus eksponensial dalam menghitung buildup karena sudah sering digunakan untuk mencari akumulasi polutan pada permukaan perkotaan. Pada rumus eksponensial ini, penumpukan polutan mengikuti kurva pertumbuhan eksponensial yang secara asimtotik mendekati batas maksimum. Laju penumpukan polutan dapat dimodelkan sebagai berikut (Wang, Wei, Huang, Wang, & Maqsood, 2011). Rumus (11) mencerminkan



perpaduan antara kemudahan pemakaian dan presisi, menjadikannya ideal untuk berbagai aplikasi praktis. Dasarnya berasal dari teori kinetikan fundamental yang memiliki dasar matematis yang kuat sehingga fleksibel untuk digunakan berbagai bidang termasuk polusi lingkungan. Sedangkan untuk simulasi polutan yang terbuang ( Washoff ) menggunakan model Rating Curve yang menghubungkan beban partikel tersuspensi dengan laju limpasan. Model ini sering digunakan sebagai alternatif dari model yang lebih kompleks (E. Crobeddu & S. Bennis, 2011). Rumus washoff pada polutan untuk pemodelan ini dinyatakan dengan : Penelitian ini menggunakan metode EMC ( Event Mean Concentration ) yang washoff eksponennya adalah 1,0 dan koefisien C 1 merepresentasikan konsentrasi Washoff : EMC adalah sebuah indeks yang dapat digunakan untuk mengkarakterisasi kandungan limpasan berdasarkan pollutograph dan hidrograf. EMC untuk suatu peristiwa hujan tertentu didefinisikan sebagai total beban polutan dibagi dengan total volume limpasan seperti yang terlihat pada rumus (Kim & Furumai, 2016) : Selain buildup dan washoff penelitian ini juga menggunakan konsep treatment yang disediakan oleh SWMM. Treatment digunakan untuk mensimulasikan bagaimana pengaruh dari filter BSF yang digunakan pada simulasi yang sudah dijalankan. Menurut (von Sperling, Verbyla, & Oliviera, 2020), removal efficiency merupakan konsep yang mengukur pengurangan konsentrasi polutan yang masuk dan yang keluar dalam suatu sistem pengolahan. Removal efficiency dapat dinyatakan dengan : Berdasarkan daftar-daftar gap literatur, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini berupaya untuk menambah kualitas air sungai menggunakan alat BSF dengan mengurangi polutan-polutan yang umum muncul pada permukaan sungai. 11 Lokasi pengambilan sampel berada pada masing-masing saluran yang dikaji; yaitu “Sungai Irigasi Tarum Barat bagian STA 60+750-STA 62 +250, “Sungai Irigasi Tarum Barat bagian STA 0+000-STA 1 +750, “Sungai Irigasi Tarum Barat STA 51+000-STA 53 +750, dan “Kali Bekasi” S TA 20 +500-STA 22 +150 seperti yang terlihat pada Gambar 3.1. Gambar 3.1 menjelaskan bahwa sampel penelitian diambil masing-masing 1 sampel dari saluran yang dikaji dengan jumlah sampelnya diperoleh sesuai dengan

kebutuhan laboratorium uji kualitas air. Data yang bisa didapat untuk awal penelitian untuk masing-masing sampel adalah sebagai berikut : 1.

Sampel 1 (warna abu-abu) Sampel pertama diperoleh pada Saluran 1 “Sungai Irigasi Tarum Barat bagian STA 60+750-STA 62 +25 “).

2. Sampel 2 (warna biru gelap) Sampel kedua didapatkan pada Saluran 2 (“Sungai Irigasi Tarum Barat bagian STA 0+

000-STA 1 +750).

3. Sampel 3 (warna merah marun) 4. Sampel ketiga adalah sampel pada Saluran 3

“Sungai Irigasi Tarum Barat STA 51+000-STA 53 +750).

5. Sampel 4 (Kuning) Sampel keempat atau terakhir adalah sampel pada Saluran 4 (“Kali

Bekasi” STA 20 +500-STA 22 +150). Variabel penelitian ini adalah selu

ruh parameter kualitas air dari sampel-sampel yang diuji, yaitu Turbidity , TS, BOD, dan Fecal Coliform .

5 Pengumpulan data yang dilakukan pada penilitan ini terbagi menjadi data primer dan sekunder. 9 Data-data yang dikumpulkan antara

lain adalah : 1. Data Primer, data primer atau data utama yang diperlukan

pada penelitian ini adalah parameter polutan yang mempengaruhi kualitas

air sungai berdasarkan data historis sungai. Data-data historis tersebut

adalah : a. Turbidity Turbidity atau kekeruhan adalah penurunan kejernihan

air yang disebabkan oleh material tersuspensi yang menghalangi cahaya. Air dianggap keruh jika material tersebut terlihat jelas (Grobbelaar, 2009).

b. TS ( Total Solids ) TS adalah istilah yang digunakan untuk memberitahu

sis material yang tertinggal di dalam wadah. TS mempunyai dua komponen,

yaitu TDS ( Total Dissolved Solids ) dan TSS ( Total Suspended

Solids ). TDS dan TSS adalah dua parameter kualitas air fisik yang

dapat mengganggu kualitas sumber daya air seperti sungai (Adjovu, Stephen,

James, & Ahmad, 2023).

c. BOD (Biological Oxygen Demand) BOD adalah

jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri atau mikroorganisme lain untuk

mengoksidasi sepenuhnya substansi organik pada sampel air (Bryne, 2011).

d. Fecal Coliform Fecal coliform adalah bakteri yang sering digunakan

sebagai indikator organisme pathogen pada air (Reder, Flörke, & Alcamo,

2015) 2. Data sekunder, data kedua atau pelengkap yang juga diperlukan

pada penelitian ini adalah data morfologi sungai untuk membantu peneliti

dalam memahami kondisi terkini sungai. Data morfologi sungai merupakan

data penampang sungai yang dapat diperoleh dari “Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Ciliwung-Cisadane dan Citarum . Alat-alat yang diperlukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut : 1. Botol Sampel 1,5 Liter Botol sampel ukuran 1,5 liter adalah alat yang digunakan untuk memperoleh sampel. 2. Laboratorim PAM Jaya Laboratorium digunakan untuk mengecek seluruh parameter polutan air. 3. Biosand Filter (BSF) Model BSF yang digunakan pada pengujian berdasarkan pada CASWT dengan ukuran kebutuhan seperti yang terlihat pada Gambar 3.3. Alat-alat yang digunakan pada pembuatan BSF ini adalah sebagai berikut : a. Outlet Tube Tube atau tabung berbahan polyethylene atau vinyl dengan diameter 6 mm dan Panjang 105 cm. b. Diffuser Diffuser dengan lubang sebesar 3 mm berjarak 2,5 cm pada penampangnya. 13 c. Paku Paku berdiameter 3 mm. d. Penutup BSF Penutup BSF yang direkomendasikan adalah yang terbuat dari logam, kayu, keramik, atau beton. e. Tempat Penyimpanan Air Tempat penyimpanan yang tertutup seperti galon, jerigen, atau botol besar. f. Saringan Saringan yang dapat menyaring material sebesar 0,7 mm, 1mm, 6 mm, dan 12 mm g. Sekop

### 3.1 Material Penelitian

Material-material yang digunakan dalam pembuatan alat BSF adalah : 1. Air Air sebanyak 10 Liter 2. Semen Semen sebanyak 12 liter 3. Pasir pasir yang lolos 0,7 mm sebanyak 30 liter dan yang lolos 1 mm sebanyak 24 liter 4. Kerikil Kecil Kerikil yang lolos saringan 6 mm dan tertahan saringan 0,7 mm sebanyak 3¼ liter dan yang lolos saringan 6 mm dan tertahan saringan 1 mm sebanyak 12 liter. 5. Kerikil Besar Kerikil yang lolos saringan 12 mm dan tertahan 6 mm sebanyak 15 liter. Setelah seluruh data yang diperlukan sudah diperoleh dari uji laboratorium maka data diproses seperti Gambar 3.3 melalui tahapan berikut : 1. Simulasi Sungai, kawasan sungai yang berada pada lingkup penelitian disimulasikan menggunakan aplikasi SWMM berdasarkan data-data yang diperoleh sebelumnya untuk mengetahui sebaran kualitas airnya. 2. Pemodelan Kualitas Air, sungai yang sudah disimulasikan sebelumnya dimodelkan kualitas airnya berdasarkan data uji laboratorium parameter air bersih. Parameter kualitas air yang diinput

kedalam SWMM adalah empat parameter yang paling mempengaruhi pada masing-masing cabang aliran sungai. 3. Analisis Hasil Simulasi, simulasi sungai yang sudah dimodelkan kualitas airnya kemudian dianalisis pengaruhnya terhadap masing-masing aliran salurannya dengan memperhatikan empat parameter yang mempengaruhi cabang aliran tersebut. 3.2 Pembuatan Model Pengolah Air

Pengolah air yang digunakan merupakan Biosand Filter berdasarkan dari reaktor 2 pada penelitian (Ratnawati & Ulfah, 2020) yang menambah karbon material karbon aktif di atas pasir untuk mengurangi polutan BOD. Gambar 4. 1. Memperlihatkan skema model pengolah air yang digunakan. 3.3 Simulasi BSF Pada simulasi BSF terdapat beberapa tahap yang perlu dilalui. Tahap-tahap tersebut antara lain adalah : 1. Identifikasi Polutan Tahap awal dari simulasi BSF adalah mengidentifikasi polutan berdasarkan dari hasil uji laboratorium. 2. Desain BSF Setelah itu, dilakukan pendesainan BSF sesuai hasil identifikasi polutan. Skala BSF yang digunakan adalah bergantung pada kapasitas air sungai yang digunakan dan berapa banyak yang dapat dihasilkan oleh BSF. 3. Pengujian Sampel Kemudian sampel diuji pada desain BSF sesuai dengan polutan dan model BSF yang dipilih. Pengujian sampel dilakukan hingga air masuk dan air keluar memiliki karakteristik yang berbeda. 4. Pemodelan Sebaran Air Jika pengujian sampel berhasil maka dilakukan pemodelan sebaran air menggunakan SWMM dan dianalisis hasil pemodelannya. 3.4 Bagan Alir Penelitian Bagan alir yang memuat tahapan secara keseluruhan penelitian ini dapat dilihat pada “Gambar 3. 3 Bagan Alir Penelitian . 15 4.1 Sistem Pengolahan Air Untuk mengetahui seberapa besar tingkat kemungkinan penerapan BSF sebagai opsi pengolahan kualitas air, sistem pengolahan air menggunakan Biosand Filter (BSF) perlu disesuaikan dengan kondisi eksisting wilayah kajian dan jenis polutan yang ada. Data yang digunakan untuk mendukung pemodelan meliputi analisis model pengolahan air untuk menurunkan polutan, bentuk dan kondisi penampang sungai, kualitas awal air sungai, serta hasil pengujian air sebelum dan sesudah penerapan BSF. 4.1.1 Model Pengolahan Air Model pengolahan air dirancang untuk menentukan konfigurasi BSF yang sesuai dalam meningkatkan

kualitas air sungai. Alat BSF diuji selama 15 hari dengan pengecekan kadar polutan setiap interval 5 hari. Alat ini memiliki kapasitas 2,7 liter dengan waktu filtrasi rata-rata 120 detik. Struktur BSF menggunakan pipa PVC berdiameter 4 inci setinggi 113 cm, dengan susunan lapisan paling bawah menuju paling atas sebagai berikut:  $\boxtimes$  Kerikil (diameter 2mm) : 0,93 Liter  $\boxtimes$  Pasir Kasar (diameter 1 mm) : 0,93 Liter  $\boxtimes$  Pasir Halus (diameter 0,5 mm) : 1,38 Liter  $\boxtimes$  Karbon Aktif Granular : 2,27 Liter Lapisan karbon aktif dilengkapi ruang oksigen sebesar  $891,35 \text{ cm}^3$  (panjang 11 cm) untuk mendukung pertumbuhan biofilm. Struktur ini dirancang untuk mengoptimalkan pengurangan polutan air. Model pengolahan air dapat dilihat pada “Gambar 4.1”.

#### 4.1.2 Kondisi Penampang Sungai

Penampang sungai pada wilayah kajian perlu diketahui untuk mengamati perilaku aliran air dan distribusi polutan secara akurat. Penampang sungai kemudian diperoleh melalui “BBWS Ciliwung Cisadane untuk “Sungai Bekasi” dan “BBWS Citarum untuk sungai Tarum Barat . “BBWS Ciliwung Cisadane membagi Sungai menjadi dua bagian, yaitu hulu bendung yang diberikan kode “B” dan hilir bendung dengan kode “P”. Data penampang sungai yang dibutuhkan penelitian adalah B.0, B.1, B.3, P.2, P.7, P.9, P.15, dan P.20. Gambar 4. 2 memperlihatkan bagian “sungai Bekasi” yang menjadi wilayah kajian penelitian ini. Sedangkan bagian “Saluran Tarum Barat yang digunakan pada penelitian ini adalah B.Tb.44 T B.Tb.45 untuk saluran yang mengalir sebelum Bendung “Bekasi” dan saluran STA. 55+200 T STA. 58+700 untuk saluran yang mengarah “Cawang” seperti yang terlihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4. 4. Gambar 4.3 berisi informasi geometri wilayah kajian penelitian untuk saluran 2 “Sungai Irigasi Tarum Barat bagian STA 0+000-STA 1+750), yaitu poin 9 dengan kode B.Tb.40 T B.Tb.45b. Gambar 4. 4 memberikan data yang diberikan oleh “BBWS Citarum” untuk wilayah kajian saluran 3 “Sungai Irigasi Tarum Barat STA 51+000-STA 53 +750) yang berada di posisi setelah “Bekasi” Silt Trap dan menelusuri konstruksi “Tol Becakayu”. Saluran 1 pada wilayah kajian dicari dengan menyesuaikan data pada Gambar 4. 3 dan Gambar 4. 4 dikarenakan kurangnya data penampang pada

“BBWS Citarum”. Data-data penampang sungai di atas juga digunakan untuk memodelkan sungai wilayah kajian pada SWMM untuk komponen Conduit .

#### 4.1.3 Kondisi Awal Kualitas Sungai Data kondisi awal kualitas sungai

dilakukan untuk menentukan tingkat pencemaran sebelum penerapan BSF 17 dilakukan. Saluran pada kajian mempunyai detail saluran : “Sungai Irigasi Tarum Barat bagian STA 60+750-STA 62 +250, “Sungai Irigasi Tarum Barat bagian STA 0+000-STA 1 +750, “Sungai Irigasi Tarum Barat STA 51+000- STA 53 +750, dan “Kali Bekasi” STA 20 +500-STA 22 +150 yang diuji pada “UPTD LABKESDA Kota Bekasi dengan hasil laboratorium yang dapat dilihat pada Gambar 4. 5. Gambar 4.5

menunjukkan bahwa setiap titik pengambilan sampel memiliki kadar polutan yang berbeda-beda, yang kemudian dibandingkan dengan standar baku mutu air. Standar baku mutu untuk parameter polutan yang dianalisis adalah:

kekeruhan sebesar 3 NTU, TDS sebesar 1000 mg/L, TSS sebesar 40 mg/L, BOD sebesar 2 mg/L, Fecal Coliform sebesar 100 CFU, dan Total

Coliform sebesar 1000 CFU. Rincian kadar polutan di setiap titik

pengambilan sampel adalah sebagai berikut: 1. “Sungai Irigasi Tarum Barat bagian STA 60+750-STA 62 +250, Kondisi awal polutan pada saluran ini adalah 8,03

NTU untuk kekeruhan, 154 MG/L untuk TDS, 0 MG/L untuk TSS, 33 MG/L untuk BOD, 19300 CFU Fecal Coliform , dan 6200 CFU untuk Total

Coliform . Berdasarkan kelima polutan tersebut dapat diketahui bahwa

terdapat 4 polutan yang melebihi standar air baku dan perlu diawasi

pada penelitian ini, yaitu polutan Kekeruhan, BOD, Fecal Coliform , dan Total Coliform . 2.

“Sungai Irigasi Tarum Barat bagian STA 0+000-STA 1 +750, Untuk saluran ini kondisi awal polutannya adalah 7,72 NTU untuk kekeruhan, 156 MG/L

untuk TDS, 1 MG/L untuk TSS, 33 MG/L untuk BOD, 9600 CFU Fecal Coliform , dan 600 CFU untuk Total Coliform . kondisi awal saluran

ini memiliki polutan yang melebihi standar yang sama seperti saluran 1,

yaitu polutan Kekeruhan, BOD, Fecal Coliform , dan Total Coliform . 3. “Sungai Irigasi

Tarum Barat STA 51+000-STA 53 +750, Saluran ketiga memiliki kondisi awal polutan, yaitu ,12,4 NTU untuk kekeruhan, 156 MG/L untuk TDS, 0 MG

/L untuk TSS, 35 MG/L untuk BOD, 321000 CFU Fecal Coliform , dan

127000 CFU untuk Total Coliform . Polutan yang melebihi standar pada saluran ini juga merupakan polutan yang sama seperti dua saluran sebelumnya tapi dengan Fecal Coliform dan Total Coliform yang cukup lebih banyak dibandingkan pada saluran lainnya. 4. “Kali Bekasi” STA 20 +500-STA 22 +150, Saluran keempat adalah satu-satunya saluran Kali Bekasi pada wilayah kajian dengan kondisi polutan sebagai berikut : 14,5 NTU untuk kekeruhan, 140 MG/L untuk TDS, 1 MG/L untuk TSS, 37 MG/L untuk BOD, 19000 CFU Fecal Coliform , dan 6700 CFU untuk Total Coliform . Polutan yang melewati standar juga sama seperti polutan pada Sungai Tarum Barat, yaitu polutan Kekeruhan, BOD, Fecal Coliform , dan Total Coliform . 4.1.4 Hasil Pengujian Pengolahan Air Hasil uji polutan di atas kemudian dibandingkan dengan hasil polutan setelah difilter menggunakan alat BSF dengan uji coba air filter selama 5, 10, dan 15 hari pada Saluran 3 yang menjadi lokasi lokasi yang dipilih pada 19 penelitian seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.6 untuk hasil pengujian polutan kekeruhan, TDS ( Total Dissolved Solids ), TSS ( Total Suspended Solids ), dan BOD ( Biological Oxygen Demand ) serta Gambar 4.7 untuk hasil pengujian polutan Fecal Coliform dan Total Coliform . Gambar 4.6 menunjukkan perbedaan tingkat polutan Kekeruhan, TDS, TSS, dan BOD sebelum dan setelah melalui filter pada interval 5, 10, dan 15 hari. Penjelasan mengenai perbedaan hasil dan alasan di balik fenomena tersebut adalah sebagai berikut: 1. Kekeruhan Polutan kekeruhan sebelum dan sesudah filter menunjukkan penurunan yang signifikan. Kekeruhan awal sebelum filter adalah 12,4 NTU, yang kemudian turun menjadi 0,73 NTU pada hari ke-5, 1,93 NTU pada hari ke-10, dan 0,4 NTU pada hari ke-15. Namun, pada hari ke-10, kekeruhan mengalami peningkatan, yang menunjukkan adanya gangguan atau perubahan pada biofilm, seperti pelepasan mikroorganisme atau material lain dari biofilm yang sudah menua ke dalam air yang terfilter. Peningkatan kekeruhan ini kemungkinan disebabkan oleh bertambahnya partikel tersuspensi. Namun, masalah ini hilang pada hari ke- 15, dengan angka kekeruhan yang lebih rendah

dari hari ke-5, yang menunjukkan bahwa biofilm telah berfungsi dengan lebih baik. 2. TDS ( Total Dissolved Solids ) Kadar TDS pada sampel air menunjukkan peningkatan pada hari ke-5 dan ke-10 setelah penggunaan filter, lalu mengalami penurunan pada hari ke-15. Nilai TDS yang awalnya 156 mg/L meningkat menjadi 226 mg/L pada hari ke-5, 168 mg/L pada hari ke-10, dan 131 mg/L pada hari ke-15. Fluktuasi ini mengindikasikan bahwa padatan yang digunakan sebagai material filter, seperti kerikil dan pasir, sempat terbawa bersama air yang diuji pada hari ke-5 dan ke-10. Namun, pada hari ke-15, material filter tampaknya telah mengendap dan menjadi lebih stabil, sehingga tidak lagi terbawa keluar. 3. TSS ( Total Suspended Solids ) Pada pengujian laboratorium, polutan TSS tidak terdeteksi pada sampel air baik sebelum maupun setelah proses penyaringan. Hal ini menunjukkan bahwa sampel air baku yang digunakan tidak mengandung polutan TSS yang signifikan. 4. BOD ( Biological Oxygen Demand ) Polutan BOD yang terdeteksi pada pengujian laboratorium menunjukkan penurunan dibandingkan kondisi sebelum filter, namun hasil pengujian menunjukkan peningkatan nilai hari ke harinya. Nilai BOD yang terdeteksi adalah 35 MG/L untuk sebelum filter, 2 MG/L setelah filter hari ke-5, 9 MG/L untuk hari ke-10, dan 27 MG/L pada hari ke-15. Peningkatan ini menunjukkan bahwa kebutuhan oksigen untuk proses dekomposisi biologis semakin meningkat seiring waktu, yang menandakan bahwa biofilm dalam filter semakin berkembang dari hari ke-5 hingga hari ke-15. Perkembangan biofilm ini berperan dalam meningkatkan BOD yang terdeteksi. Fenomena ini juga sejalan dengan hasil pengujian mikrobiologi ( Fecal Coliform dan Total Coliform ) yang mengalami penurunan signifikan dibandingkan kondisi sebelum filter, karena biofilm yang terbentuk berperan aktif dalam menurunkan mikroorganisme tersebut selama proses pengolahan air. Gambar 4. 7 memberikan gambaran tentang polutan mikrobiologi, yaitu Fecal Coliform dan Total Coliform dengan besaran yang berbeda untuk sebelum dan setelah filter (5, 10, dan 15 hari). Perbedaan dan alasan hasilnya dijelaskan sebagai berikut : 1. Fecal



Coliform Polutan mikrobiologi yang terdeteksi pada awal pengujian terpantau turun drastis. Hal ini ditandai dengan nilai Fecal Coliform yang berawal dari 321000 CFU sebelum filter dan menurun menjadi 900 CFU pada pengujian filter hari ke-5, 200 CFU pada hari ke- 10, dan 4 CFU pada hari ke-15. Nilai polutan yang turun drastis ini mengindikasikan biofilm yang bekerja cepat dalam mengurangi polutan-polutan mikrobiologi pada kualitas air. 2. Total Coliform Identik dengan polutan mikrobiologi Fecal Coliform, Total Coliform juga memiliki nilai yang cukup turun drastis jika dibandingkan awal pengujian sebelum filter yang memiliki nilai 127000 CFU. Nilai polutan mikrobiologi ini turun hingga 3400 CFU pada hari pengujian ke-5, 2300 CFU pada hari ke-10, dan 103 CFU pada hari ke-15. Fenomena ini terjadi dikarenakan alasan yang sama pada pengurangan drastis nilai Fecal Coliform , yaitu biofilm pengolahan air yang bekerja secara efektif. Hasil pengujian pengolahan air perlu dibandingkan antara sebelum dan sesudah penerapan BSF sehingga dapat diketahui seberapa besar pengaruh model pengolahan air terhadap kondisi awal kualitas sungai. Selain itu, data pengurangan polutan (%) juga dapat dijadikan faktor E pada rumus (2.15) untuk pemodelan treatment pada SWMM. Pengurangan polutan yang digunakan adalah pengurangan yang terjadi pada hari ke- 15 yang merupakan hari pengujian paling akhir dengan 94,11% untuk pengurangan kekeruhan, 16,03% untuk TDS, 22,86% untuk BOD, dan 99,999% untuk Fecal Coliform . 4.1.5 Analisis Sistem Pengolahan Air Pengujian Hasil uji laboratorium yang membandingkan antara sebelum filter dan setelah filter memberitahukan beberapa hal, antara lain adalah : 1. BSF efektif berdasarkan kriteria STORET, dengan skor menurun dari -27 (Cemar Sedang) menjadi -6 (Cemar Ringan). 2. Pada hari ke-15, BSF berhasil menurunkan kekeruhan (94,11%), TDS (16,03%), BOD (22,86%), dan Fecal Coliform (99,999%). 3. Debit keluaran air sebesar 81 liter/jam mencukupi kebutuhan rumah tangga. 4. Terdapat kemungkinan terbentuknya biofilm yang cepat pada pengolahan air. Fenomena ini mengindikasikan banyaknya nutrisi seperti protein dan karbohidrat yang mengalir pada

sungai, terutama pada kawasan peternakan dan agrikultur yang memiliki limbah berupa kotoran hewan dan pupuk organik. 5. Pengolahan air mulai aman digunakan pada hari ke-10 dengan tambahan proses disinfeksi untuk menurunkan nilai BOD yang naik secara tePeggunaan hari ke-10 ini juga untuk menjamin biofilm pada pengolahan air agar terbentuk secara sempurna.


23 6. Berdasarkan hasil analisis dan pengujian, penerapan Biosand Filter (BSF) sebagai opsi pengolahan kualitas air sungai memiliki potensi besar untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Efektivitas BSF terlihat dari penurunan skor STORET, yang berubah dari kategori "Cemar Sedang" (-27) menjadi "Cemar Ringan" (-6). Pada pengujian hari ke-15, alat BSF terbukti mampu mengurangi polutan secara signifikan, termasuk kekeruhan sebesar 94,11%, TDS sebesar 16,03%, BOD sebesar 22,86%, dan Fecal Coliform sebesar 99,999%. Debit air hasil filtrasi sebesar 81 liter/jam menunjukkan bahwa alat ini cukup memenuhi kebutuhan sanitasi rumah tangga. Selain itu, pembentukan biofilm yang terjadi pada alat meningkatkan efisiensi pengolahan air, meskipun diperlukan tambahan proses disinfeksi untuk memastikan air layak digunakan. Dengan penyesuaian ini, BSF dapat diandalkan sebagai solusi pengolahan air sungai untuk kebutuhan sehari-hari, terutama pada area dengan tingkat pencemaran yang tinggi.

#### 4.2 Simulasi Komputer Sebaran Polutan Pada Kawasan Kajian Penelitian ini menggunakan SWMM untuk memodelkan sebaran polutan di wilayah kajian. Tujuan simulasi adalah memahami pola penyebaran polutan berdasarkan data eksisting yang dimasukkan ke dalam model. Data yang diolah dan hasil simulasi dari SWMM digunakan untuk menentukan skenario penyebaran polutan, sehingga dapat menilai kesesuaian model BSF dengan kondisi wilayah kajian.

##### 4.2.1 Pengolahan Data Hujan Hidrologi SWMM digunakan untuk mensimulasikan aliran runoff yang mengandung polutan berdasarkan data pada Gambar 4.1, dengan mempertimbangkan intensitas hujan dan debit awal ( initial flow ).

8 Oleh karena itu, kedua data tersebut perlu diolah terlebih dahulu. Intensitas hujan dihitung menggunakan data curah hujan selama 10 tahun (2008-2017) yang diperoleh dari situs resmi BMKG dan "BBWS Ciliwung-Cisadane". Data ini dikumpulkan dari

empat stasiun hujan, yaitu “Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Priok , “Stasiun Klimatologi Tangerang Selatan , “Stasiun Hujan Cawang , dan “Stasiun Hujan Kampus UI . 4 Tabel 4.1 menunjukkan nilai curah hujan maksimum yang tercatat pada masing-masing stasiun hujan untuk setiap tahun. Data curah hujan kemudian diolah menggunakan metode Poligon Thiessen untuk menentukan rata-rata curah hujan pada area pengaruh. Hasil pemetaan luasan Poligon Thiessen yang dilakukan melalui QGIS dapat dilihat pada Gambar 4.8. Seperti yang terlihat pada gambar di atas penelitian membagi wilayah penelitian menjadi dua area pengaruh, yaitu SUB1 dan SUB2. Kedua area pengaruh kemudian dibagi lagi menjadi empat bagian sesuai lokasi stasiun hujan yang mempengaruhi masing-masing area, seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.9. Area pengaruh SUB1 terdiri dari dua sub-bagian: sub- bagian 1.1 yang dipengaruhi oleh curah hujan dari Stasiun Cawang dan sub-bagian 1.2 yang dipengaruhi oleh curah hujan dari Stasiun Universitas Indonesia. Demikian pula, SUB2 terdiri dari sub-bagian 2.1 (curah hujan dari Stasiun Cawang) dan sub-bagian 2.2 (curah hujan dari Stasiun Universitas Indonesia). Luasan pengaruh setiap area, yang dihitung menggunakan QGIS, serta stasiun hujan yang 25 relevan dalam perhitungan curah hujan rata-rata terlihat pada Tabel 4. 2. Setelah luasan Poligon Thiessen masing-masing subbagian didapatkan maka curah hujan rata-rata dapat diperoleh menggunakan rumus (2.1) dengan periode ulang yang diperoleh menggunakan distribusi Weibull sesuai rumus (2.3) seperti yang tertera pada Tabel 4.3 untuk area pengaruh SUB1 dan Tabel 4. 4 untuk area pengaruh SUB2. Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 menyajikan nilai curah hujan rata-rata untuk setiap periode ulang hujan di area pengaruh SUB1 dan SUB2. Data di atas kemudian digunakan untuk menghitung intensitas hujan dengan cara membandingkan curah hujan rata-rata dengan curah hujan rencana yang diperoleh melalui analisis distribusi Gumbell, Log Pearson Tipe III, dan Log Normal. Curah hujan rencana dicari melalui tiga analisis distribusi, yaitu analisis distribusi Gumbell, Log Pearson Tipe III, dan Log Normal. Dari ketiga analisis distribusi dibuat grafik curah hujannya dan

dibandingkan dengan grafik curah hujan rata-rata metode Weibull. Pada penelitian ini dipilih analisis distribusi Log Pearson III sebagai curah hujan rencana karena grafik curah hujannya lebih mirip ke grafik metode Weibull dari dua analisis distribusi lainnya. Perbandingan grafik kedua curah hujan ini dapat dilihat pada Gambar 4. 10 untuk grafik perbandingan curah hujan SUB1 dan Gambar 4. 11 untuk grafik perbandingan curah hujan SUB2. Gambar 4. 10 dan Gambar 4. 11 merupakan grafik antara curah hujan rata-rata (metode Weibull) dan curah hujan rencana (Metode Log Pearson III) untuk area pengaruh SUB1 dan SUB2. Kedua grafik tersebut memplotkan besaran curah hujan kedua metode analisis distribusi (sumbu vertikal) dengan probabilitasnya (sumbu horizontal). 4.2.1.1.  Intensitas Hujan Intensitas hujan diperoleh menggunakan rumus (2.7). menggunakan curah hujan maksimum rencana pada metode Log Pearson III. Gambar 4.12 dan Gambar 4.13 menunjukkan kurva intensitas hujan yang diplot berdasarkan area pengaruh SUB1 dan SUB2. Gambar 4. 12 dan Gambar 4. 13 merupakan kurva intensitas hujan masing-masing area pengaruh yang diplot besarnya dengan jam untuk masing-masing Periode Ulang Hujan yang didesain. Data intensitas hujan di atas kemudian diinput ke SWMM untuk dijadikan data Rain Gage untuk mendukung kelancaran simulasi sebaran polutan penelitian.

4.2.1.2. Debit Awal ( Initial Flow ) Debit awal pada simulasi SWMM dihitung menggunakan debit puncak dari area hulu kedua sungai untuk mensimulasikan aliran air yang mengalir dari bagian atas sungai menuju wilayah penelitian. Perhitungan debit awal dilakukan berdasarkan curah hujan dengan periode ulang 2, 5, dan 10 tahun menggunakan rumus (2.8). Pemilihan curah hujan dengan tipe tersebut didasarkan pada asumsi bahwa debit yang mengalir dari hulu ke wilayah penelitian melewati sistem drainase utama. Dari rumus (8) dengan variasi curah hujan 2, 5, dan 10 tahun maka debit awal untuk sungai Tarum Barat adalah 238,858 m<sup>3</sup> /detik untuk curah hujan 2 tahun, 356,365 m<sup>3</sup> /detik untuk curah hujan 5 tahun, dan 620,789 m<sup>3</sup> /detik untuk curah hujan 10 tahun. Sedangkan untuk Kali Bekasi debit awalnya adalah 235,248 m<sup>3</sup> /deti

k untuk curah hujan 2 tahun, 341,676 m<sup>3</sup> /detik untuk curah hujan 5 tahun, dan 623,725 27 untuk curah hujan 10 tahun. Seluruh data debit awal di atas digunakan saat penginputan SWMM di bagian Initial Flow pada komponen Conduit . 4.2.2 Pengolahan Data Polutan Dalam mensimulasikan kualitas air suatu saluran pada SWMM maka diperlukan dua komponen, yaitu Buildup dan Washoff . Dua komponen ini berfungsi untuk mensimulasikan proses akumulasi polutan di permukaan secara realistis sebelum polutan tersebut dihanyutkan oleh limpasan. Buildup memerlukan data maksimum Buildup dan rate constant . Maksimum Buildup dan rate constant polutan BOD, TDS, dan TSS didapatkan dari (Mohammed, Zwain, & Hassan, 2021) dan Fecal Coliform (Mecklenburg County Water Quality Program (MCWQP), 2005) dan (Guo, bin Hj Metali, Shams, & HM Sultan, 2019). Data-data yang dibutuhkan untuk simulasi Buildup dapat dilihat pada Tabel 4. 5 dan Tabel 4. 6. Tabel 4. 5 menjelaskan tentang jumlah polutan maksimum yang dapat terakumulasi pada Subcatchment (Maksimum Buildup ) dan kecepatan penumpukan polutan hingga mencapai maksimum Buildup . Pada tabel diketahui bahwa polutan BOD memiliki jumlah polutan maksimum sebanyak 190 kg dengan kecepatan penumpukan 0,11 hari<sup>-1</sup> , polutan TDS dengan polutan maksimum sebanyak 500 kg dengan kecepatan penumpukan 0,87 hari<sup>-1</sup> , polutan TSS mempunyai jumlah polutan maksimum sebanyak 245 kg dengan kecepatan penumpukan 0,8 hari<sup>-1</sup> . Sedangkan untuk Fecal Coliform mempunyai maksimum Buildup yang dijelaskan pada Tabel 4. 6 dengan kecepatan penumpukan 0,63 hari<sup>-1</sup> . Maksimum Buildup untuk polutan Fecal Coliform berbeda dari polutan lainnya. Seperti yang terlihat pada Tabel 4. 6 maksimum Buildup polutan ini mempunyai jumlah berdasarkan tipe penggunaan lahan tiap salurannya : 1. Saluran satu dengan tipe penggunaan lahan ‘ Institutional Pervious ’ atau ‘Institusional Permeabel (permukaan yang memungkinkan air meresap ke dalam tanah)’ memiliki jumlah polutan maksimal 486.300.000 CFU. 2. Saluran dua dengan tipe penggunaan lahan ‘ Commercial Pervious ’ atau ‘Komersial Permeabel’ memiliki jumlah polutan maksimal 958.800.000 CFU. 3. Saluran tiga dengan

tipe penggunaan lahan ' Residential Pervious ' atau 'Perumahan Permeabel' memiliki jumlah polutan maksimal 2.313.530.000 CFU. 4. Saluran empat dengan tipe penggunaan lahan ' Residential Pervious ' atau 'Perumahan Permeabel' memiliki jumlah polutan maksimal 2.585.870.000 CFU. Sedangkan untuk komponen Washoff , data yang diperlukan adalah koefisien EMC yang dihitung menggunakan rumus (2.13). Tabel 4. 7 merupakan data koefisien EMC yang digunakan pada simulasi untuk setiap polutan pada masing-masing saluran dengan hasil sebagai berikut :

1. Saluran satu memiliki koefisien EMC sebesar 0,738 MG/L untuk polutan BOD, MG/L pada polutan TDS, 0,158 MG/L untuk polutan TSS, dan 92,514 CFU pada polutan Fecal Coliform .
2. Saluran dua memiliki koefisien EMC sebesar 0,748 MG/L untuk polutan BOD, 0,0048 MG/L pada polutan TDS, 0,158 MG/L untuk polutan TSS, dan 46,017 CFU pada polutan Fecal Coliform .
3. Saluran tiga memiliki koefisien EMC sebesar 0,748 MG/L untuk polutan BOD, MG/L pada polutan TDS, 0,167 MG/L untuk polutan TSS, dan 1538,71 CFU pada polutan Fecal Coliform .
4. Saluran empat memiliki koefisien EMC sebesar 0,671 MG/L untuk polutan BOD, 0,0048 MG/L pada polutan TDS, 0,177 MG/L untuk polutan TSS, dan 91,076 CFU pada polutan Fecal Coliform .

4.2.3 Simulasi Sebaran Kualitas Air Setelah data intensitas hujan dan debit awal ( Initial Flow ) diinput ke dalam SWMM, simulasi sebaran air yang mengandung polutan dapat dijalankan. Penelitian ini menggunakan pengaturan model SWMM yang dirancang khusus untuk setiap komponen, sehingga kondisi eksisting sungai, khususnya kondisi polutan, dapat dimodelkan secara akurat.

4.2.3.1. Pengaturan Model Simulasi SWMM Seluruh data yang dikumpulkan kemudian diolah pada simulasi SWMM untuk mengetahui tingkah laku dari polutan yang terdeteksi pada saluran yang diteliti. Gambar 4. 14 dan Gambar 4. 15 memberikan model skematik keseluruhan penelitian. Kedua gambar di atas memberikan gambaran tentang seluruh wilayah kajian yang dimodelkan pada SWMM. Komponen utama yang digunakan pada pemodelan simulasi SWMM mempunyai anotasi- anotasi dengan detail sebagai berikut :

1. Gage ( Rain Gage ) Komponen Rain Gage berfungsi

untuk menjadi wadah intensitas hujan yang diinput ke dalam SWMM. Penelitian mempunyai dua Rain Gage dengan anotasi Gage1 dan Gage2 untuk merepresentasikan intensitas hujan pada area pengaruh SUB1 dan SUB2. Gambar 4. 16 merupakan contoh penginputan data intensitas hujan pada Gage1 dengan kode 'TS1(puh50thn)', yang berarti Rain Gage menyimpan intensitas hujan SUB1 pada periode ulang hujan 50 tahun. Besaran intensitas hujan yang disimpan kemudian disimulasikan oleh SWMM dengan dialirkan ke Subcatchment . 2. S ( Subcatchment ) Komponen Subcatchment adalah area yang menangkap air hujan yang diproduksi oleh Rain Gage dan mengalirkannya hingga menjadi limpasan permukaan ke saluran. Penelitian menggunakan 17 Subcatchment dengan anotasi S1-S17. Gambar 4. 17 memberitahukan contoh penginputan data ke dalam komponen Subcatchment dengan anotasi S1. Data yang diinput berupa data luas area ( Area ) seluas 0,0254 hektar, lebar jalur aliran pada Subcatchment ( Width ) sepanjang 0,01897 ft. Selain itu diinput juga penggunaan lahan atau Land Use Subcatchment yang dibagi menjadi dua, yaitu 'BangunanBOD&FC1' yang berarti penggunaan lahan berupa bangunan yang menampung polutan BOD dan Fecal Coliform 31 sebanyak 59,57% luas area dari total area Subcatchment dan 'TamanTDS&TSS1' dengan arti penggunaan lahan berupa taman yang mempunyai polutan TDS dan TSS sebanyak 40,43% dari total area Subcatchment .

3. J ( Junction ) Junction adalah komponen pada SWMM berupa titik pertemuan atau penghubung jaringan saluran. Selain itu komponen ini adalah komponen yang bertugas untuk mengalirkan air yang diterima oleh Subcatchment ke dalam saluran. Subcatchment yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 15 Junction dengan anotasi J1- J15. Gambar 4. 18 merupakan contoh penginputan data pada komponen Junction J1 berupa data elevasi saluran dengan datum permukaan laut ( Invert El. ) setinggi 58,8 ft, kedalaman maksimal air pada saluran ( Max Depth ) sedalam 5,2493 ft, dan kedalaman awal air saluran ( Initial Depth ) sedalam 3,2808 ft. Data- data ini digunakan oleh SWMM untuk mensimulasikan naik turunnya saluran pada wilayah kajian. 4. C ( Conduit ) Conduit

merupakan komponen SWMM yang merepresentasikan saluran wilayah kajian. Komponen ini juga yang mengalirkan air dari Junction ke Junction lainnya. Komponen Conduit berjumlah 17 Conduit dengan anotasi C1-C17. Seluruh data penampang yang diperoleh dari BBWS Ciliwung-Cisadane dan BBWS Citarum diinput ke komponen Conduit seperti kemiringan sungai bagian kiri ( Left Slope ) dan kanan ( Right Slope) sepanjang 29,19948 ft, lebar penampang sungai bawah ( Bottom Width ) selebar 59,0551 ft, dan ketinggian total saluran ( Maximum Height ) setinggi 8,694226 ft. Data-data penampang sungai diinput sesuai kebutuhan SWMM untuk membuat bentuk saluran 'TRAPEZOIDAL' atau trapesium. Koefisien kekasaran Manning ( Roughness ) yang digunakan adalah 0,0155 sesuai dengan bahan saluran, yaitu beton. Selain itu, diinput juga data debit awal ( Initial Flow ) sebesar 238,858 m<sup>3</sup>/detik, yang dapat diketahui sebagai debit awal untuk curah hujan 2 tahun sungai Tarum Barat. 5. Out ( Outfall )

Outfall pada SWMM berfungsi untuk mengakhiri saluran pada ujung wilayah yang disimulasikan. Jumlah Outfall yang digunakan pada penelitian sesuai dengan jumlah ujung saluran wilayah kajian dengan anotasi Out1, Out2, dan Out3. Gambar 4. 20 merupakan contoh penginputan data pada Outfall nomor satu. Data yang diinput adalah elevasi titik Outfall ( Invert. El ) dengan tipe 'FREE' yang menyatakan bahwa simulasi berhenti pada titik saluran ini. Komponen-komponen utama di atas merupakan komponen yang dibutuhkan untuk mensimulasikan hidrologi dan hidrolika wilayah 33 kajian. Pada penelitian ini perilaku polutan merupakan hal yang krusial sehingga selain komponen di atas, perlu untuk menginput data ke dalam komponen Quality . Gambar 4. 21 menjelaskan bahwa SWMM memberikan dua sub- komponen, yaitu Pollutants dan Land Uses . Sub-komponen Pollutants digunakan pada penelitian ini untuk menginput data hasil uji laboratorium sebagai data Init. Concen. atau jumlah polutan pada awal simulasi berjalan seperti yang terlihat pada Gambar 4. 22. Gambar di atas memperlihatkan contoh penginputan data TDS Dan Fecal Coliform dengan satuan MG/L dan #/L (# merupakan satuan yang menyesuaikan dengan ti



pe polutan seperti bakteri Fecal Coliform ). Data Init. Concen. merupakan data kondisi awal wilayah kajian. Oleh karena itu, 'TDS1' bermakna polutan TDS pada saluran satu sebanyak 154 MG/L dan 'FecalColiform1' yang berarti polutan Fecal Coliform pada saluran satu sebanyak 19300 CFU. Sub-komponen kedua adalah Land Uses yang merupakan wadah untuk penginputan data Buildup dan Washoff untuk penggunaan lahan tertentu seperti yang terlihat pada Gambar 4. 23 Gambar 4. 23 merupakan contoh penginputan sub-komponen Land Uses untuk polutan TDS pada saluran satu yang dapat diketahui bahwa maksimum Buildup ( Max. Buildup )-nya sebesar 500 MG/L dengan laju penumpukan polutan ( Rate Constant ) sebesar 0,87 hari<sup>-1</sup> seperti yang tertera pada Tabel 4. 5, Buildup kemudian disimulasikan menggunakan rumus (2.11). Sedangkan untuk Washoff polutan TDS pada saluran satu disimulasikan menggunakan rumus eksponensial (2.12) dengan koefisien EMC sebesar 0,74 MG/L sesuai dengan Tabel 4.

7. Komponen-komponen di atas merupakan komponen SWMM yang digunakan pada penelitian ini untuk memodelkan kondisi eksisting wilayah kajian sebelum penerapan BSF. Pengaturan model untuk pemodelan SWMM setelah penerapan BSF menggunakan komponen Treatment seperti yang tertera pada Gambar 4. 24. Gambar 4. 24 menunjukkan konfigurasi akhir model penelitian yang digunakan untuk mengetahui dampak penerapan BSF pada wilayah kajian melalui simulasi SWMM. Berdasarkan gambar di atas, pengaturan Treatment SWMM diinput menggunakan rumus (2.15) Removal Efficiency . Tiga polutan yang dimasukkan dalam pengaturan ini adalah polutan pada saluran tiga. Hal ini disebabkan sampel pada titik tersebut digunakan sebagai pembanding antara kondisi sebelum dan sesudah penerapan filter. Data-data yang dimasukkan pada komponen Treatment antara lain adalah: 1. TDS3 dengan rumus ' $C = 156 \cdot (1 - 0,16)$ ' Angka 156 MG/L adalah besaran polutan TDS di saluran tiga sebelum BSF diterapkan dan angka 0,16 atau 16% merupakan faktor pengurangan polutan pada hari ke-15 penggunaan BSF. Sedangkan huruf C melambangkan bahwa rumus digunakan untuk mengurangi Initial Coefficient yang sebelumnya dimasukkan pada sub-komponen Pollutants . 2. BOD3 dengan rumus

' $C=35*(1-0,229)$ ' Angka 35 MG/L adalah besaran polutan BOD di saluran tiga sebelum BSF diterapkan dan angka 0,229 atau 22,9% merupakan faktor pengurangan polutan pada hari ke-15 penggunaan BSF. 3. FecalColiform3 dengan rumus ' $C=321000*(1-0,999)$ ' Angka 321000 CFU adalah besaran polutan Fecal Coliform di saluran tiga sebelum BSF diterapkan dan angka 0,999 atau 99,9% merupakan faktor pengurangan polutan pada hari ke-15 penggunaan BSF. 35 Polutan TSS tidak diinput pada komponen Treatment dikarenakan polutan TSS tidak naik maupun turun ketika dibandingkan antara sebelum dan sesudah penerapan BSF. 4.2.3.2. Hasil Simulasi SWMM Data yang telah diinput sebelumnya diolah oleh SWMM untuk mengetahui sebaran polutan yang diteliti. Hasil simulasi SWMM berupa Link Pollutant Load, yang menunjukkan jumlah polutan tertentu yang melewati komponen Conduit simulasi. Simulasi dilakukan dalam tiga kategori debit awal, yaitu yang diakibatkan oleh curah hujan 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun. Setiap kategori ini kemudian disimulasikan berdasarkan intensitas hujan yang telah diperoleh. Dari hasil simulasi, diketahui bahwa perubahan intensitas hujan tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap Link Pollutant Load. Oleh karena itu, hasil simulasi yang ditampilkan adalah perbandingan antara simulasi dengan intensitas hujan 2 tahun (intensitas hujan terkecil) dan intensitas hujan 100 tahun (intensitas hujan terbesar). Berikut merupakan perbandingan hasil Link Pollutant Load untuk semua parameter polutan antara sebelum dan sesudah filter berdasarkan debit awal yang berbeda: 1. Link Pollutant Load Dengan Debit Awal 2 Tahun. Hasil Link Pollutant Load pertama adalah hasil simulasi untuk debit awal yang diakibatkan curah hujan 2 tahun, yaitu sebesar 238,858 m<sup>3</sup>/detik untuk sungai Tarum Barat dan 235,248 m<sup>3</sup>/detik. Gambar 4.25 merupakan hasil simulasi Link Pollutant Load TDS untuk intensitas hujan 2 tahun dan Gambar 4.26 adalah hasil simulasi Link Pollutant Load TDS untuk intensitas hujan 100 tahun. Hasil Link Pollutant Load TDS saat menerima debit awal 2 tahun memberitahu bahwa pada saluran 1 (Conduit C9-C13) dan saluran 3 (Conduit C1-C2),

jumlah polutan yang melewati kedua saluran tersebut relatif rendah, ditandai dengan warna biru tua pada peta. Hal ini mengindikasikan bahwa beban polutan TDS yang melewati dua saluran tersebut tidak sebanyak saluran lain. Sebaliknya, saluran 4 ( Conduit C3-C8) menunjukkan peningkatan polutan secara bertahap hingga ditandai dengan warna merah, sehingga saluran ini perlu mendapat perhatian lebih. Sementara itu, saluran 2 ( Conduit C14-C17) yang polutan TDS sedikit lebih banyak dari saluran 1 dan 3 yang ditandai dengan warna cyan . Kemudian, hasil simulasi Link Pollutant Load TSS dapat dilihat pada Gambar 4. 27 merupakan hasil simulasi Link Pollutant Load TSS untuk intensitas hujan 2 tahun dan Gambar 4. 28 merupakan hasil simulasi Link Pollutant Load TSS untuk intensitas hujan 100 tahun. Hasil Link Pollutant Load dari polutan TSS saat menerima debit awal 2 tahun memiliki karakteristik sebaran polutan yang mirip dengan polutan TDS. Satu-satunya perbedaan ada pada saluran 4 Junction C4 yang berwarna hijau sedangkan polutan TDS berwarna kuning. Sehingga dapat disimpulkan bahwa polutan TSS terbentuk sedikit lebih lambat 37 dari TDS pada saluran 4. Selain itu pada dua gambar di atas dapat diketahui bahwa tidak ada perubahan sebaran polutan antara sebelum dan sesudah filter. Hal ini diakibatkan oleh penginputan komponen Treatment sebelumnya yang menyatakan bahwa polutan TSS tidak memiliki penginputan rumus Removal Efficiency . Setelah itu, hasil Link Pollutant Load untuk BOD ( Biological Oxygen Demand ) dapat dilihat pada Gambar 4. 29 yang menunjukkan hasil simulasi Link Pollutant Load BOD untuk intensitas hujan 2 tahun dan Gambar 4. 30 yang merupakan hasil simulasi Link Pollutant Load BOD untuk intensitas hujan 100 tahun. Hasil Link Pollutant Load pada polutan BOD saat menerima debit awal 2 tahun juga menunjukkan karakteristik penyebaran polutan yang serupa dengan polutan TDS dan TSS pada saluran 1 ( Conduit C9-C13), 3 ( Conduit C1-C2), dan 4 ( Conduit C3-C8). Perbedaan penyebaran polutan ada pada saluran 2 ( Conduit C15-C16) yang berwarna cyan . Hal ini memberitahukan bahwa polutan menurun sementara pada Conduit tersebut dan

kembali lagi pada rentang besaran sebelumnya yang berwarna hijau. Dan terakhir, Fecal Coliform memiliki hasil Link Pollutant Load yang dapat dilihat pada Gambar 4. 31 yang menunjukkan hasil simulasi Link Pollutant Load BOD untuk intensitas hujan 2 tahun dan Gambar 4. 32 yang menunjukkan hasil simulasi Link Pollutant Load BOD untuk intensitas hujan 100 tahun. Hasil analisis Link Pollutant Load untuk polutan Fecal Coliform saat menerima debit awal 2 tahun menunjukkan karakteristik yang berbeda secara signifikan dibandingkan parameter lainnya, dengan satuan pengukuran yang juga berbeda, yaitu LogN. Saluran 1 ( Conduit C9-C13) merupakan saluran yang sebaran polutannya lebih kecil dibandingkan saluran lain, ditandai dengan warna kuning. Saluran 2 memiliki sebaran polutan yang diawali sangat tinggi (warna merah) pada Conduit C14 dan diakhiri juga dengan sangat tinggi pada Conduit C17 tapi dengan menurun sebentar di tengah-tengah saluran penelitian ( Conduit C15-C16) yang ditandai dengan warna kuning. saluran 3 ( Conduit C1-C2) merupakan saluran kedua dengan sebaran polutan lebih kecil dibandingkan saluran 1 yang ditandai dengan warna kuning.

2. Link Pollutant Load Dengan Debit Awal 5 Tahun. Hasil Link Pollutant Load kedua adalah hasil simulasi untuk debit awal yang diakibatkan curah hujan 5 tahun, yaitu sebesar 356,365 m<sup>3</sup> /detik untuk sungai Tarum Barat dan 341,676 m<sup>3</sup> /detik. Gambar 4. 3 merupakan hasil simulasi Link Pollutant Load TDS untuk intensitas hujan 2 tahun dan Gambar 4. 34 adalah hasil simulasi Link Pollutant Load TDS untuk intensitas hujan 100 tahun. 39 Hasil Link Pollutant Load TDS saat menerima debit awal 5 tahun memiliki karakteristik yang mirip dengan saat simulasi menerima debit 2 tahun sebelumnya. Total polutan pada Conduit C1 di simulasi dengan debit awal 2 tahun dengan intensitas 100 tahun berjumlah 181.410 lbs sedangkan pada simulasi dengan debit awal 5 tahun dengan intensitas hujan 2 tahun berjumlah 180.726,5 lbs. Dua simulasi di atas dipilih untuk membandingkan antara hasil Link Pollutant Load debit awal lebih besar tapi intensitas hujan kecil dengan debit awal lebih kecil tapi intensitas hujan jauh lebih besar. Oleh

karena itu, berdasarkan hasil dua simulasi dapat diketahui bahwa Link Pollutant Load TDS hampir memiliki hasil yang lebih besar saat debit awal ditambahkan walaupun dengan intensitas hujan yang jauh lebih kecil. Link Pollutant Load yang melewati jumlah polutan pada simulasi dengan debit awal 2 tahun saat 100 tahun adalah debit awal 5 tahun dengan intensitas hujan 10 tahun sebesar 181.476,6 lbs. Hasil simulasi Link Pollutant Load TDS untuk debit awal 5 tahun dengan intensitas hujan 10 tahun dapat dilihat pada Gambar 4. 35. Kemudian, hasil simulasi Link Pollutant Load TSS dapat dilihat pada Gambar 4. 36 yang merupakan hasil simulasi Link Pollutant Load TSS untuk intensitas hujan 2 tahun dan Gambar 4. 37 yang merupakan hasil simulasi Link Pollutant Load TSS untuk intensitas hujan 100 tahun. Hasil Link Pollutant Load dari polutan TSS saat menerima debit awal 5 tahun memiliki karakteristik sebaran polutan yang mirip dengan polutan TSS dengan variasi debit awal lainnya. Total polutan pada Conduit C1 di simulasi dengan debit awal 2 tahun dengan intensitas 100 tahun berjumlah 594,272 lbs sedangkan pada simulasi dengan debit awal 5 tahun dengan intensitas hujan 2 tahun berjumlah 596,51 lbs. Berbeda dengan polutan TDS, saat membandingkan antara dua simulasi dengan variasi yang sama angka Link Pollutant Load dengan debit awal lebih besar tapi intensitas lebih kecil sudah melewati angka Link Pollutant Load dengan debit awal lebih kecil tapi dengan intensitas hujan yang jauh lebih besar. Setelah itu, hasil Link Pollutant Load untuk BOD ( Biological Oxygen Demand ) dapat dilihat pada Gambar 4. 38 yang menunjukkan hasil simulasi Link Pollutant Load BOD untuk intensitas hujan 2 tahun dan Gambar 4. 39 yang merupakan hasil simulasi Link Pollutant Load BOD untuk intensitas hujan 100 tahun. Hasil Link Pollutant Load pada polutan BOD saat menerima debit awal 5 tahun juga menunjukkan karakteristik penyebaran polutan yang serupa dengan polutan BOD dengan variasi debit awal lainnya. Total polutan pada Conduit C1 di simulasi dengan 41 debit awal 2 tahun dengan intensitas 100 tahun berjumlah 40.955,11 lbs sedangkan pada simulasi dengan debit awal 5

tahun dengan intensitas hujan 2 tahun berjumlah 41,100,35 lbs. Berdasarkan dua simulasi tersebut, sebaran polutan BOD mirip seperti polutan TSS karena saat membandingkan antara dua simulasi dengan variasi yang sama angka Link Pollutant Load dengan debit awal lebih besar tapi intensitas lebih kecil sudah melewati angka Link Pollutant Load dengan debit awal lebih kecil tapi dengan intensitas hujan yang jauh lebih besar. Dan terakhir, Fecal Coliform memiliki hasil Link Pollutant Load yang dapat dilihat pada Gambar 4. 40 yang menunjukkan hasil simulasi Link Pollutant Load Fecal Coliform untuk intensitas hujan 2 tahun dan Gambar 4. 41 yang menunjukkan hasil simulasi Link Pollutant Load Fecal Coliform untuk intensitas hujan 100 tahun. Hasil analisis Link Pollutant Load untuk polutan Fecal Coliform saat menerima debit awal 5 tahun menunjukkan karakteristik yang dengan hasil pengujian polutan kekeruhan serupa dengan polutan BOD dengan variasi debit awal lainnya. Total polutan pada Conduit C1 di simulasi dengan debit awal 2 tahun dengan intensitas 100 tahun berjumlah 12,419 LogN sedangkan pada simulasi dengan debit awal 5 tahun dengan intensitas hujan 2 tahun berjumlah 12,417 LogN. Berdasarkan dua simulasi tersebut, sebaran polutan Fecal Coliform berbeda dengan sebaran polutan lainnya karena Link Pollutant Load dengan debit awal lebih besar tapi intensitas lebih kecil belum melewati Link Pollutant Load dengan debit awal lebih kecil tapi dengan intensitas hujan yang jauh lebih besar. Link Pollutant Load Fecal Coliform yang melewati simulasi dengan debit awal 2 tahun dengan intensitas hujan 100 tahun adalah simulasi dengan debit awal 5 tahun saat intensitas hujan 25 tahun dengan jumlah polutan pada Conduit C1 sebesar 12,420 LogN. Hasil simulasi Link Pollutant Load Fecal Coliform untuk debit awal 5 tahun dengan intensitas hujan 25 tahun dapat dilihat pada Gambar 4. 42. 3. Link Pollutant Load Dengan Debit Awal 10 Tahun. Hasil Link Pollutant Load ketiga dan terakhir adalah hasil simulasi untuk debit awal yang diakibatkan curah hujan 10 tahun, yaitu sebesar 620,789 m<sup>3</sup>/detik untuk sungai Tarum Barat dan 623,725 m<sup>3</sup>/detik. Gambar 4. 4

3 merupakan hasil simulasi Link Pollutant Load TDS untuk intensitas hujan 2 tahun dan Gambar 4. 44 adalah hasil simulasi Link Pollutant Load TDS untuk intensitas hujan 100 tahun. Hasil Link Pollutant Load pada polutan TDS dengan debit awal 5 tahun saat intensitas 100 tahun berjumlah 182.866 lbs sedangkan pada 43 simulasi dengan debit awal 10 tahun dengan intensitas hujan 2 tahun berjumlah 183.481 lbs. Berbeda saat membandingkan antara hasil sebaran polutan TDS pada debit awal 2 tahun dan 5 tahun. Hasil Link Pollutant Load debit awal 10 tahun dengan intensitas hujan yang lebih rendah, yaitu 2 tahun sudah melewati hasil Link Pollutant Load debit awal 5 tahun dengan intensitas hujan yang jauh lebih tinggi, yaitu intensitas hujan 100 tahun. Kemudian, hasil simulasi Link Pollutant Load TSS dapat dilihat pada Gambar 4. 45 yang merupakan hasil simulasi Link Pollutant Load TSS untuk intensitas hujan 2 tahun dan Gambar 4. 46 yang merupakan hasil simulasi Link Pollutant Load TSS untuk intensitas hujan 100 tahun. Hasil Link Pollutant Load pada polutan TSS dengan debit awal 5 tahun saat intensitas 100 tahun berjumlah 603.452 lbs sedangkan pada simulasi dengan debit awal 10 tahun dengan intensitas hujan 2 tahun berjumlah 605.566 lbs. Berdasarkan perbandingan dua simulasi di atas dapat diketahui bahwa polutan TSS memiliki hasil yang selalu konsisten lebih besar untuk simulasi dengan debit awal lebih besar berapapun intensitas hujannya. Setelah itu, hasil Link Pollutant Load untuk BOD ( Biological Oxygen Demand ) dapat dilihat pada Gambar 4. 47 yang menunjukkan hasil simulasi Link Pollutant Load BOD untuk intensitas hujan 2 tahun dan Gambar 4. 48 yang merupakan hasil simulasi Link Pollutant Load BOD untuk intensitas hujan 100 tahun. Hasil Link Pollutant Load pada polutan BOD dengan debit awal 5 tahun saat intensitas 100 tahun berjumlah 41.586 lbs sedangkan pada simulasi dengan debit awal 10 tahun dengan intensitas hujan 2 tahun berjumlah 41.724 lbs. Berdasarkan perbandingan dua simulasi di atas dapat diketahui bahwa polutan BOD juga memiliki hasil yang selalu konsisten lebih besar untuk simulasi dengan debit awal

lebih besar berapapun intensitas hujannya. Dan terakhir, Fecal Coliform memiliki hasil Link Pollutant Load yang dapat dilihat pada Gambar 4. 49 yang menunjukkan hasil simulasi Link Pollutant Load Fecal Coliform untuk intensitas hujan 2 tahun dan Gambar 4. 50 yang menunjukkan hasil simulasi Link Pollutant Load Fecal Coliform untuk intensitas hujan 100 tahun. Hasil Link Pollutant Load pada polutan Fecal Coliform dengan debit awal 5 tahun saat intensitas 100 tahun berjumlah 12,422 LogN sedangkan pada simulasi dengan debit awal 10 tahun dengan intensitas hujan 2 tahun berjumlah 12,424 LogN. Berbeda saat membandingkan antara hasil sebaran polutan Fecal Coliform pada debit awal 2 tahun dan 5 tahun. Hasil Link Pollutant Load debit awal 10 tahun dengan intensitas hujan yang lebih rendah, yaitu 2 tahun sudah melewati hasil 45 Link Pollutant Load debit awal 5 tahun dengan intensitas hujan yang jauh lebih tinggi, yaitu intensitas hujan 100 tahun.

#### 4.2.4 Analisis Simulasi

Hasil dan tren hasil penjelasan kenapa hasilnya seperti itu, pengaruh ke kawasan kajian apa Simulasi SWMM yang dilakukan pada penelitian untuk mengetahui perilaku sebaran polutan pada wilayah kajian memberitahukan beberapa hal, antara lain :

1. Berdasarkan hasil Link Pollutant Load dengan variasi debit awal 2, 5, dan 10 tahun dapat diketahui bahwa pengaruh debit awal pada simulasi lebih besar daripada intensitas hujan.
2. Tipe periode hujan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap jumlah total polutan yang diteliti. Hal ini ditunjukkan oleh hasil Link Pollutant Load yang relatif serupa untuk seluruh parameter polutan.
3. Penambahan karbon aktif pada alat BSF dinilai sesuai menurunkan polutan di wilayah kajian jika alat tetap digunakan selama lebih dari 10 hari dengan sumber air yang sama untuk pengurangan polutan secara keseluruhan ataupun point-of-use.
4. Polutan Fecal Coliform menjadi satu-satunya polutan yang terlihat jelas perbedaan antara sebelum dan sesudah filter. Hal ini terlihat pada gambar-gambar di atas bahwa sebaran polutan Conduit C1 menurun dari warna kuning ke warna hijau dan Conduit C17 yang juga menurun dari merah ke kuning.
5. Alat BSF yang diletakkan pada



Junction 9 ( node saluran yang mengalir dari awal Sungai Tarum Barat, Bendung Curug, Klari, Karawang) kurang efektif dalam menurunkan polutan pada seluruh saluran penelitian akan tetapi cukup efektif jika digunakan secara langsung atau point-of-use untuk perbaikan kualitas air. 4.3

Pembahasan Penelitian Berdasarkan hasil uji efektivitas Biosand Filter (BSF) dalam meningkatkan kualitas air “Sungai Saluran Irigasi Tarum Barat melalui simulasi SWMM, dapat ditarik beberapa poin penting yang perlu dibahas lebih lanjut. Pembahasan difokuskan pada signifikansi poin-poin tersebut dalam penelitian ini dengan mengacu pada referensi penelitian sebelumnya, sehingga dapat memberikan pemahaman yang lebih relevan terhadap konteks penelitian. Poin-poin yang dimaksud antara lain adalah : 1. Efektivitas BSF dalam Menurunkan Kekeruhan dan Polutan Mikrobiologi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa BSF efektif dalam menurunkan polutan mikrobiologi ( Fecal Coliform dan Total Coliform ) serta kekeruhan secara signifikan. Penurunan Fecal Coliform dari 321.000 CFU menjadi 4 CFU serta kekeruhan dari 12,4 NTU menjadi 0,4 NTU pada hari ke-15 mengindikasikan efektivitas yang tinggi dalam meningkatkan kualitas air. Mekanisme ini terutama bergantung pada perkembangan biofilm yang terbentuk pada lapisan pasir dan karbon aktif BSF penelitian. Hasil ini sejalan dengan penelitian (T.K. Das, 2016), yang menunjukkan bahwa BSF dengan karakteristik yang sama pada penelitian memiliki efektivitas tinggi dalam menurunkan polutan mikrobiologi dan kekeruhan. Namun, peningkatan sementara kekeruhan pada hari ke- 10 menunjukkan pelepasan material dari biofilm yang masih dalam tahap stabilisasi. Hal ini menyoroti pentingnya 47 waktu stabilisasi awal sebelum penggunaan BSF secara kontinu. 2. Efek Penambahan Karbon Aktif Penggunaan karbon aktif dalam BSF pada penelitian ini menunjukkan efektivitas moderat dalam menurunkan nilai Biochemical Oxygen Demand (BOD), yang awalnya sebanyak 35 mg/L menjadi 27 mg/L pada hari ke-15 dan polutan Total Dissolved Solids (TDS), yaitu dari 156 mg/L menjadi 131 mg/L pada hari ke-15. Meskipun terjadi peningkatan sementara pada hari ke-5 dan ke-10, karbon aktif terbukti mampu menyerap zat terlarut dalam

air setelah mencapai kestabilan. Penurunan BOD dan TDS ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Ratnawati & Ulfah, 2020) juga menunjukkan bahwa karbon aktif meningkatkan kemampuan BSF dalam menyerap polutan kimiawi seperti BOD dan polutan fisik seperti TDS dan Total Suspended Solids (TSS). Akan tetapi, pada penelitian ini terdeteksi bahwa BOD mengalami peningkatan dari 2 mg/L pada hari ke-5 menjadi 27 mg/L pada hari ke-15. Ini menandakan bahwa biofilm dalam BSF semakin matang dan aktif dalam mendegradasi bahan organik, meskipun meningkatkan kebutuhan oksigen dalam air hasil filtrasi. Perbedaan hasil uji juga terjadi pada polutan fisik TDS. Hasil uji TDS mengalami peningkatan pada awal pengujian, yaitu sebesar 226 mg/L pada pengujian hari ke-5 yang hanya sebesar 156 mg/L. Polutan TDS yang terdeteksi pada sampel air kemudian menurun hingga 131 mg/L pada pengujian hari ke-5. Hal ini disebabkan oleh penjelasan yang sama pada ketidakstabilan polutan kekeruhan, yaitu adanya pelepasan material dari biofilm yang belum sepenuhnya stabil. Sehingga perlu untuk menambah proses klorinasi diakhir proses filter seperti yang dilakukan pada penelitian (A.H.M. Enamul, 2016) sehingga air hasil filtrasi dapat lebih optimal sesuai dengan standar kualitas air yang diatur dalam Permenkes No. 2 Tahun 2023 3. BSF sebagai Solusi Point-of-Use . Berdasarkan hasil simulasi SWMM dalam “subbab 4.2.4”, BSF lebih efektif sebagai solusi pengolahan air point-of-use dibandingkan dengan skala besar. Simulasi menunjukkan bahwa meskipun BSF mampu menurunkan konsentrasi polutan di satu saluran, efektivitasnya menurun ketika diterapkan pada keseluruhan sistem sungai yang kompleks. Penelitian oleh Duran Romero (2020) mendukung temuan ini, menunjukkan bahwa BSF lebih efektif untuk skala rumah tangga dengan pencemaran yang terkonsentrasi. Selain itu, penelitian ini juga menggarisbawahi pentingnya pengelolaan BSF secara lokal untuk memastikan hasil yang optimal. Hasil ini menunjukkan bahwa BSF dapat menjadi solusi andal untuk kebutuhan pengolahan air di wilayah pedesaan atau daerah yang kesulitan mengakses teknologi pengolahan air skala besar. Untuk mendukung penerapan ini, penyuluhan dan pelatihan

kepada masyarakat lokal dapat meningkatkan keberhasilan implementasi BSF. 49 Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada Sungai Tarum Barat menggunakan filter BSF. Maka dapat disimpulkan bahwa : 1. Penerapan Biosand Filter (BSF) memiliki potensi besar untuk digunakan sebagai opsi pengolahan kualitas air sungai dalam kehidupan sehari-hari. BSF efektif menurunkan polutan dengan skor STORET yang berkurang dari -27 (Cemar Sedang) menjadi -6 (Cemar Ringan) dan mampu mengurangi kekeruhan sebesar 94,11%, TDS 16,03%, BOD 22,86%, serta Fecal Coliform 99,999%. Debit hasil filtrasi sebesar 81 liter/jam juga cukup untuk kebutuhan rumah tangga. Dengan tambahan proses disinfeksi untuk memastikan kualitas air, BSF dapat menjadi solusi andal bagi pengolahan air di area yang tercemar. 2. Alat BSF yang diletakkan pada Junction 9 ( node saluran yang mengalir dari awal Sungai Tarum Barat, Bendung Curug, Klari, Karawang) kurang efektif dalam menurunkan polutan pada seluruh saluran penelitian akan tetapi cukup efektif jika digunakan secara langsung atau point-of-use untuk perbaikan kualitas air. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada Sungai Tarum Barat menggunakan filter BSF. 10 Maka saran yang dapat diberikan adalah : 1. Membutuhkan pengembangan model untuk pengelolaan sungai bukan hanya untuk point-of-use 2. Kawasan yang diuji pada penelitian belum mempertimbangkan pemodelan hingga kondisi di kawasan hulu sungai sehingga apabila diinginkan hasil yang lebih akurat pemodelan perlu diperluas lagi. 3. Membutuhkan pengujian lapisan biofilm yang terbuat pada Biosand Filter



REPORT #24603445

## Results

Sources that matched your submitted document.

● IDENTICAL ● CHANGED TEXT

INTERNET SOURCE		
1.	<b>0.18%</b> eprints.unram.ac.id <a href="https://eprints.unram.ac.id/39296/2/ARTIKEL%20FARAH%20NAJWASYAH%20%202..">https://eprints.unram.ac.id/39296/2/ARTIKEL%20FARAH%20NAJWASYAH%20%202..</a>	●
INTERNET SOURCE		
2.	<b>0.17%</b> e-journal.uajy.ac.id <a href="http://e-journal.uajy.ac.id/27530/4/160216565_Bab%203.pdf">http://e-journal.uajy.ac.id/27530/4/160216565_Bab%203.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
3.	<b>0.16%</b> www.slideshare.net <a href="https://www.slideshare.net/slideshow/analisa-frekuensi-danprobabilitascurah/1..">https://www.slideshare.net/slideshow/analisa-frekuensi-danprobabilitascurah/1..</a>	●
INTERNET SOURCE		
4.	<b>0.13%</b> jurnal.unitri.ac.id <a href="https://jurnal.unitri.ac.id/index.php/rekabuana/article/download/2807/pdf">https://jurnal.unitri.ac.id/index.php/rekabuana/article/download/2807/pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
5.	<b>0.11%</b> www.academia.edu <a href="https://www.academia.edu/113467509/SISTEM_PENGENDALIAN_MANAJEMEN_U..">https://www.academia.edu/113467509/SISTEM_PENGENDALIAN_MANAJEMEN_U..</a>	●
INTERNET SOURCE		
6.	<b>0.11%</b> p2p.kemkes.go.id <a href="https://p2p.kemkes.go.id/wp-content/uploads/2023/12/pmkn0.2th2023-signed...">https://p2p.kemkes.go.id/wp-content/uploads/2023/12/pmkn0.2th2023-signed...</a>	●
INTERNET SOURCE		
7.	<b>0.11%</b> repository.lppm.unila.ac.id <a href="http://repository.lppm.unila.ac.id/35474/1/FullBook%20Dasar-Dasar%20Keseha...">http://repository.lppm.unila.ac.id/35474/1/FullBook%20Dasar-Dasar%20Keseha...</a>	●
INTERNET SOURCE		
8.	<b>0.1%</b> www.academia.edu <a href="https://www.academia.edu/55811062/Penggunaan_asam_sulfat_sebagai_aktiv...">https://www.academia.edu/55811062/Penggunaan_asam_sulfat_sebagai_aktiv...</a>	●
INTERNET SOURCE		
9.	<b>0.06%</b> eprints.upj.ac.id <a href="https://eprints.upj.ac.id/id/eprint/6529/10/10.%20BAB%20III.pdf">https://eprints.upj.ac.id/id/eprint/6529/10/10.%20BAB%20III.pdf</a>	●



REPORT #24603445

INTERNET SOURCE

10. **0.05%** repository.umsida.ac.id

<http://repository.umsida.ac.id/bitstream/handle/123456789/11540/BAB%20V%20k...>



● QUOTES

INTERNET SOURCE

1. **0.19%** p2p.kemkes.go.id

<https://p2p.kemkes.go.id/wp-content/uploads/2023/12/pmkn0.2th2023-signed...>

INTERNET SOURCE

2. **0.03%** eprints.unram.ac.id

<https://eprints.unram.ac.id/39296/2/ARTIKEL%20FARAH%20NAJWASYAH%20%2..>