

Efektivitas Kombinasi *Slow Sand Filter* Media Geotekstil dan Karbon Aktif untuk Menyisihkan Nilai Permanganat dan Total Coliform

Sherly Galuh Puspita¹, Firra Rosariawari^{2*}, Okik Hendriyanto Cahyonugroho³, Aussie Amalia⁴

^{1,2,3,4}Teknik Lingkungan, Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Indonesia

Email: ¹sherlygaluh181@gmail.com, ^{2*}firra.tl@upnjatim.ac.id, ³okikhc@upnjatim.ac.id,

⁴aussieamalia.tl@upnjatim.ac.id

Abstract

The water of Kali Jagir, Surabaya, used as a raw water source, has been contaminated with high levels of BOD, COD, and permanganate. Therefore, this research seeks to address these issues by combining slow sand filtration with various media, including geotekstil and activated carbon. The study aims to optimize this combination in reducing parameters such as permanganate and total coliform in the raw water. The research methodology includes literature review, testing of raw water characteristics, preparation of slow sand filter reactors, preparation of filter media, and testing of media variations with an observation of organic and bacteriological pollutant removal efficiency. The results show that the combination of filter media involving sand, activated carbon, and geotekstil is effective in reducing organic pollutants. Geotekstil aids in the growth of the schmutzdecke layer and facilitates cleaning, while sand and activated carbon tend not to support such growth. Moreover, the optimum schmutzdecke growth time varies depending on the type of media used. These findings have significant implications for raw water treatment in industrial areas vulnerable to pollution, resulting in quality drinking water and addressing the frequent clogging issues in slow sand filters.

Keywords: *Slow Sand Filter, Geotextile, Activated Carbon, Water Pollution, Jagir River Surabaya.*

Abstrak

Air Kali Jagir Surabaya sebagai air baku telah tercemar BOD, COD, dan permanganat yang cukup tinggi. Maka dari itu, penelitian ini berupaya mengatasi permasalahan tersebut dengan mengkombinasikan *slow sand filter* dan media-media berbeda, termasuk geotekstil dan karbon aktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kombinasi ini dalam mengurangi parameter seperti nilai permanganat dan total *coliform* dalam air baku. Metode penelitian mencakup langkah-langkah studi literatur, uji karakteristik air baku, persiapan reaktor *slow sand filter*, persiapan media filter, dan uji variasi media dengan pengamatan efisiensi penyisihan zat organik dan bakteriologi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi media filter yang melibatkan pasir, karbon aktif, dan geotekstil efektif dalam mengurangi polutan organik. Geotekstil membantu pertumbuhan lapisan *schmutzdecke* dan memudahkan pembersihan, sementara pasir dan karbon aktif cenderung tidak mendukung pertumbuhan tersebut. Selain itu, waktu optimum pertumbuhan lapisan *schmutzdecke* bervariasi tergantung pada jenis media yang digunakan. Hasil ini memiliki implikasi penting dalam pengolahan air baku di daerah industri yang rentan terhadap pencemaran sehingga dihasilkan air minum berkualitas dan mengatasi permasalahan *clogging* yang sering terjadi pada *slow sand filter*.

Kata Kunci: *Slow Sand Filter, Geotekstil, Karbon Aktif, Pencemaran Air, Kali Jagir Surabaya.*

1. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan daerah industri di sekitar area sungai telah menyebabkan masalah serius terkait pencemaran dan kualitas air baku. Menurut Kementerian

Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), pencemaran sungai di Indonesia mencapai tingkat yang mengkhawatirkan, yaitu 70-75%, dengan limbah domestik sebagai polutan utama pada tahun 2014. Di tengah situasi ini, sekitar 2,7 juta penduduk Surabaya bergantung pada Kali Jagir Surabaya untuk kebutuhan sehari-hari mereka, termasuk mandi, mencuci, kakus, dan bahkan sebagai sumber air minum. Sayangnya, Kali Surabaya, yang berada di hilir sungai, memiliki kondisi air berwarna coklat kehitaman, mencerminkan tingginya beban polutan dan fluktuasi debit air yang berasal dari industri dan aktivitas domestik. Kondisi ini telah menyebabkan air di sungai ini menjadi keruh dan berbau. Identifikasi pencemaran air sungai oleh limbah domestik memperlihatkan warna abu-abu kehitaman, yang sering kali merupakan tanda air yang tercemar (Oktaviani, 2018).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa Kali Surabaya tercemar oleh polutan organik, seperti BOD dan COD, yang melebihi standar mutu air kelas II yang telah ditetapkan oleh peraturan pemerintah. Menurut Aufar 2019, kadar BOD pada Kali Surabaya berkisar antara 4 – 6,38 mg/L, sedangkan menurut Yudo, Said, 2019 nilai COD pada Kali Surabaya berkisar antara 8,19 – 46,5 mg/L. Tingginya kadar nilai permanganat dalam air baku adalah indikasi rendahnya oksigen terlarut, yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang berguna dalam penguraian limbah organik. Konsumsi air dengan beban organik tinggi dapat menimbulkan dampak serius pada kesehatan manusia dan menyebabkan infeksi saluran pencernaan (Zulfa *et al.*, 2020).

Oleh karena itu, dalam upaya untuk mengatasi permasalahan ini, pengolahan air menjadi semakin penting. Berdasarkan metodenya, pengolahan air limbah terdiri dari pengolahan secara fisika, kimia, dan biologi. Proses pengolahan secara fisika terdiri dari sedimentasi, filtrasi, dan flotasi (Indrayani & Rahmah, 2018). Salah satu alternatif yang sedang diteliti adalah penggunaan *slow sand filter* dengan berbagai media, termasuk geotekstil dan karbon aktif. *Slow sand filter* memiliki permeabilitas atau kecepatan media dalam melewati air yang 50 kali lebih lambat daripada *rapid sand filter* (Maryani *et al.*, 2014). Karbon aktif, dengan ukuran partikel yang lebih besar daripada pasir, dapat meningkatkan permeabilitas tanpa mengurangi efektivitas kinerja *slow sand filter* (Chrisafitri & Karnaningroem, 2012). Pengolahan secara fisika dan biologi melalui teknologi *slow sand filter* menjadi alternatif efektif dengan nilai ekonomis tinggi dikarenakan tidak perlu penambahan bahan kimia serta residu lumpur dapat dimanfaatkan kembali (Tanjung *et al.*, 2018). Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan kinerja sistem filtrasi dan mengatasi masalah *clogging* yang sering terjadi. Penambahan media geotekstil diharapkan dapat mendukung pertumbuhan mikroorganisme dan memudahkan proses pencucian saat terjadi *clogging* (Kusumawardani & Astuti, 2019).

Melalui pendekatan ini, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kombinasi *slow sand filter* dengan media-media berbeda untuk menyisihkan parameter nilai permanganat dan total *coliform*. Penelitian ini juga akan mengkaji pengaruh media geotekstil dalam menangani *clogging* dan membantu pertumbuhan lapisan *schmutzdecke*. Selain itu, waktu optimum pertumbuhan lapisan *schmutzdecke* juga akan dieksplorasi. Diharapkan akan ditemukan solusi yang efektif dalam mengolah air baku menjadi air minum dalam skala besar, dengan potensi manfaat yang luas, mulai dari ilmu pengetahuan dan teknologi, institusi pendidikan, masyarakat, hingga industri.

2. METODOLOGI PENELITIAN

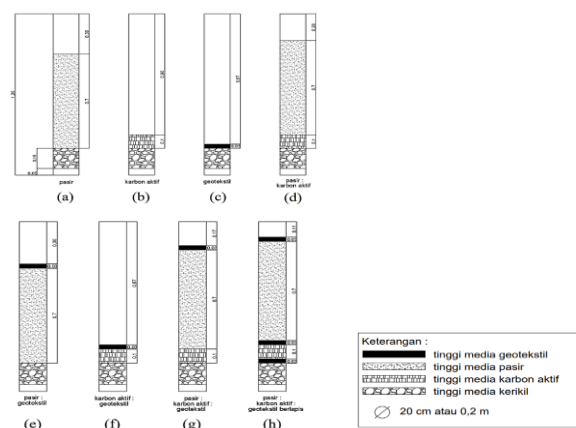
2.1 Penelitian Pendahuluan dan Persiapan

Penelitian ini dimulai dengan tahap studi literatur, yang mencakup pemahaman mendalam tentang topik penelitian, seperti kombinasi *slow sand filter* dengan adsorpsi,

penggunaan media geotekstil dan karbon aktif komersial, serta penurunan polutan organik seperti nilai permanganat dan total *coliform*. Setelah itu, dilakukan penelitian pendahuluan yang meliputi pengujian awal karakteristik air Sungai Jagir Surabaya serta uji ayakan pasir untuk mengetahui *effective size* dan *uniformity coefficient*. Pada tahap persiapan penelitian, proses pembuatan reaktor *downflow slow sand filter*. Reaktor ini akan menjadi pusat dari seluruh penelitian, tempat berlangsungnya proses filtrasi. Selain itu, persiapan media filter menjadi langkah krusial. Pasir silika dengan ukuran partikel yang memenuhi standar *effective size* (ES) sebesar 0,15-0,35 mm dipersiapkan melalui proses pengayakan. Pasir ini akan menjadi salah satu elemen kunci dalam proses filtrasi. Selanjutnya, karbon aktif komersial dalam bentuk granular (GAC) juga disiapkan. Karbon aktif ini berfungsi sebagai adsorben untuk mengikat dan menghilangkan sejumlah polutan organik dari air baku. Sebagai pendukung, media penyangga yang terdiri dari kerikil dengan diameter 10 cm dan diameter 1 – 3 cm juga dipersiapkan. Media penyangga ini membantu menjaga struktur media filter agar tetap stabil dan memberikan jalur aliran yang baik untuk air. Terakhir, lapisan geotekstil dengan bobot 500 gram per meter persegi (GSM) disiapkan. Geotekstil digunakan sebagai pelindung dan pendukung media filter lainnya, serta membantu dalam proses filtrasi dan pemisahan polutan.

2.2 Variabel

Variabel penelitian mencakup beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan. Pertama, terdapat parameter penelitian utama yang menjadi fokus analisis, yaitu nilai permanganat dan total *coliform*. Selanjutnya, dalam penelitian utama, terdapat variabel tetap yang merinci aspek-aspek konstan dalam eksperimen, yaitu arah aliran *downflow*, aliran *continuous*, dimensi bak *circular* (ϕ 6 inch dan T = 15 cm), waktu sampling selama 7 hari, dan laju filtrasi sebesar 0,1 m³/m²/jam. Selain itu, variabel bebas (peubah yang dikerjakan) juga menjadi bagian integral dalam penelitian ini. Variabel bebas ini melibatkan berbagai variasi media filter yang digunakan, yaitu pasir dengan ketinggian 70 cm, karbon aktif dengan ketinggian 10 cm, media geotekstil dengan ketinggian 3 cm, serta berbagai kombinasi media seperti pasir dan karbon aktif, pasir dan geotekstil, karbon aktif dan geotekstil, hingga kombinasi kompleks yang melibatkan pasir, karbon aktif, dan geotekstil dengan ketinggian yang berbeda. Variasi kombinasi media dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Variasi Media (a) media pasir, (b) media karbon aktif komersial, (c) media geotekstil berlapis, (d) pasir : karbon aktif komersial, (e) pasir : media geotekstil, (f) karbon aktif komersial : media geotekstil, (g) pasir : karbon aktif komersial : media geotekstil, (h) pasir : karbon aktif komersial : media geotekstil berlapis (Sumber: Data Peneliti, 2023)

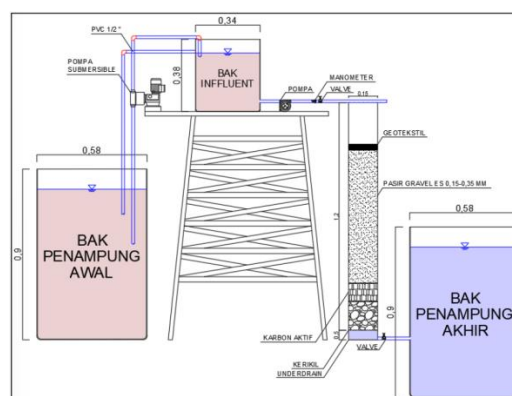
Selain itu, fluktuatif influen juga menjadi variabel penelitian yang penting. Pengambilan sampel air baku dilakukan setiap hari, memperhitungkan fluktuasi yang

dinamis dalam parameter air baku yang berubah dari hari ke hari. Hal ini diperlukan untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme dan menghindari kondisi anaerobik pada air permukaan. Selama penelitian berlangsung selama 8 hari, pengujian parameter akan dilakukan dua kali, baik pada influen maupun efluen reaktor. Semua variabel ini akan diuji dan dianalisis untuk memahami dampak kombinasi *slow sand filter* dengan media geotekstil dan karbon aktif dalam menyisihkan nilai permanganat dan total *coliform* pada air baku.

2.3 Penelitian Utama

Pada tahap penelitian utama, proses pengombinasian *slow sand filter* dengan media geotekstil dan karbon aktif sebagai adsorben dilaksanakan dalam beberapa langkah. Pertama, sampel yang berasal dari bak penampung diuji sebagai hasil influen. Selanjutnya, dilakukan peletakan bak penampung inlet di atas, sementara reaktor ditempatkan di bawah bak penampung. Terdapat dua bak penampung, yakni bak penampung awal yang berfungsi untuk menampung air dan bak penampung kedua yang terletak di atas untuk menstabilkan debit air akibat penambahan air inlet. Adapun pipa *overflow* yang mengalirkan air dari bak penampung kedua kembali menuju bak penampung pertama untuk mengatasi potensi luber.

Kemudian, sampel dialirkan secara gravitasi dari bak penampung menuju bak *slow sand filter* dengan memperhatikan volume dan kecepatan aliran sesuai dengan perencanaan. Pengaliran air dari bak penampung pertama ke bak penampung kedua menggunakan pompa *submersible* yang beroperasi selama 24 jam dengan daya 2000 L/min. Dari bak penampung kedua, air dialirkan secara gravitasi ke dalam reaktor menggunakan pipa PVC berdiameter 5/8 inch. Sebelum air masuk ke reaktor, bukaan valve harus sesuai dengan perencanaan kecepatan filtrasi dalam penelitian. Sampel kemudian melewati proses filtrasi melalui pasir silika dan geotekstil, serta proses adsorpsi dengan karbon aktif. Air yang telah mengalami proses ini kemudian mengalir keluar melalui pipa menuju bak efluen. Bukaan valve outlet reaktor harus sama dengan bukaan valve inlet. Untuk keperluan analisis, sampel uji efluen diambil dari valve dan selanjutnya diuji di laboratorium. Proses penelitian ini akan berlangsung selama delapan hari dan penelitian akan dilakukan berulang pada setiap reaktor dari hari pertama hingga hari kedelapan.



Gambar 2. Desain Rangkaian Reaktor
(Sumber: Data Peneliti, 2023)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Penelitian

Air baku yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Sungai Jagir Surabaya. Sebelum diolah, air baku diuji karakteristiknya terlebih dahulu. Hasil uji awal

karakteristik air baku tertera dalam Tabel 1. Baku mutu air mengacu pada Permenkes RI No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus per Aqua dan Pemandian Umum.

Tabel 1. Karakteristik Awal Air Sungai Jagir Surabaya

Parameter	Hasil Uji	Baku Mutu	Satuan
Nilai Permanganat	12,6	10	mg/L
Total <i>Coliform</i>	$5,4 \times 10^7$	50	CFU/100 mL

3.2. Pembahasan

3.2.1 Optimasi Persentase Removal Nilai Permanganat dan Total *Coliform*

Tabel 2. Persen Penyisihan Variasi Media *Slow sand filter*

Variasi Media	Rata-Rata Persen Penyisihan Nilai Permanganat	Rata-Rata Persen Penyisihan Total <i>Coliform</i>
Pasir + karbon aktif + geotekstil	66,64%	47,34%
Pasir + karbon aktif + geotekstil lapis	59,18%	50,17%
Karbon aktif + pasir	56,13%	41,30%
Karbon aktif + geotekstil	48,05%	10,87%
Pasir + geotekstil	44,60%	32,21%
Pasir	27,98%	24,23%
Karbon aktif	14,46%	8,85%
Geotekstil	7,90%	4,07%

Hasil variasi media yang paling efektif dalam menyisihkan permanganat dan total *coliform* disajikan pada Tabel 2. Terlihat bahwa kombinasi media yang paling efektif dalam mengurangi zat organik adalah gabungan dari pasir, karbon aktif, dan geotekstil, yang berhasil mencapai penurunan sebesar 66,64%. sementara itu, kombinasi multimedia pasir, karbon aktif, dan geotekstil berlapis merupakan varian yang paling efisien dalam mengurangi total *coliform* hingga 50,17%. Hasil penelitian ini menunjukkan perbandingan yang signifikan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kusumawardani & Astuti (2019) yang menegaskan bahwa penerapan saringan pasir lambat dengan penambahan media geotekstil sebesar 4 cm, ketebalan media pasir 60 cm, dan kerikil 10 cm, dengan sistem aliran kontinu dan *flow rate* filtrasi sebesar 0,3 m³/m²/jam, berhasil mencapai efisiensi penyisihan kekeruhan sebesar 94,27%, COD sebesar 92,85%, dan total coliform sebesar 99,40%. Sementara itu, hasil penelitian saat ini menunjukkan kemajuan yang signifikan dengan menggunakan geotekstil dalam media filter *slow sand filter*. Ditemukan bahwa penggunaan geotekstil tidak hanya membantu mengatasi masalah *clogging*, tetapi juga berperan dalam pertumbuhan lapisan biofilm. Data penelitian mendukung temuan bahwa kombinasi *slow sand filter* dengan geotekstil memberikan hasil terbaik dalam menyisihkan zat organik dan bakteriologi. Bahkan, penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *single* media geotekstil saja mampu mengurangi nilai permanganat sebesar 7,90% dan total coliform sebesar 4,07%. Hal ini mengindikasikan bahwa penerapan geotekstil dalam media filter memiliki potensi yang signifikan untuk meningkatkan efisiensi penyaringan dan menangani permasalahan kualitas air dengan lebih efektif dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

3.2.2 Pengaruh Media Geotekstil dalam Menangani *Clogging* dan Membantu Pertumbuhan Lapisan *Schmutzdecke*

Data penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *slow sand filter downflow* selama 8 hari dengan *single* media geotekstil mengurangi nilai Permanganat sebesar 7,90% dan Total *Coliform* sebesar 4,07%,. Angka tersebut cukup besar untuk *single* media yang tidak menggunakan bahan kimia tambahan. Kombinasi multi media, terutama dengan pasir, karbon aktif, dan geotekstil, menunjukkan efisiensi yang lebih tinggi, dengan pengurangan Nilai Permanganat mencapai 66,64% dan total *coliform* mencapai 47,34%.

Kombinasi media dengan lapisan geotekstil dapat mudah diamati secara fisik karena geotekstil memfasilitasi pertumbuhan lapisan *schmutzdecke* dengan baik, terutama pada bagian teratas. Lapisan *schmutzdecke* terlihat berwarna abu-abu kecoklatan dan bertekstur licin seperti lendir. Pada *single* media berupa pasir, tidak terlihat pertumbuhan biofilm karena pertumbuhannya mengisi rongga udara pada lapisan pasir. Sementara itu, pada *single* media karbon aktif, biofilm tumbuh dalam bentuk penumpukan seperti partikel pengotor dan seringkali terbawa keluar menuju filter efluen. Pertumbuhan biomassa pada lapisan *schmutzdecke* penting dalam menghilangkan polutan, terutama patogen dan virus dan efektivitasnya bergantung pada bahan makanan.

Efisiensi penghilangan Nilai Permanganat dan Total *Coliform* dapat bervariasi karena fluktuasi karakteristik air baku harian. Faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan *schmutzdecke* adalah oksigen, pH, suhu, dan sinar matahari (Ayuningtyas *et al.*, 2013). Mikroorganisme yang tumbuh dalam *schmutzdecke* dapat berperan dalam proses penghilangan zat organik. Namun, efisiensi penghilangan dapat menurun seiring dengan akumulasi polutan yang mengakibatkan penyumbatan (jenis limbah influen) (Nimatuzahroh *et al.*, 2022). Pada lapisan geotekstil, terjadi proses fisika yang menyebabkan partikel tertahan dan membentuk matriks partikulat yang mengikat bersama untuk membentuk ekstraseluler. Lapisan *schmutzdecke*, yang terbawa dari air baku, terdiri dari protozoa, bakteri, dan mikroorganisme yang menggunakan bahan organik dalam air baku. Ganggang dalam air baku menghasilkan zat berbahaya untuk bakteri, yang mengurangi jumlah *coliform* dan patogen. Efisiensi removal yang konsisten terjadi karena pertumbuhan lapisan biofilm terus berlanjut pada media filter (L. Huisman, 1974). Mikroorganisme dalam biofilm mengubah partikulat dengan mengonsumsi pengotor sebagai sumber energi, dan lapisan biofilm yang jenuh akan menyebabkan *clogging* pada reaktor (Irawati *et al.*, 2023).

Dapat disimpulkan bahwa geotekstil efektif dalam pertumbuhan *schmutzdecke* dan memudahkan pembersihan dengan mengikisnya secara periodik. Pada akhirnya, geotekstil menjadi media yang efektif untuk pertumbuhan *schmutzdecke*, sementara pasir dan karbon aktif cenderung tidak mendukung pertumbuhan *schmutzdecke* dengan baik. Pada media karbon aktif, lapisan *schmutzdecke* terlihat seperti *residual* yang menumpuk dan tidak membentuk matriks biofilm. Sistem aliran *downflow* dan kontinu memperkuat lapisan *schmutzdecke* dan meningkatkan risiko *clogging*. Akumulasi zat organik di media filter yang sudah jenuh menyebabkan partikel terbawa bersama efluen, mengurangi efisiensi removal. Pertumbuhan lapisan *schmutzdecke* terbagi menjadi empat fase: fase 1 (*lag*) dengan pertumbuhan terbatas, fase 2 (logaritmik) dengan pertumbuhan seimbang, fase 3 (stasioner) dengan penurunan populasi sel yang hidup, dan fase 4 (kematian) dengan peningkatan laju kematian mikroorganisme (Y. Trihadiningrum, 2012).

Pada variasi media, penurunan efisiensi removal Nilai Permanganat dan Total *Coliform* mencapai fase 4 (kematian) pada hari ke-8, ditandai dengan perubahan fisik lapisan *schmutzdecke* menjadi coklat kehitaman dan tinggi air yang lebih tinggi dibandingkan hari sebelumnya. Keberadaan geotekstil memudahkan pembersihan dengan cara *scraping* dan *rinsing*, sementara media pasir memerlukan pencucian dan

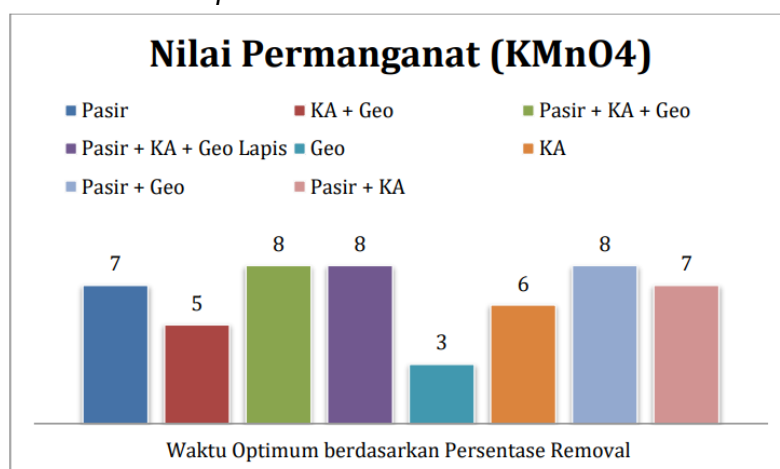
penggosokan berulang karena partikel yang sulit dibersihkan hanya dengan *rinsing*. Pembersihan media karbon aktif melibatkan aktivasi jika digunakan kembali. Geotekstil pada lapisan teratas membantu membersihkan media dengan efisien, karena pasir silika dan karbon aktif di bawahnya tidak terlalu terkontaminasi oleh pelekatan biologis.

3.2.3 Waktu Optimum Pertumbuhan Lapisan *Schmutzdecke*

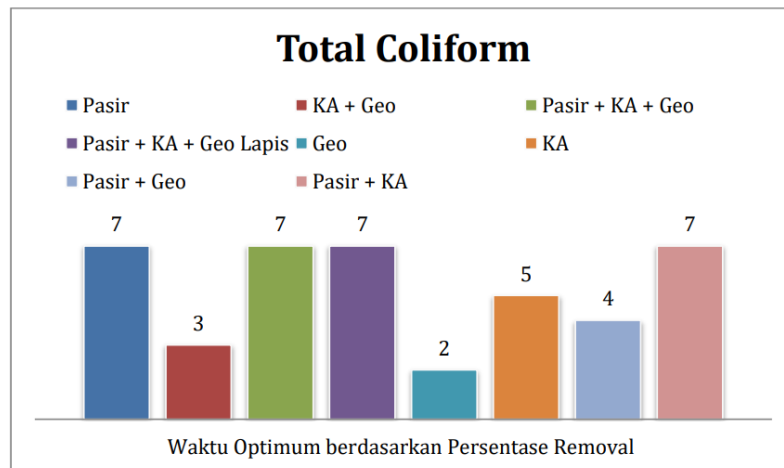
Penelitian dilakukan selama 8 hari dengan sistem *down flow* dan aliran kontinu. Terdapat variasi media dengan waktu sampling terbaik yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan waktu optimum terbaik adalah pada hari ke-7 untuk variasi media pasir; media pasir dan karbon aktif; media pasir, karbon aktif dan geotekstil; serta media pasir, karbon aktif dan geotekstil dengan persentase removal tertinggi pada hari tersebut. Pada variasi *single* media pasir, pertumbuhan biofilm tidak terlihat fisik hingga hari ke-4, dan penurunan removal pada hari ke-8 terjadi disebabkan oleh *clogging*. Variasi *single* media karbon aktif menunjukkan pertumbuhan biofilm pada hari ke-2, dengan efisiensi penyisihan Nilai Permanganat terbaik pada hari ke-6, tetapi Total *Coliform* mengalami penurunan. Pada variasi *single* media geotekstil, lapisan teratas terlihat berwarna coklat dan pertumbuhan biofilm terjadi pada hari ke-3.

Variasi *dual* media pasir dan karbon aktif tidak menunjukkan pertumbuhan biofilm secara fisik, tetapi buih terlihat pada hari ke-7. Variasi *dual* media pasir dan geotekstil menunjukkan pertumbuhan geotekstil yang tidak merata, dengan efisiensi removal terbaik untuk Nilai Permanganat pada hari ke-8. Variasi *dual* media karbon aktif dan geotekstil mengalami pertumbuhan biofilm hingga hari ke-8, tetapi efisiensi removal Nilai Permanganat menurun pada hari ke-6. Variasi multi media pasir, karbon aktif, dan geotekstil menunjukkan pertumbuhan biofilm merata pada lapisan teratas, dengan efisiensi removal terbaik untuk Nilai Permanganat pada hari ke-8. Variasi multi media pasir, karbon aktif, dan geotekstil berlapis mengalami kebocoran pada awal percobaan, dan pertumbuhan biofilm tidak stabil. Efisiensi removal terbaik untuk Nilai Permanganat adalah pada hari ke-8, sedangkan Total *Coliform* memiliki efisiensi terbaik pada hari ke-7.

Penurunan zat organik dan bakteriologi disebabkan oleh proses fisis dan biologis dari media. Banyaknya sel yang mati dari lapisan biologis dapat menyebabkan kebuntuan atau *clogging*. Untuk meningkatkan efisiensi penyisihan Total *Coliform*, perlu penambahan desinfeksi atau peninjauan penelitian cara untuk mengkondisikan nutrisi pada reaktor terpenuhi dengan baik, sehingga tanpa penambahan desinfeksi efluen telah terbebas 100% dari Total *Coliform*.



Tabel 3. Waktu Optimum Variasi Media Berdasarkan Penyisihan Tertinggi Parameter Nilai Permanganat



Tabel 4. Waktu Optimum Variasi Media Berdasarkan Penyisihan Tertinggi Parameter Total *Coliform*

4. KESIMPULAN

Penelitian ini mengidentifikasi bahwa Kali Surabaya terkontaminasi oleh polutan organik seperti BOD dan COD yang melampaui standar kualitas air. Solusi yang diselidiki adalah penggunaan filter pasir lambat dengan media yang berbeda, termasuk geotekstil dan karbon aktif. Filter pasir lambat memiliki permeabilitas yang lambat dan karbon aktif dapat meningkatkan permeabilitas tanpa mengurangi kinerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi media filter yang melibatkan pasir, karbon aktif, dan geotekstil adalah yang paling efektif dalam mengurangi nilai permanganat dan total *coliform* pada air baku. Geotekstil membantu pertumbuhan lapisan *schmutzdecke* dan memudahkan proses pembersihan, sementara pasir dan karbon aktif cenderung tidak mendukung pertumbuhan lapisan *schmutzdecke* dengan baik. Penggunaan geotekstil juga mempengaruhi pertumbuhan lapisan *schmutzdecke*, yang memiliki empat fase, dengan fase kematian terjadi pada hari ke-8. Waktu optimum pertumbuhan lapisan *schmutzdecke* bervariasi tergantung pada media yang digunakan.

5. REFERENCES

- Aufar, D. V. G. (2019). Analisis Kualitas Air Sungai Pada Aliran Sungai Kali Surabaya. *Swara Bhumi*, 5(8), 1–6.
- Ayuningtyas, A. A., Fitriani, N. N., & Hadi, W. W. (2013). Pengaruh ketebalan media geotekstil dan arah aliran *slow sand filter* rangkaian seri untuk menyisihkan P Total dan N Total. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 2(1).
- Chrisafitri, R. A., & Karnaningroem, N. (2012). Pengolahan Air Limbah Pencucian Mobil Dengan Reaktor Saringan Pasir Lambat Dan Karbon Aktif. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XVI*, 1–8. %0Asaringan pasir lambat, COD, surfaktan, adsorpsi, karbon aktif.
- Indrayani, L., & Rahmah, N. (2018). Nilai Parameter Kadar Pencemar Sebagai Penentu Tingkat Efektivitas Tahapan Pengolahan Limbah Cair Industri Batik. *Jurnal Rekayasa Proses*, 12(1), 41. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.35754>
- Irawati, U., Maulana, N., & Manurung, T. W. (2023). Penggunaan *slow sand filter* dalam pengolahan air gambut untuk menurunkan turbiditas dan kandungan senyawa organik. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 7(2), 135–147. <https://doi.org/10.36813/jplb.7.2.135-14>
- Kusumawardani, Y., & Astuti, W. (2019). Efektivitas Penambahan Media Geotekstil. *Jurnal Teknosains*, 8(2), 114–121.

- L. Huisman, W. E. W. (1974). Slow sand filtration. *Encyclopedia of Microfluidics and Nanofluidics*, 122. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5491-5_200157.
- Maryani, D., Masduqi, A., Lingkungan, J. T., & Teknik, F. (2014). Pengaruh Ketebalan Media dan Rate filtrasi pada Sand Filter dalam Menurunkan Kekeruhan dan Total *Coliform*. 3(2), 1–6.
- Nimatuzahroh, Fitriani, N., Nuswantara, E. N., Affandi, M., Prasongsuk, S., & Kurniawan, S. B. (2022). Isolation and Characterization of *Schmutzdecke* in *Slow sand filter* for Treating Domestic Wastewater. *Journal of Ecological Engineering*, 23(11), 76–88. <https://doi.org/10.12911/22998993/153460>.
- Oktaviani, N. (2018). Identifikasi Bakteri Pada Air Limbah Pencucian Pembuatan Batik di Pekalongan Selatan. *Pena: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 32(2), 59-67.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air.
- Tanjung, R. H. R., Maury, H. K., & Suwito, S. (2018). Pemantauan Kualitas Air Sungai Digoel, Distrik Jair, Kabupaten Boven Digoel, Papua. *Jurnal Biologi Papua*, 8(1), 38–47. <https://doi.org/10.31957/jbp.43>.
- Trihadiningrum, Y. (2012). *Mikrobiologi Lingkungan* (ITSPress (ed.)).
- Yudo, S., & Said, N. I. (2019). Kondisi Kualitas Air Sungai Surabaya Studi Kasus: Peningkatan Kualitas Air Baku PDAM Surabaya. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 20(1), 19. <https://doi.org/10.29122/jtl.v20i1.2547>
- Zulfa, A., Rahman, A., Priyatna, F. P., Faadhil, M. R., & Wibowo⁵, R. W. (2020). Uji Kualitas Air Sungai Citarik Pada Kawasan Konservasi Taman Buru Masigit Kareumbi, Jawa Barat Dilihat Dari Aspek Kimia Dan Biologi. *Jurnal Ilmu Dan Budaya*, 41 (72), 8555–8572.