

Penambahan Media Karbon Aktif dan Geotekstil pada *Sand Filter*

Anshah Silmi Afifah, Gita Prajati, I Wayan Koko Suryawan

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Universal
Kompleks Maha Vihara Duta Maitreya, Batam, Indonesia
anshah.silmi@uvers.ac.id

Abstrak

Limbah cair aktivitas manusia yang tidak dilakukan pengelolaan dengan baik dapat berdampak buruk terhadap lingkungan, seperti terjadinya penurunan kualitas perairan. *Sand filter* merupakan salah satu teknologi pengolahan air yang memanfaatkan gaya gravitasi, sehingga biaya operasional yang dikeluarkan relatif murah. Proses pengolahan yang terjadi adalah gabungan dari proses fisik, biologis, dan biokimia, sehingga efektifitas *removal* polutan menjadi cukup besar. *Rate* filtrasi yang lambat menjadi kelemahan *sand filter*, sehingga perlu adanya inovasi pada media *sand filter* agar *rate* filtrasi dapat ditingkatkan namun kualitas hasil tetap optimum. Tujuan penelitian yakni mendapatkan waktu optimum filtrasi pada empat jenis media berbeda. Penelitian dilakukan dengan membuat empat unit reaktor sistem *batch*. Reaktor dibuat dari bahan PVC dengan ketebalan media filter 0,7 m dan ketebalan media penyangga 0,15 m. Reaktor 1 (media pasir) didapatkan waktu optimum pada menit ke-15 dengan persentase penurunan kekeruhan sebesar 80%. Reaktor 2 (media pasir dan karbon aktif) didapatkan waktu optimum pada menit ke-20 dengan prosentase penurunan kekeruhan sebesar 69%. Reaktor 3 (media pasir dan geotekstil) didapatkan waktu optimum pada menit ke-30 dengan prosentase penurunan kekeruhan sebesar 71%. Reaktor 4 (media pasir, karbon aktif, dan geotekstil) didapatkan waktu optimum pada menit ke-30 dengan prosentase penurunan kekeruhan sebesar 73%.

Kata kunci: *slow sand filter*, pengolahan air, karbon aktif, geotekstil

Abstract

Wastewater from human activities that are not properly managed can have a negative impact on the environment, such as a decrease in water quality. *Sand filter* is a water treatment technology that utilizes gravity, so the operational costs incurred are relatively cheap. The treatment process that occurs is a combination of physical, biological, and biochemical processes, so that the effectiveness of pollutant removal becomes quite large. The slow filtration rate is a weakness of the *sand filter*, so there is a need for innovation in the *sand filter* media so that the filtration rate can be increased but the quality of the results remains optimum. The research objective is to obtain the optimum *sand filter* time with different types of media, in reducing turbidity levels in each reactor. Laboratory scale research is carried out by making four batch system reactor units. The reactor is made of PVC material with a filter media thickness of 0.7 m and a buffer media thickness of 0.15 m. Reactor 1 (sand media) obtained the optimum time in the 15th minute with a percentage of turbidity reduction of 80%. Reactor 2 (sand media and activated carbon) obtained the optimum time in the 20th minute with a turbidity reduction of 69%. Reactor 3 (sand media and geotextiles) was obtained the optimum time in the 30th minute with a percentage of turbidity reduction of 71%. Reactor 4 (sand media, activated carbon, and geotextile) obtained the optimum time in the 30th minute with a percentage of turbidity reduction of 73%.

Keywords: *slow sand filter*, water treatment, activated carbon, geotextile

I. PENDAHULUAN

Air limbah yang langsung dibuang ke saluran tanpa diolah terlebih dahulu menyebabkan kualitas badan air penerima menurun. Pengolahan air dapat dilakukan melalui proses fisik seperti teknologi ozon [1], [2] dan teknologi membran [3], [4].

Namun pengolahan air dengan teknologi ini membutuhkan biaya yang mahal karena harus menggunakan listrik. Pengolahan air juga dapat dilakukan melalui proses biologi seperti teknologi lumpur aktif yang memanfaatkan mikroorganisme tidak terlekat untuk mendegradasi polutan dalam air [5]. Teknologi pengolahan dengan lumpur aktif

cukup murah. Namun tingkat padatan yang tersuspensi pada *effluent* masih cukup tinggi ± 1000 mg/L [6], sehingga perlu teknologi lanjutan seperti penggunaan *slow sand filter*.

Sand filter dalam Standar Nasional Indonesia [7], merupakan bak saringan yang menggunakan pasir sebagai media filter dengan ukuran butiran yang sangat kecil namun mempunyai kandungan kuarsa yang tinggi. *Sand filter* merupakan teknologi penggabungan antara pengolahan fisik, biokimia, dan biologis [8]. *Sand filter* sangat efektif untuk menurunkan kekeruhan. Semakin tebal media filtrasi, maka efisiensi *removal* semakin tinggi. Variasi tebal media pasir 100 cm mampu menurunkan kadar kekeruhan hingga 98,27% [9].

Sand filter memiliki beberapa kelemahan terhadap media pasir yang digunakan. Media pasir perlu adanya inovasi, seperti pengkombinasian media tersebut dengan jenis media lain. Media filter seperti pasir, cepat mengalami *clogging* atau penyumbatan oleh partikel-partikel polutan yang tersaring. Partikel-partikel polutan tersebut akan menutupi pori-pori media, sehingga media dalam filter harus dilakukan *backwash* agar hasil filtrasi tetap baik [10]. Melalui penambahan geotekstil sebagai media filter, pembersihan cukup dilakukan dengan mencuci media geotekstil dan menggunakannya kembali setelah dibersihkan [11].

Permeabilitas atau kecepatan media pasir dalam melewati air yang diolah juga sangat lambat. Kecepatan penyaringan pada *sand filter* dapat dikategorikan ke dalam kecepatan penyaringan lambat (*slow sand filter*) dan kecepatan penyaringan cepat (*rapid sand filter*). *Rate* filtrasi *slow sand filter* berkisar antara $0,1 - 0,4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$ atau 20 – 50 kali lebih lambat dari saringan pasir cepat [9]. *Rate* filtrasi *rapid sand filter* berkisar antara $4,17 - 19,79 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$ [12]. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan mengkombinasikan media utama *sand filter* dengan media lain seperti karbon aktif. Penambahan media karbon aktif dengan ukuran yang lebih besar dari pasir dapat meningkatkan permeabilitas air olahan, namun tidak menurunkan efektifitas kinerja pada *sand filter* [13].

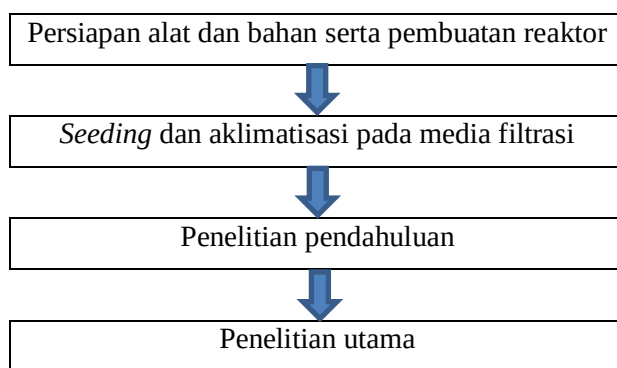
Penelitian dilakukan dengan memvariasikan media *sand filter* melalui penambahan geotekstil dan karbon aktif. Variasi penambahan media ini dilakukan untuk mendapatkan *rate* filtrasi terbaik dan waktu optimum *sand filter* dalam menghilangkan kekeruhan.

II. METODE PENELITIAN

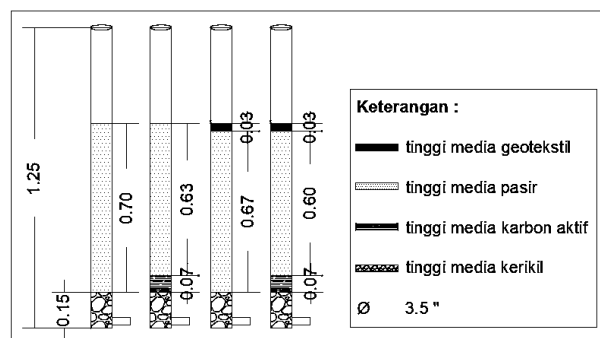
Penelitian dilakukan dengan tahapan – tahapan yang disajikan dalam Gambar 1. Persiapan alat dan bahan dalam pembuatan reaktor *sand filter*

diantaranya: pipa PVC (*Polyvinyl Chloride*), *valve*, alat potong pipa, alat ukur pipa, lem pipa, kasa kawat, beberapa media (pasir, karbon aktif, geotekstil, dan kerikil).

Reaktor *sand filter* dibuat dari bahan PVC berbentuk silinder dilengkapi dengan *valve* di bagian bawah. Diameter reaktor sebesar 3,5 inch dengan tinggi total masing-masing reaktor sebesar 1,25 meter. Reaktor didesain dengan empat variasi media yang berbeda (Gambar 2). Masing-masing reaktor dilengkapi media penyangga kerikil berdiameter 1 cm dengan ketebalan 0,15 meter. Media filter dicuci terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam reaktor, supaya gangguan dari faktor luar dapat diminimalisir. Ketebalan total media utama filtrasi di semua reaktor sebesar 0,7 meter dengan variasi jenis media di masing – masing reaktor dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Bagan alir penelitian



Gambar 2. Desain reaktor

Tabel 1. Variasi media pada reaktor

Variasi	Media	Tebal (m)
Reaktor 1	Pasir	0,7
Reaktor 2	Karbon aktif Pasir	0,07 0,63
Reaktor 3	Pasir Geotekstil	0,67 0,03
Reaktor 4	Karbon aktif Pasir Geotekstil	0,07 0,6 0,03

Pembuatan reaktor didesain dengan *batch system* dan dioperasikan secara *downflow*, dimana *inlet* reaktor di atas dan *outlet* di bawah. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hendrayani, dkk. [14], menunjukkan bahwa variasi aliran dari atas ke bawah lebih baik dari pada variasi aliran dari bawah ke atas. Hasil ini diperkirakan karena aliran dari bawah ke atas mengalami penurunan kualitas hasil olahan karena unit *sand filter* didesain secara terbuka yang menyebabkan air hasil olahan terkontak dengan lingkungan sekitar.

Seeding dan aklimatisasi dilakukan selama 5 (hari) dengan menambahkan mikroorganisme dan air ke dalam reaktor dengan perbandingan sebesar 1 : 1000. Glukosa yang ditambahkan ke dalam masing-masing reaktor sebesar 800 mg/L. Reaktor dioperasikan dengan *batch system*, dimana tidak ada penambahan atau pengurangan volume air limbah saat penelitian berjalan.

Penelitian pendahuluan diawali dengan pengukuran *rate* filtrasi pada media reaktor dengan cara melewati air kran ke dalam media reaktor. Air kran yang dilewatkan ke media reaktor selain digunakan untuk mengukur *rate* filtrasi juga digunakan untuk mencuci media, sehingga saat penelitian utama faktor luar yang mempengaruhi kualitas *effluent* dapat diminimalisir.

Penelitian utama diawali dengan membuat air limbah artifisial menggunakan senyawa sodium-EDTA ($\text{Na-C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$) yang dilarutkan ke dalam air kran dengan perbandingan 800 mg Na-EDTA/Liter air. Pada penelitian utama, air limbah artifisial dilewatkan pada media filter selama 50 menit dan diuji parameter fisik (kadar kekeruhan) *effluent* dari *valve* setiap 5 menit.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Seeding dan Aklimatisasi

Tujuan dari *seeding* dan aklimatisasi adalah melakukan pembentukan dan adaptasi lapisan mikroorganisme pada media filter. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Debby, dkk. [15], untuk membentuk lapisan biofilm pada media filter, maka media tersebut harus dialiri air selama $\pm 3 - 4$ hari. *Seeding* dan aklimatisasi dalam penelitian ini dihentikan pada hari ke-5, dimana pada hari tersebut lapisan biofilm mulai terbentuk pada permukaan media. Hal ini menandakan bahwa mikroorganisme dapat tumbuh dan beradaptasi pada media filter.

B. Rate Filtrasi

Pengukuran *rate* filtrasi dilakukan dengan cara melewati air kran ke dalam media reaktor. Pengukuran *rate* filtrasi didapatkan dari nilai debit

dan luas permukaan penampang reaktor, seperti dalam (1).

$$V = Q/A \quad (1)$$

dimana:

$V = \text{rate filtrasi (m}^3/\text{m}^2.\text{jam)}$

$Q = \text{debit yang dihasilkan (m}^3/\text{jam)}$

$A = \text{luas penampang reaktor (m}^2)$

Luas penampang pada semua reaktor sama yaitu $0,0055 \text{ m}^2$. Luas penampang diperoleh dari rumus lingkaran $A = 1/4\pi D^2$, dengan diameter (D) 3,5 inch atau 0,889 m. Debit terkecil yang diperoleh yakni debit pada reaktor 1, dimana debit tersebut menghasilkan *rate* filtrasi yang paling kecil pula. *Rate* filtrasi pada masing-masing reaktor dapat dilihat pada Tabel 2. *Rate* filtrasi kecil menyebabkan waktu kontak yang lebih lama antara air baku yang diolah dengan media filtrasi. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Said [16], menunjukkan semakin lama waktu kontak air baku dengan media filtrasi menyebabkan efisiensi *removal* terhadap polutan semakin besar.

C. Analisis Data

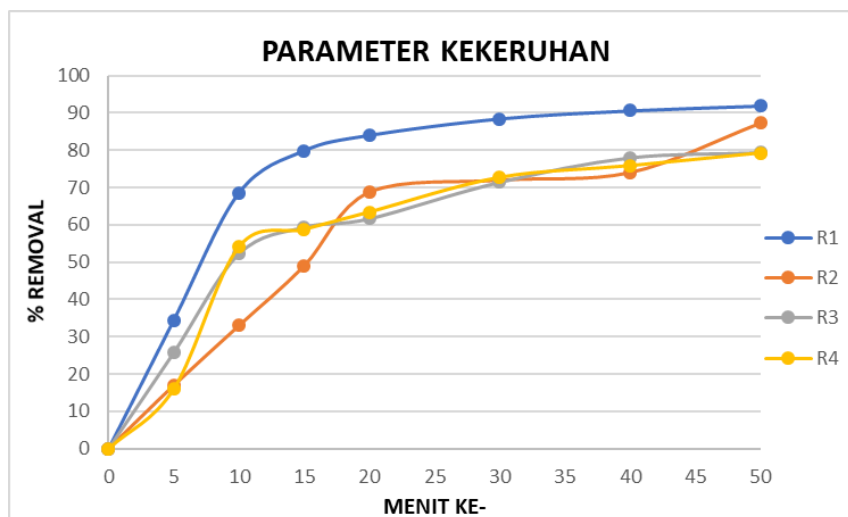
Hasil uji parameter kekeruhan pada masing-masing reaktor disajikan pada Tabel 3. *Removal* kekeruhan terbaik yaitu pada variasi reaktor 1 yang mencapai 92%. Reaktor 1 merupakan reaktor yang hanya diisi dengan pasir sebagai media utamanya. Grafik *removal* kekeruhan dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 2. *Rate* filtrasi

Variasi	Media	Debit (m ³ .jam)	Rate filtrasi (m ³ /m ² .jam)
Reaktor 1	Pasir	0,0232	4,18
Reaktor 2	Karbon aktif Pasir	0,0538	9,72
Reaktor 3	Pasir Geotekstil	0,0533	9,62
Reaktor 4	Karbon aktif Pasir Geotekstil	0,0573	10,34

Tabel 3. Hasil uji parameter kekeruhan

Menit ke-	Konsentrasi kekeruhan (NTU)			
	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3	Reaktor 4
0	25,8	20,6	13,2	18,1
5	16,9	17,1	9,8	15,2
10	8,1	13,8	6,3	8,3
15	5,2	10,5	5,4	7,5
20	4,1	6,4	5,1	6,6
30	3,0	5,8	3,8	4,9
40	2,4	5,3	2,9	4,4
50	2,1	2,6	2,7	3,8

Gambar 3. Persentase *removal* kekeruhan

Dalam pembahasan sebelumnya (Tabel 2), pengukuran *rate* filtrasi reaktor 1 memiliki nilai yang paling kecil dibanding reaktor lain. Hal ini menandakan bahwa semakin kecil *rate* filtrasi, maka semakin tinggi pula efisiensi removal kekeruhan air yang diolah. Kondisi ini didukung dari penelitian yang dilakukan oleh Abuzar dan Pramono [17], yang menjelaskan bahwa pada variasi *loading rate* 4 m³/m².jam; 5 m³/m².jam; 6 m³/m².jam; 7 m³/m².jam; dan 8 m³/m².jam, diperoleh efisiensi penurunan kekeruhan terbesar terjadi pada *loading rate* 4 m³/m².jam dengan efisiensi penurunan kekeruhan rata-rata sebesar 84,45%. Hasil akhir dari penelitian yang dilakukan oleh Maryani dan Masduqi [9], juga didapatkan hasil yang serupa. Pada variasi *rate* filtrasi 5 m³/m².jam dan 7,5 m³/m².jam, efisiensi penurunan kekeruhan tertinggi terjadi pada variasi dengan *rate* filtrasi yang kecil yaitu 5 m³/m².jam, dimana penurunannya mencapai 98,72%.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa dengan adanya penambahan karbon aktif dan geotekstil sebagai media filtrasi, *rate* filtrasi mampu ditingkatkan menjadi > 2 kali lipat dari media filtrasi pasir biasa. Namun demikian, dalam hal penurunan kadar kekeruhan, reaktor dengan penambahan media karbon aktif dan geotekstil membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai kondisi optimum.

Reaktor 1 (media pasir) didapatkan waktu optimum pada menit ke-15 dengan persentase penurunan kekeruhan sebesar 80%. Reaktor 2 (media pasir dan karbon aktif) didapatkan waktu optimum pada menit ke-20 dengan persentase penurunan kekeruhan sebesar 69%. Reaktor 3 (media pasir dan geotekstil) didapatkan waktu optimum pada menit ke-30 dengan persentase penurunan kekeruhan sebesar 71%. Reaktor 4

(media pasir, karbon aktif, dan geotekstil) didapatkan waktu optimum pada menit ke-30 dengan persentase penurunan kekeruhan sebesar 73%.

Karbon aktif merupakan karbon yang memiliki kemampuan menyerap yang baik terhadap kation, anion, senyawa organik dan anorganik, baik berupa larutan maupun gas [18], sehingga kurang cocok jika digunakan untuk proses penghilangan padatan seperti kekeruhan.

Membran geotekstil merupakan membran yang memiliki pori cukup baik dalam proses filtrasi. Penambahan geotekstil sebagai media *sand filter* mampu meningkatkan kualitas hasil olahan [19]. Namun demikian penambahan geotekstil yang tidak tepat akan berdampak kurang baik pada nilai kekeruhan. Dalam penelitian ini pemasangan geotekstil tidak terlalu presisi, sehingga banyak celah pada tepian reaktor yang menyebabkan air bisa melaluinya dan nilai kekeruhan menjadi lebih tinggi dari filter pasir biasa.

IV. KESIMPULAN

Rate filtrasi terbaik yaitu variasi *sand filter* yang dikombinasikan dengan media karbon aktif dan geotekstil adalah 10,34 m³/m².jam. *Rate* filtrasi tersebut meningkat > 2 kali lipat dari variasi *sand filter* biasa yaitu 4,18 m³/m².jam. Waktu dan besar persentase *removal* kekeruhan optimum pada reaktor 1 yaitu menit ke-15 dengan persentase *removal* sebesar 80%, reaktor 2 menit ke-20 dengan persentase *removal* sebesar 69%, reaktor 3 dan 4 berada pada menit ke-30 dengan persentase *removal* sebesar 71% dan 73%. Saran untuk penelitian selanjutnya, sistem pengaliran air limbah pada reaktor perlu dilakukan uji coba menggunakan

sistem kontinyu yaitu dengan pengaliran air limbah ke dalam reaktor secara terus menerus.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah memberikan dukungan finansial kepada penulis dalam hibah penelitian dengan Skema Penelitian Dosen Pemula (Nomor kontrak : 025/LPPM/IVERS/IV/19).

REFERENSI

- [1] I. W. K. Suryawan, M. Siregar, G. Prajati, and A. Afifah, "Integrated Ozone and Anoxic-Aerobic Activated Sludge Reactor for Endek (Balinese Textile) Wastewater Treatment," *J. Ecol. Eng.*, vol. 20, no. 7, pp. 169–175, 2019.
- [2] I. W. K. Suryawan, A. S. Afifah, and G. Prajati, "Pretreatment of endek wastewater with ozone/hydrogen peroxide to improve biodegradability," in *EXPLORING RESOURCES, PROCESS AND DESIGN FOR SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT: Proceedings of the 5th International Conference on Engineering, Technology, and Industrial Application (ICETIA) 2018*, 2019, vol. 2114, no. June, p. 050011.
- [3] A. S. Afifah and A. Damayanti, "Filtrasi Limbah Laundry Dengan Membran Zeolit-Silika Untuk Menurunkan Cod Influence of Addition Silica, Velocity of Centrifuge, and Waste Water Concentration on Characteristic of Zeolite-Silica Membrane," *J. Purifikasi*, vol. 16, no. 2, pp. 67–77, 2016.
- [4] A. Damayanti and T. Kumala Sari, "The Performance Operation of Zeolite as Membrane with using Laundry Waste Water," *J. Membr. Sci. Technol.*, vol. 6, no. 2, pp. 2–5, 2016.
- [5] I. W. K. Suryawan, A. S. Afifah, and G. Prajati, "Degradasi Bahan Organik dan Pertumbuhan Biomassa Konsorsium pada Air Limbah Olahan Babi dengan Lumpur Aktif Anoksik," *J. Tek. Kim. dan Lingkung.*, vol. 3, no. November 2018, pp. 20–26, 2019.
- [6] D. S. M. Romli, Suprihatin, "Penentuan Nilai Parameter Kinetika Lumpur Aktif Untuk Pengolahan Air Lindi Sampah (Leachate)," *J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 14, no. 2, pp. 56–66, 1996.
- [7] B. S. N. SNI 3981:2008, "Perencanaan instalasi saringan pasir lambat," 2008.
- [8] F. S. P. Subekti, A. Ariyanto, "Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Bersih Dengan Saringan Pasir Lambat 'Up Flow' di Kampus Universitas Pasir Pengaraian Kabupaten Rokan Hulu propinsi Riau," *J. Aptek*, vol. 4, no. 2, pp. 77–88, 2012.
- [9] D. Maryani and A. Masduqi, "Pengaruh Ketebalan Media dan Rate filtrasi pada Sand Filter dalam Menurunkan Kekeruhan dan Total Coliform," *J. Tek. POMITS*, vol. 3, no. 2, pp. 1–6, 2014.
- [10] C. Pamularsih *et al.*, "Penyisihan Kekeruhan Pada Sistem Pengolahan Air Sungai Tembalang Dengan Teknologi Rapid Sand Filter," *J. Teknol. Kim. dan Ind.*, vol. 2, no. 4, pp. 48–54, 2013.
- [11] Y. S. Hong and C. Sen Wu, "Filtration behaviour of soil-nonwoven geotextile combinations subjected to various loads," *Geotext. Geomembranes*, vol. 29, no. 2, pp. 102–115, 2011.
- [12] R. E. Arndt and E. J. Wagner, "Filtering Myxobolus cerebralis Triactinomyxons from contaminated water using rapid sand filtration," *Aquac. Eng.*, vol. 29, no. 3–4, pp. 77–91, 2003.
- [13] R. A. Chrisafitri and N. Karnaningroem, "Pengolahan Air Limbah Pencucian Mobil Dengan Reaktor Saringan Pasir Lambat Dan Karbon Aktif," in *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XVI*, 2012, pp. 1–8.
- [14] A. Hendrayani, N. Fitriani, and W. Hadi, "Pengaruh Ketebalan Media Geotekstil dan Arah Aliran Terhadap Penyisihan Kekeruhan dan Total Coli pada Slow Sand Filter Rangkaian Seri," *J. Tek. POMITS*, vol. 3, no. 1, pp. 1–4, 2014.
- [15] E. C. Debby, L. Darmayanti, and Y. L. Handayani, "PERBANDINGAN KETEBALAN MEDIA TERHADAP LUAS PERMUKAAN FILTER PADA BIOSAND FILTER UNTUK PENGOLAHAN AIR GAMBUT," *Jom FTEKNIK*, vol. 1, no. 2, pp. 1–10, 2014.
- [16] N. I. Said, "Aplikasi Proses Biofiltrasi Dan Ultra Filtrasi Untuk Pengolahan Air Minum," *J. Air Indones.*, vol. 2, no. 1, pp. 30–42, 2006.
- [17] S. S. Abuzar and R. Pramono, "EFEKTIVITAS PENURUSAN KEKERUHAN DENGAN DIRECT FILTRATION MENGGUNAKAN SARINGAN PASIR CEPAT (SPC)," in *Prosiding SNSITL I*, 2014, no. September, pp. 89–95.
- [18] M. Lempang, "Pembuatan dan Kegunaan Arang Aktif," *Info Tek. EBONI*, vol. 11, no. 2, pp. 65–80, 2014.
- [19] N. Fitriani, L. N. Hamidah, Y. Trihadiningrum, W. Hadi, and S. Redjeki, "Bacterial Communities in Schmutzdecke of Slow Sand Filter of Water Supply Treatment Facility in Surabaya City , Indonesia," *Int. J. Chem. Environ. Eng.*, vol. 5, no. 3, pp. 164–167, 2014.

