



PENGARUH KOMPOSISI KETEBALAN MEDIA DAN KECEPATAN ALIRAN PADA REAKTOR *BIOSAND FILTER* DALAM PENGOLAHAN AIR PERMUKAAN

Juliana Azizah Zharifah*, Ika Meicahayanti, dan Muhammad Busyairi

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Mulawarman, Samarinda.
Jalan Sambaliung No. 9 Kampus Gunung Kelua Samarinda 75119.

*Korespondensi penulis: juliana.zharifah@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan *biosand filter* dapat menjadi solusi untuk permasalahan ketersediaan air di wilayah Makroman Samarinda. Pada teknologi filter ini, air baku dialirkan melalui media pasir dengan kecepatan lambat. Komposisi media dan kecepatan aliran merupakan faktor yang mempengaruhi kinerja *biosand filter*, maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap *biosand filter* yang digunakan untuk mengolah air permukaan. Terdapat dua reaktor *biosand filter* dengan panjang 30 cm, lebar 30 cm, tinggi 120 cm, dan ketebalan media 80 cm. Komposisi media yang digunakan pasir halus; pasir kasar; dan kerikil, yaitu 60; 10; 10 cm (Reaktor 1) dan 50; 15; 15 cm (Reaktor 2). Alat dijalankan dengan variasi kecepatan 0,1 dan 0,4 m/jam. Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan waktu kontak yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran filter, dimana pada kecepatan aliran 0,1 m/jam dilakukan setiap 8 jam, sedangkan pada kecepatan aliran 0,4 m/jam dilakukan setiap 2 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi media dan kecepatan aliran berpengaruh terhadap kinerja *biosand filter*. Media pasir halus yang lebih tebal memberikan hasil yang lebih baik karena semakin lambat kecepatan aliran yang terjadi sehingga proses penyaringan polutan pada media semakin lama. *Biosand filter* mampu menyisihkan kadar pencemar dengan penurunan optimum sebesar 97,56% pada parameter kekeruhan; 94,39% pada parameter TSS; 9,09% pada parameter TDS; dan 58,06% pada parameter zat organik (KMnO₄).

Kata Kunci: *Biosand filter*, Kecepatan Aliran, Komposisi Media

1. Pendahuluan

Air merupakan suatu senyawa kimia berbentuk cairan yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak ada rasanya dan yang paling berlimpah di alam. Pada kota-kota besar, umumnya tidak mudah mendapatkan sumber air bersih yang dipakai sebagai bahan baku air bersih yang bebas dari pencemaran, karena air banyak tersedot oleh kegiatan industri yang memerlukan sejumlah air dalam menunjang produksinya. Air bersih sangat dibutuhkan dalam kehidupan manusia karena mempunyai fungsi yang sangat vital. Sebagai kebutuhan yang sangat vital bagi manusia, air bersih harus selalu tersedia untuk mempertahankan kelangsungan hidup [1]. Sumber air baku PDAM adalah Air Sungai Mahakam yang merupakan sungai dengan debit air yang sepanjang tahun relatif tetap. Air tersebut kemudian ditampung pada sebuah bak penampungan (*intake*) lalu dialirkan ke seluruh Instalasi Pengolahan Air (IPA) PDAM Kota Samarinda untuk mengalami proses pengolahan air bersih. Namun, terdapat kawasan di Kota Samarinda yang belum terdistribusi air bersih sehingga mereka harus menggunakan sumber air baku lain untuk kemudian diolah agar dapat digunakan, salah satunya adalah Kelurahan Sambutan [2].

Dari hasil wawancara dengan masyarakat di sekitar aliran drainase pada Jalan Sindang Sari Makroman, Kota Samarinda, sebagian besar masyarakat di sana menggunakan air drainase untuk kebutuhan rumah tangga seperti mencuci, mandi, maupun kebutuhan lainnya. Selain itu, jika masyarakat terus-menerus menggunakan air drainase tersebut dapat menimbulkan penyakit seperti, keluhan kesehatan kulit atau yang biasa disebut gatal-gatal [3]. Dibutuhkan teknologi untuk mengolah air tersebut agar kualitasnya meningkat, dimana



teknologi ini diharapkan dapat dijadikan sebagai solusi bagi masyarakat karena pengolahan sederhana dengan alat dan bahan tersedia dengan pengoperasian mudah serta biaya yang murah. Salah satu teknologi yang cocok untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menggunakan unit pengolahan air adalah *biosand filter* [4].

Biosand filter merupakan suatu alat penyaringan air dimana air yang akan diolah dilewatkan pada media proses dengan kecepatan rendah yang dipengaruhi oleh diameter butiran pasir dan pada media tersebut telah dilakukan penanaman bakteri sehingga terjadi proses biologis didalamnya terbuat dari beton atau bak plastik yang diisi dengan beberapa lapisan pasir [5]. Air yang dihasilkan oleh *biosand filter* ini adalah air yang tergolong bersih karena didalam *biosand filter* terdiri dari suatu lapisan biologis (dikenal dengan nama lapisan bio atau *biolayer*) yang terdiri dari endapan dan mikroorganisme berkembang pada permukaan pasir [6].

Pada proses filtrasi, ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi keberhasilan proses filtrasi seperti variasi ketebalan lapisan media *filter* dan variasi kecepatan filtrasi yang digunakan. Penentuan ketebalan lapisan media *filter* bertujuan mengetahui lama pengaliran dan besar daya saring. Apabila lapisan media *filter* semakin tebal, hasil dari proses filtrasi akan lebih baik karena luas permukaan penahan partikel-partikel semakin besar dan jarak yang ditempuh oleh air semakin panjang [7]. Penggunaan *biosand filter* mampu menurunkan beberapa kandungan yang terdapat pada air pencemar. Pada penelitian sebelumnya, terdapat kandungan awal bakteri *Escherichia coli* yang terkandung pada air sungai sebesar 640/100 ml. Setelah dilakukan penelitian, mendapatkan penurunan bakteri *Escherichia coli* mencapai 56/100 ml yang apabila dipersentasekan sebesar 91,2% [8].

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan untuk mengetahui ketebalan media dan mengetahui pengaruh kecepatan aliran terhadap efisiensi penyisihan kadar kekeruhan, TSS, TDS, dan zat organik (KMNO_4) pada air permukaan. Penelitian ini diharapkan dapat memberi referensi mengenai ketebalan media dan kecepatan aliran yang optimum pada proses filtrasi menggunakan media pasir halus, pasir kasar, dan kerikil untuk menurunkan kadar kekeruhan, TSS, TDS, dan zat organik (KMNO_4) pada air permukaan, sehingga dapat menjadi solusi untuk meminimalisir penumpukan limbah serta mencegah penurunan kualitas air yang disebabkan oleh zat pencemar kekeruhan, TSS, TDS, dan zat organik (KMNO_4) yang terkandung pada air permukaan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 5 (lima) bulan. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Mulawarman. Tahapan penelitian yang dilakukan adalah mempersiapkan alat dan bahan; seeding dan aklimatisasi; running alat *biosand filter* dengan pengambilan sampel pada jam ke-0, serta setiap 8 jam untuk kecepatan 0,1 m/jam dan setiap 2 jam untuk kecepatan 0,4 m/jam. Analisis sampel dilakukan di *PT. Global Environment Laboratory* Samarinda. Pengambilan air permukaan berasal dari drainase yang mengalir Sub DAS Mahakam di Jalan Sindang Sari, Kelurahan Makroman, Kecamatan Sambutan, Kota Samarinda.

Persiapan Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: reaktor *biosand filter* dengan ukuran panjang 30 cm, lebar 30 cm dan tinggi 120 cm, beserta bak penampung 80 L, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1, ayakan 60 *mesh* dan 20 *mesh*, oven, pH *digital tester*, *stopwatch*, *turbidity meter*, dan desikator. Bahan yang dipersiapkan adalah air permukaan; pasir halus diameter 0,25 mm; pasir kasar diameter 0,85 mm; kerikil diameter 6,3 mm; dan akuades.

Media filter berupa pasir dan kerikil dilakukan pengayakan terlebih dahulu untuk memperoleh diameter media yang seragam. Selanjutnya dilakukan pencucian media agar media dalam keadaan bersih dan dikeringkan dengan menggunakan oven. Media yang telah dipersiapkan dilakukan *seeding* dan aklimatisasi dengan cara merendam media dengan air sampel selama $\pm 7-14$ hari. Selama proses aklimatisasi, reaktor diusahakan terhindar dari segala macam gangguan dari luar agar tidak mengganggu proses aklimatisasi.



Apabila telah tercapai kondisi *steady state*, air sampel diganti dengan sampel yang baru, untuk kemudian dialirkan ke dalam reaktor.



Gambar 1. Rangkaian Unit Alat *Biosand Filter*

Running Alat Biosand Filter

Rangkaian alat penelitian terdiri dari bak penampung awal, unit filtrasi dan bak penampung akhir. Bak penampung awal berfungsi sebagai penampung sampel air permukaan yang akan mengalir ke *inlet* unit filter secara gravitasi, sedangkan bak penampung akhir digunakan untuk menampung air yang telah melewati proses filtrasi. Aliran *inlet* secara kontinu masuk pada unit filter dengan dikondisikan ketinggian air berada pada 5 cm di atas media teratas dengan menempatkan *perforated baffle*. Hal ini bertujuan agar pasir halus tidak kering dan selalu dalam keadaan lembab dan agar lapisan *biofilm* yang telah terbentuk tidak rusak. Penelitian dimulai pukul 07.00 WITA, sehingga pada kecepatan aliran 0,1 m/jam dengan debit *inlet* 150 L/menit, dilakukan pengambilan sampel setiap 8 jam, yaitu pada pukul 15.00, 21.00, 07.00, dan 15.00 WITA. Adapun pada kecepatan aliran 0,4 m/jam dengan debit *inlet* 600 L/menit, dilakukan pengambilan sampel selama 2 jam, yaitu pukul 09.00, 11.00, 13.00, dan 15.00 WITA. Pada saat *running* diukur debit *inlet* dan *outlet* secara berkala untuk mengetahui kinerja filter.

Sampel yang telah diambil dilakukan analisis terhadap parameter kekeruhan, TSS (*Total Suspended Solid*), TDS (*Total Dissolved Solid*), dan Zat Organik (KMnO_4) pada masing-masing komposisi media dan kecepatan aliran. Analisis parameter kekeruhan dilakukan menggunakan alat turbidimeter; analisis pH dilakukan dengan menggunakan pH meter; analisis TSS dan TDS dengan metode gravimetri; analisis zat organik (KMnO_4) dilakukan secara titrimetri.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini, akan dijelaskan mengenai hasil analisis pada *seeding* dan aklimatisasi; hasil pemantauan debit *inlet* dan *outlet*; serta hasil analisis pada *running* alat *biosand filter* terhadap kemampuannya untuk menurunkan parameter kekeruhan, TSS, TDS, serta zat organik (KMnO_4) pada air baku.

Analisis Hasil *Seeding* dan Aklimatisasi

Proses *seeding* dan aklimatisasi dilakukan untuk memperoleh lapisan *biofilm* [9]-[10]. Hal ini dapat dilihat secara visual, dimana pada bagian atas media pasir halus mengalami perubahan warna dari kuning menjadi



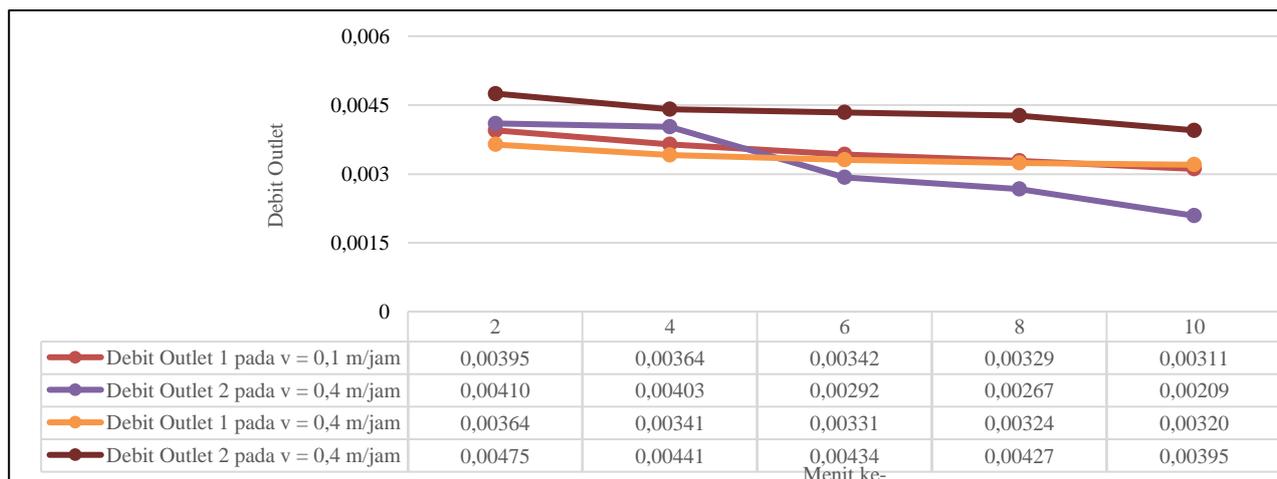
kecoklatan (coklat muda) serta adanya lendir pada permukaan pasir halus. Pada lapisan *biofilm*, terdapat organisme yang membantu mereduksi kandungan kekeruhan, TSS, TDS, dan zat organik (KMnO_4). Pada tahap ini, dilakukan pengecekan pH setiap hari untuk melihat perkembangan yang terjadi pada reaktor. Hasil pengukuran pH dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil pengukuran pH cenderung meningkat menuju ke arah basa (Gambar 2), yang menunjukkan adanya proses respirasi dan metabolisme pada mikroorganisme. Hal ini menunjukkan bahwa mikroorganisme telah beradaptasi pada kondisi yang dipersiapkan.

Tabel 1. Hasil Pengukuran pH pada *Seeding* dan Aklimatisasi

Ketebalan Media	Hari ke-	Parameter pH	Ketebalan Media	Hari ke-	ParameterpH
60 cm pasir halus 10 cm pasir kasar 10 cm kerikil (Reaktor 1)	0	7,52	50 cm pasir halus 15 cm pasir kasar 15 cm kerikil (Reaktor 2)	0	7,59
	1	7,80		1	7,86
	2	7,61		2	7,91
	3	7,70		3	7,85
	4	7,78		4	7,92
	5	7,82		5	7,91
	6	7,81		6	7,86
	7	7,86		7	7,86
	8	7,75		8	7,83
	9	7,80		9	7,70
	10	7,72		10	7,74
	11	7,60		11	7,72
	12	7,73		12	7,79
	13	7,79		13	7,75
14	7,80	14	7,82		

Pengukuran Debit Filtrasi *Outlet*

Ketebalan dan komposisi media penyaring mempengaruhi kinerja filtrasi dan debit air yang keluar dari alat. Pengukuran debit *outlet* dilakukan pada setiap variasi untuk mengetahui kapasitas debit yang dapat dihasilkan dari masing-masing unit *filter*. Pengukuran debit *outlet* pada masing-masing filter dilakukan pada menit ke-2, menit ke-4, menit-6, menit ke-8, dan menit ke-10 (Gambar 2). Kecepatan aliran filter yang lebih besar menghasilkan debit *outlet* yang lebih besar dan begitupun sebaliknya, filter yang memiliki kecepatan aliran lebih lambat akan menghasilkan debit *outlet* yang lebih kecil.



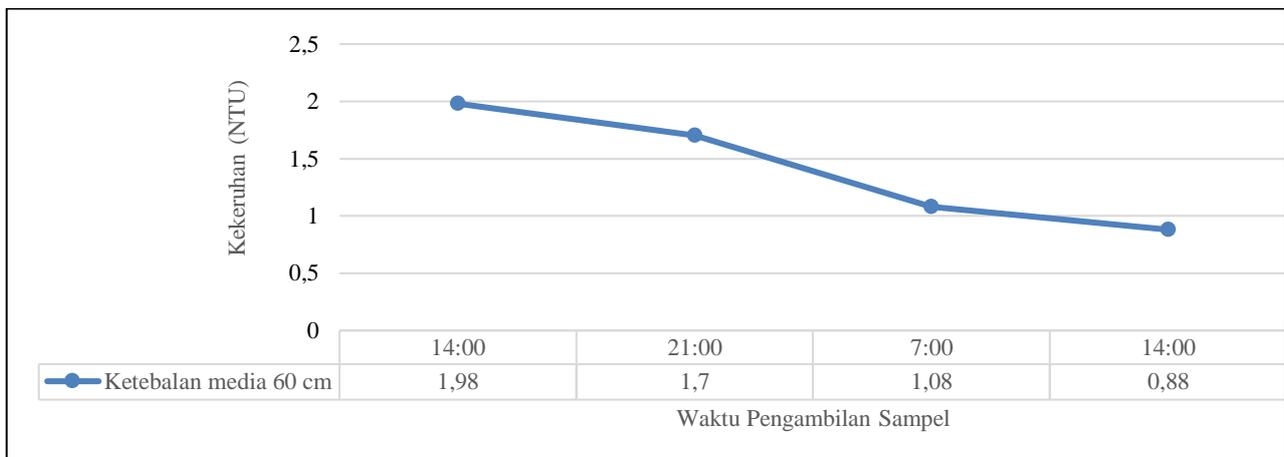
Gambar 2. Hasil Pengukuran Debit *Outlet* pada Kecepatan Aliran 0,1 dan 0,4 m/jam



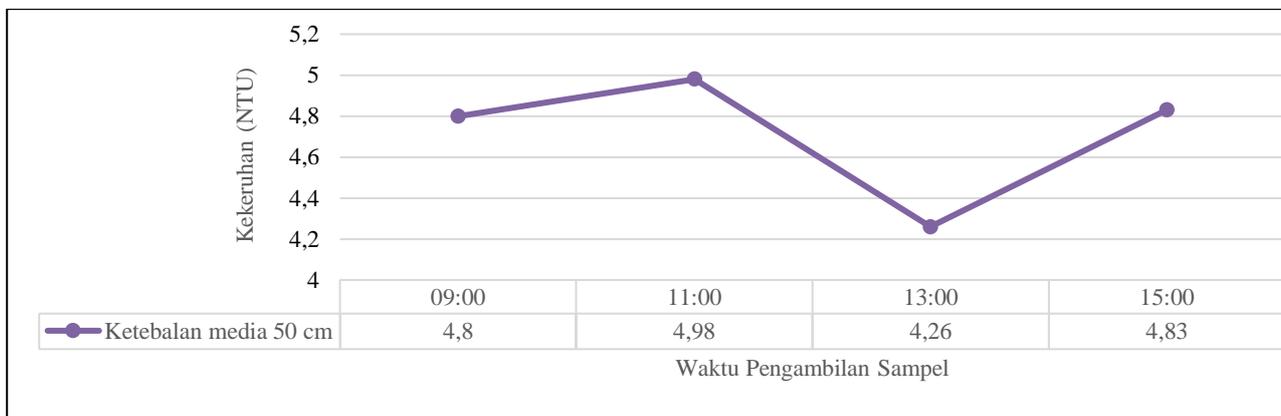
Hasil analisis menunjukkan bahwa terjadi penurunan debit *outlet* seiring bertambahnya waktu pengoperasian *filter*. Semakin lama waktu filtrasi, kecepatan aliran *outlet* semakin berkurang, sehingga nilai debit *outlet* juga semakin berkurang. Hal ini diduga diakibatkan oleh mulai menumpuknya padatan pada pori-pori media atau celah antar media.

Analisis Hasil pada Parameter Kekeruhan

Hasil analisis parameter kekeruhan pada *biosand filter* terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4. Kondisi optimum terjadi pada reaktor 1 dengan ketebalan media pasir halus yang lebih tebal dengan kecepatan yang lebih kecil, yaitu mampu menghilangkan kekeruhan sebesar 97,56%. Polutan penyebab kekeruhan diduga lebih banyak tertahan pada media yang lebih tebal dengan kecepatan aliran yang lebih kecil. Semakin banyak media, maka semakin banyak pori-pori yang menghambat partikel, sehingga dapat terpisahkan dari air yang diolah [11].



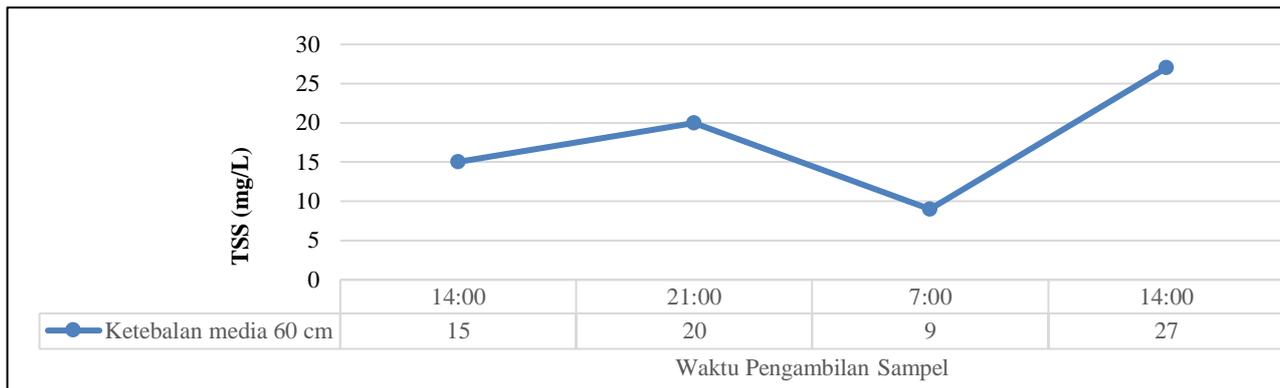
Gambar 3. Penurunan Konsentrasi Kekeruhan pada Ketebalan Media 60 cm dan Kecepatan Aliran 0,1 m/jam



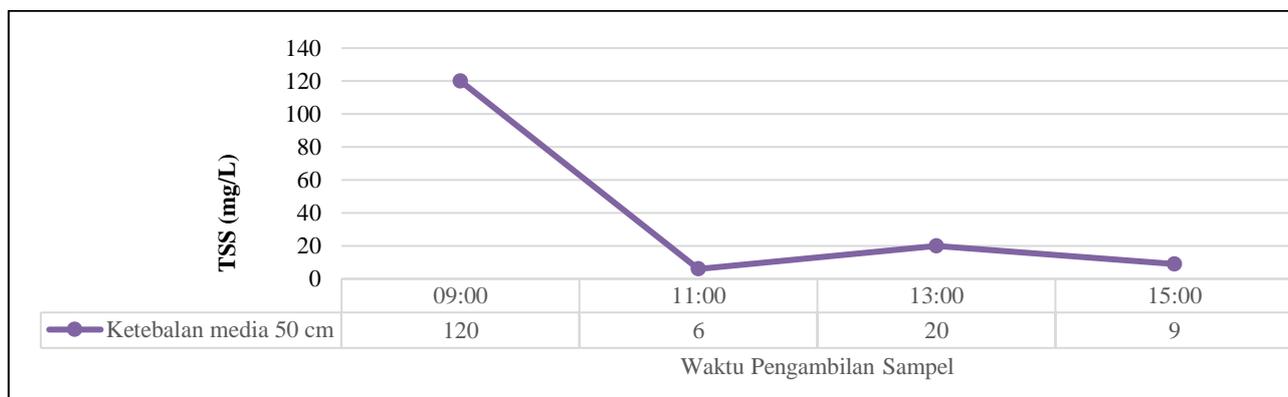
Gambar 4. Penurunan Konsentrasi Kekeruhan pada Ketebalan Media 50 cm dan Kecepatan Aliran 0,4 m/jam

Analisis Hasil pada Parameter TSS

Pada Gambar 5 dan Gambar 6, terlihat perbedaan hasil pada dua variasi yang digunakan. Pada pengambilan sampel pertama menunjukkan bahwa ketebalan media 60 cm dan kecepatan aliran 0,1 m/jam memiliki hasil lebih baik dibandingkan dengan reaktor yang lainnya, meskipun penurunan tertinggi terjadi pada reaktor 2 dengan ketebalan media pasir halus 50 cm, yaitu sebesar 94,39%.



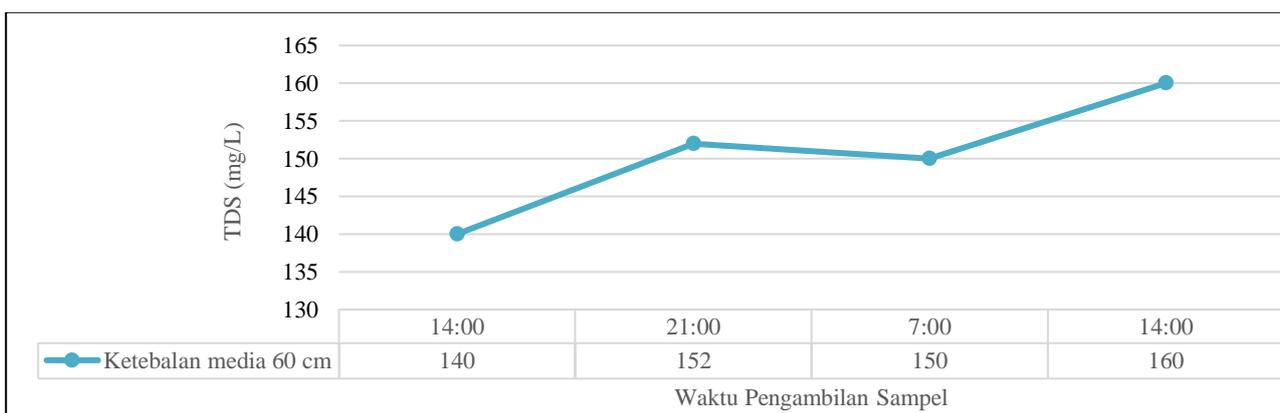
Gambar 5. Grafik Penurunan Konsentrasi TSS pada Ketebalan Media 60 cm dan Kecepatan Aliran 0,1 m/jam



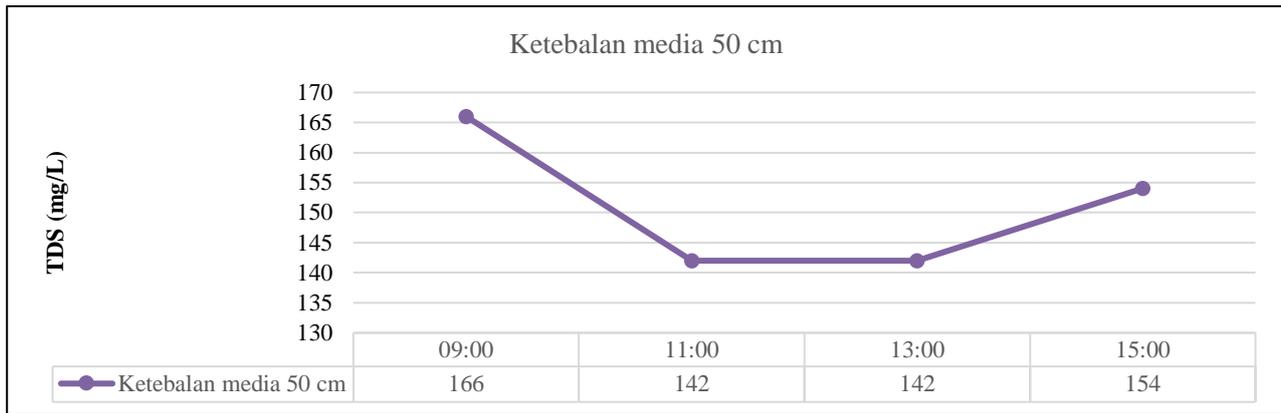
Gambar 6. Grafik Penurunan Konsentrasi TSS pada Ketebalan Media 50 cm dan Kecepatan Aliran 0,4 m/jam

Analisis Hasil pada Parameter TDS

Berdasarkan hasil analisis, perubahan konsentrasi TDS pada kedua reaktor dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8. Perbandingan dari variasi komposisi ketebalan media dan kecepatan aliran, pada penyisihan parameter TDS mencapai kondisi optimum pada ketebalan media 60 cm pasir halus dan untuk kecepatan aliran 0,1 m/jam dengan persen removal sebesar 9,09%.



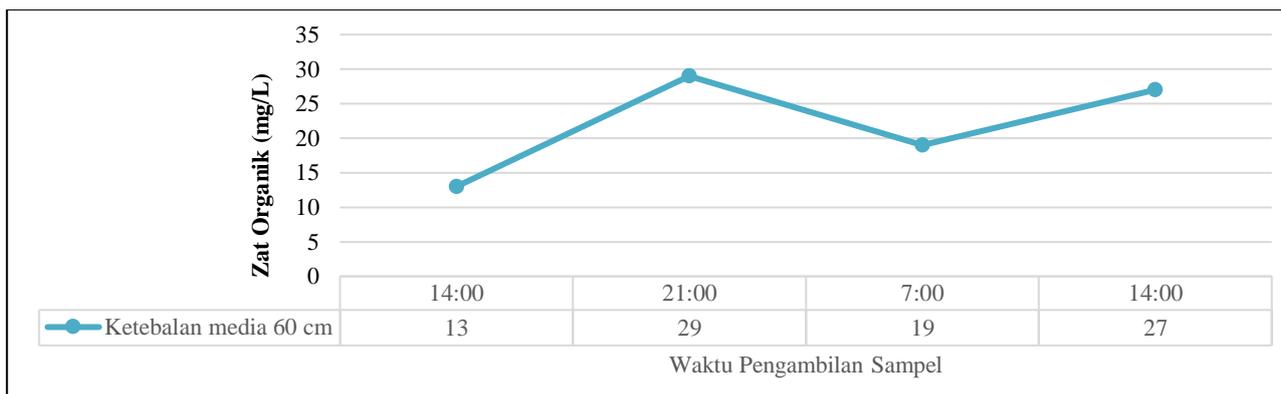
Gambar 7. Penurunan Konsentrasi TDS pada Ketebalan Media 60 cm dan Kecepatan Aliran 0,1 m/jam



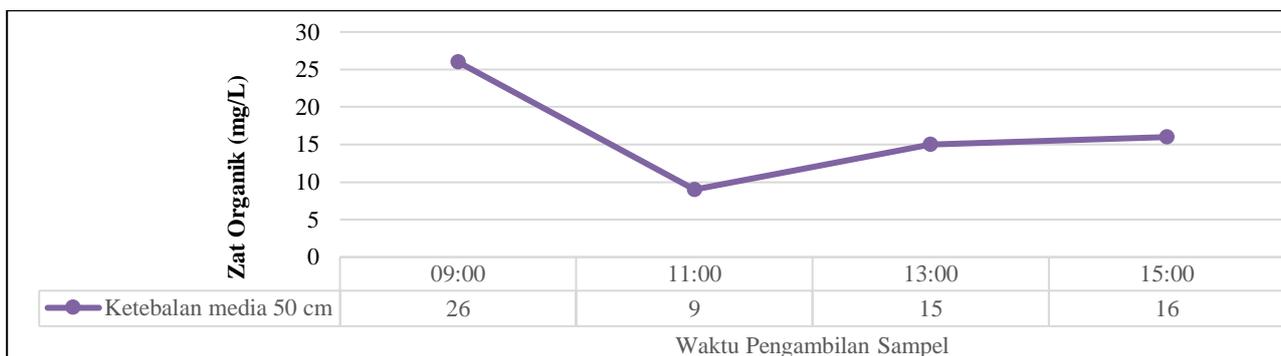
Gambar 8. Penurunan Konsentrasi TDS pada Ketebalan Media 50 cm dan Kecepatan Aliran 0,4 m/jam

Analisis Hasil pada Parameter Zat Organik (KMnO_4)

Perbandingan hasil terhadap kinerja filtrasi pada kedua reaktor terhadap konsentrasi zat organik dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10. Efisiensi penurunan tertinggi terjadi pada reaktor dengan ketebalan 60 cm dan kecepatan aliran 0,1 m/jam, yaitu sebesar 58,06%. Penurunan zat organik pada *biosand filter* ini merupakan peran dari mikroorganisme dari lapisan biofilm yang telah terbentuk sebelumnya.



Gambar 9. Penurunan Konsentrasi Zat Organik (KMnO_4) pada Ketebalan Media 60 cm dan Kecepatan Aliran 0,1 m/jam



Gambar 10. Penurunan Konsentrasi Zat Organik (KMnO_4) pada Ketebalan Media 50 cm dan Kecepatan Aliran 0,4 m/jam



4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi media dan kecepatan aliran terbukti mempengaruhi kinerja *biosand filter*. Ketebalan media yang digunakan yaitu pasir halus; pasir kasar; kerikil sebesar 60;10;10 cm memiliki hasil penurunan yang lebih optimum dibandingkan dengan variasi 50;15;15 cm. Kecepatan aliran yang lebih kecil, yaitu 0,1 m/jam memiliki kinerja yang lebih optimum dibandingkan dengan kecepatan 0,4 m/jam. Efisiensi penurunan yang optimum pada ketebalan media pasir halus 60 cm dan kecepatan 0,1 m/jam pada *biosand filter* terhadap parameter kekeruhan; TSS; TDS; dan zat organik adalah sebesar 97,56%; 94,39%; 9,09%; dan 58,06%.

Referensi

- [1] Center for Affordable Water and Sanitation Technologies, *Summary of Fields and Laboratory Testing for The Biofilter*, Canada: Center for Affordable Water and Sanitation Technologies, 2010.
- [2] M. L. Davis, *Water and Wastewater Engineering Design Principles and Practice*, New York, US: McGraw Hill Inc., 2010.
- [3] Degremont, *Water Treatment Handbook*, Sixth Edition, Vol 1, Paris, Perancis: Lavoisier, 1991.
- [4] T. Edwin, A. K. Satiyadi, dan Y. Dewilda, "Kinerja Biosand Filter Dalam Menyisihkan Total Coliform di Air Tanah Dangkal," *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, vol. 12, no. 1, pp. 17-26, 2015.
- [5] O. Berliandra, Y. L. Handayani, dan L. Darmayanti, "Aplikasi Biosand Filter Dengan Penambahan Media Karbon (Arang Kayu) Untuk Pengolahan Air Sumur Daerah Gambut," *Jom FTEKNIK*, vol 2, no.1, pp. 1-7, 2015.
- [6] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum*, No. 32/2017.
- [7] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan*, No. 2/2023.
- [8] K. I. Pinem, "Pengaruh Rate Filtrasi dan Ketebalan Media Pasir Silika terhadap Penurunan Nilai Kekeruhan dan Peningkatan Nilai pH dalam Filtrasi Air Gambut," Skripsi, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2019.
- [9] R. Ratnawati dan S. L. Ulfah, "Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Biosand Filter," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. 18, no. 1, pp. 8-14, 2020.
- [10] R. Ratnawati dan M. A. Kholif, "Aplikasi Media Batu Apung pada Biofilter Anaerobik untuk Pengolahan Limbah Cair Rumah Potong Hewan," *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 10, no. 1, pp. 1-14, 2018.
- [11] S. Nuradji dan S. Sampo, "Pengaruh Ketebalan Media Saringan Pasir Lambat Terhadap Penurunan Kekeruhan dan Warna Air Permukaan Menggunakan Sistem Down Flow," *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, vol. 1, no. 2, pp. 46-56, 2021.