

Modifikasi *Horizontal Roughing Filter* untuk Memperbaiki Kualitas Kekeruhan Air Sungai

Sulaiman Hamzani¹ Zulfikar Ali As¹
Syarifudin A.¹

¹ Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Banjarmasin

✉ shamzenviro@gmail.com

Pretreatment merupakan pengolahan awal pada air sungai sangat penting dilakukan untuk menurunkan kekeruhan air baku dan dapat mengurangi penggunaan bahan kimia seperti tawas pada tahap pengolahan selanjutnya. *Horizontal Roughing Filter* (HRF) merupakan salah satu model *pretreatment* yang dikembangkan dari *Roughing Filter* untuk memisahkan partikel tersuspensi secara efektif. Penelitian ini bertujuan untuk menyisihkan kadar kekeruhan air sungai menggunakan HRF guna memenuhi persyaratan air bersih bagi masyarakat dalam rangka meminimalisir penyebab kejadian stunting. Data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) mencatat 8,9 juta anak balita mengalami stunting yang disebabkan gizi buruk 40% dan tidak adanya air bersih serta sanitasi buruk 60%. Target *Sustainable Development Goals* (SDGs) di tahun 2030, setiap negara harus memastikan ketersediaan air bersih dan sanitasi yang layak bagi warga. Metode penelitian mencakup redesain HRF yang dibuat dari pipa PVC diameter 4 inci (0,1 meter), panjang 2 meter, kemudian ujicoba *performance* HRF untuk pengolahan air sungai secara kontinyu. Hasil penelitian menunjukkan isi media kain pada HRF menghasilkan penurunan kekeruhan memenuhi baku mutu air minum < 3 NTU pada durasi kontak 0 menit kekeruhan 33,5 NTU menjadi 2,09 NTU (94%), sedangkan durasi kontak 5 menit kekeruhan 27 NTU menjadi 5,49 NTU (80%) dan durasi kontak 10 menit kekeruhan 38 NTU menjadi 8,59 NTU (77%). Berdasarkan hasil tersebut kecenderungannya isi media kain semakin berkurang kemampuannya seiring dengan lamanya waktu operasional dalam menurunkan kekeruhan air sungai. HRF dapat diaplikasi sebagai proses *pretreatment* atau setelah proses *secondary treatment* atau dapat digunakan pada kedua proses tersebut.

Kata kunci: Air Sungai; Kekeruhan; Media Kain; Redesain *Horizontal Roughing Filter*.

Diajukan: 31 Oktober 2023

Direvisi: 26 November 2023

Diterima: 18 Desember 2023

Dipublikasikan online: 22 Desember 2023

Pendahuluan

Kualitas air Sungai Martapura pada beberapa parameter menunjukkan kondisi eksisting telah melampaui baku mutu air kelas I sebagai peruntukan air baku air minum. Sungai Martapura membentang sepanjang 80 kilometer bermuara di Kota Banjarmasin dan hulunya berada di wilayah kabupaten Banjar. Sungai Martapura telah ditetapkan sebagai badan air kelas 1 berdasarkan Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 05 Tahun 2007. Hasil penelitian Zubaidah dkk (2022), dalam buku referensi, menunjukkan nilai BOD 2,43-2,97 mg/L melampaui baku mutu 2 mg/L, COD 10,32-12,36 mg/L melampaui baku mutu 10 mg/L, TSS 47,34-76,38 mg/L melampaui baku mutu 40 mg/L, Total Coliform 22.054-28.533 jumlah/100 mL melampaui 1000 jumlah/100 mL. Berdasarkan data, maka kualitas air sungai Martapura pada beberapa parameter telah melampaui baku mutu air kelas 1 peruntukkan air baku air minum.

Hasil survei di Desa Melayu Tengah Kabupaten Banjar diperoleh data yaitu sumber air masyarakat untuk mandi-cuci-kakus (MCK) berasal dari air PDAM 10%, air sumur bor 21%, air sumur gali 6% dan air sungai 63%. Data menunjukkan bahwa tingkat ketergantungan masyarakat pada air sungai cukup tinggi. Air baku berasal dari air sungai umumnya mengalami kekeruhan air tinggi pada saat musim hujan dan apabila tercemar limbah rumah tangga dan industri, maka kandungan zat organik tinggi pada saat musim kemarau. Sungai telah menerima beban pencemar organik dan anorganik dari berbagai sumber pencemar yang menyebabkan penurunan kualitas air.

Hasil uji kualitas air pada air Sungai Martapura menunjukkan telah terjadinya penurunan kualitas air akibat pemanfaatan air sungai sudah dimulai di bagian hulu seperti usaha keramba ikan, keperluan rumah tangga, galian pasir dan batu koral (Raharja dkk, 2018). Data kuantitas menurut masyarakat yaitu 87% air sungai cukup sepanjang tahun, 9%

Cara mensitasi artikel ini:

Hamzani S., As. Zulfikar Ali, A. Syarifudin (2023) Modifikasi *Horizontal Roughing Filter* untuk Memperbaiki Kualitas Kekeruhan Air Sungai. *Buletin Profesi Insinyur* 6(3) 106-112



PDAM terbatas pada saat kemarau, 4% sumur lebih sering kering. Data kualitas menurut masyarakat yaitu 41% air sungai keruh, 29% PDAM jernih, 28% air sumur bor kadang keruh, 1% air sumur gali sangat keruh. Data penyakit yang sering diderita anak yaitu penyakit kulit/gatal dan tifus (PUI-PK BJM., 2021).

Pretreatment atau pengolahan pendahuluan merupakan pengolahan awal pada air sungai sangat penting dilakukan untuk menurunkan kekeruhan air baku dan dapat mengurangi penggunaan bahan kimia seperti tawas pada tahap pengolahan selanjutnya. Teknologi *Roughing Filter* merupakan proses pengolahan air model lama yang digunakan di masa lalu dan kembali ditemukan untuk dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir. *Roughing Filter* umumnya digunakan untuk memisahkan padatan halus dari air yang digunakan atau disandingkan dengan bak atau tangki sedimentasi. *Roughing Filter* merupakan filter fisik, dimana material atau zat diserap oleh bahan berpori.

Hasil penelitian Amir (2023), menunjukkan penyisihan kadar pencemar dengan efisiensi BOD 96,96%, COD 98,03%, TSS 78,55%, lemak-minyak 98,4% dengan menggunakan metode *Roughing Filter* isi media cangkang sawit. *Roughing Filter* meski disebut sebagai filter, tapi proses utama yang terjadi adalah pengendapan partikel. Model HRF mempunyai kapasitas tampung lumpur lebih besar dan periode pencucian filter berlangsung 1 tahun sekali tergantung kualitas air baku. Selain proses fisik, HRF memberikan keunggulan lain berupa terjadinya proses degradasi bio-kimia dalam bentuk penurunan kadar organik air baku mendekati kisaran 70% (Hadi, 2012). Penelitian ini bertujuan menyisihkan kadar kekeruhan air sungai menggunakan *Roughing Filter* model HRF untuk memenuhi persyaratan air bersih. Kebaruan penelitian ini dibandingkan penelitian sebelumnya terletak pada redesain HRF yang terbuat pipa PVC 4 inci, kecepatan pengaliran dikondisikan 2 m/jam dan menggunakan isi media filter sintetis berupa kain.

Metode

Penelitian yang dilakukan bersifat eksperimen yaitu penelitian yang meredesain dan melakukan uji *performance* model *Horizontal Roughing Filter* (HRF) dalam upaya

menyisihkan kadar kekeruhan air sungai untuk memenuhi persyaratan baku mutu. Selain itu dilakukan juga pemeriksaan parameter TDS, suhu dan pH. Desain penelitian yang dilakukan berupa *One Group Pretest Posttest Design* yaitu satu kelompok subyek dilakukan pengukuran pertama (*Pretest*), kemudian ada perlakuan dan dilakukan pengukuran kedua (*Posttest*). Lokasi penelitian berada di salah satu tempat di bantaran sungai Martapura di Desa Melayu Tengah, Kecamatan Martapura Timur, Kabupaten Banjar.

Membuat *Horizontal Roughing Filter* (HRF)

HRF dibuat dari pipa PVC diameter 4 inci (0,1 meter), panjang 2 meter. Setelah pipa dipotong, disiapkan aksesoris pipa dan bahan lainnya untuk dirangkai menjadi reaktor HRF yaitu untuk setiap reaktor memerlukan Tee 4" = 1 buah, Dop 4" = 2 buah, *Clean Out* 4" = 1 buah, *Strainer* = 1 buah, SDL $\frac{3}{4}$ " = 1 buah, SDD $\frac{3}{4}$ " = 1 buah dan lem PVC = 1 kaleng. Selain itu diperlukan juga selang plastik fleksibel = 10 meter, rol kabel listrik, dan mesin pompa air tipe *Submersible* kapasitas debit 0,5 Liter/detik = 1 buah. Pembuatan HRF dapat dilihat pada Gambar 1.

Bahan Isi Media HRF

Salah satu bahan yang digunakan pada ujicoba alat HRF adalah menggunakan isi media kain sebagai filter sintetis dimasukan ke dalam pipa hingga mencapai panjang 100 cm seperti pada Gambar 2.

Hasil dan Diskusi

Proses Ujicoba Pengolahan Air pada HRF Isi Media Kain

Uji coba pengolahan air Sungai Martapura dengan perlakuan HRF berisi media kain panjang 100 cm, dimulai dengan menyedot air sungai menggunakan mesin pompa air tipe *Submersible* (pompa celup). Untuk sampling dan pemeriksaan kualitas air parameter kekeruhan, TDS, Suhu dan pH dilakukan secara langsung di lokasi penelitian untuk sampel sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan pada 0 menit, 5 menit dan 10 menit. Kegiatan ujicoba pengolahan air sungai dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 1 Pembuatan HRF



Gambar 2 Isi Media Kain pada HRF

Pemeriksaan Kualitas Air Sebelum dan Sesudah Perlakuan
Pemeriksaan kualitas air hasil ujicoba pada HRF dilakukan langsung dilapangan yaitu parameter utama kekeruhan dan parameter penunjang TDS, Suhu, pH. Kegiatan pemeriksaan kualitas air sebelum dan sesudah perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4.

Hasil ujicoba pada HRF isi media kain untuk pemeriksaan kualitas kekeruhan sebelum dan sesudah perlakuan

disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 5; Tabel 2 dan Gambar 6; Tabel 3 dan Gambar 7.

Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 5; Tabel 2 dan Gambar 6; Tabel 3 dan Gambar 7; data hasil ujicoba pada HRF isi media Kain yaitu efisiensi penurunan kekeruhan sebesar 94% diperoleh pada durasi waktu kontak 0 menit (rerata 33,5 NTU menjadi 2,09 NTU memenuhi baku mutu < 3 NTU). TDS masih memenuhi baku mutu 300 mg/L, suhu memenuhi baku mutu suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$, dan pH juga memenuhi baku mutu 6,5-8,5.



Gambar 3 Ujicoba pengolahan air sungai dengan model HRF

Tabel 1 Data Hasil Pemeriksaan Kualitas Kekeruhan Sebelum dan Sesudah Perlakuan pada HRF Isi Media Kain Panjang 100 cm Durasi Waktu Kontak 0 menit

No	Parameter	SK _{0.1}	SK _{0.2}	SK _{0.3}	Rerata	K _{0.1}	K _{0.2}	K _{0.3}	Rerata	Efisiensi Penurunan	Baku Mutu ^{*)}
1	Kekeruhan	38,1	32,3	30,1	33,5	2,10	1,96	2,22	2,09	94 %	< 3 NTU
2	TDS	148	134	135	139	153	152	149	151,3	-	300 mg/L
3	Suhu	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,3	31,3	31,27	-	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$
4	pH	7,17	7,18	7,14	7,16	7,32	7,32	7,33	7,32	-	6,5-8,5

Keterangan:

SK_{0.1}; SK_{0.2}; SK_{0.3} = Hasil Pemeriksaan Sebelum Perlakuan dengan pengulangan sampling 1-2-3

K_{0.1}; K_{0.2}; K_{0.3} = Hasil Pemeriksaan Sesudah Perlakuan pada HRF isi media Kain panjang 100 cm durasi waktu kontak **0 menit** dengan pengulangan sampling 1-2-3

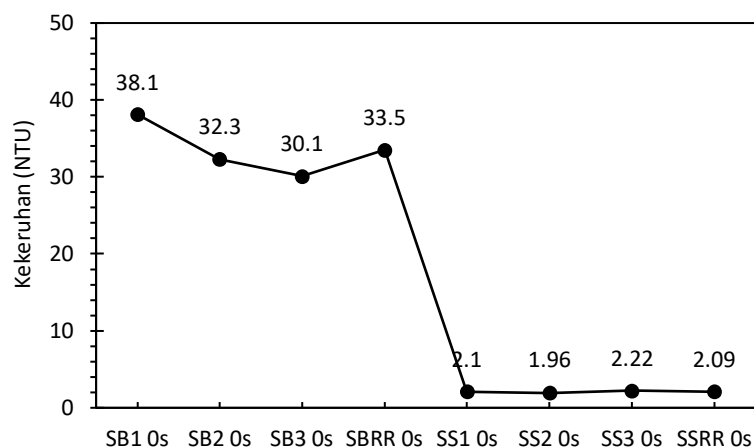
Baku Mutu^{*)} = Permenkes No 2 Tahun 2023 standar baku mutu kesehatan lingkungan media air minum



Gambar 4 Kegiatan pemeriksaan kualitas air

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan kain sebagai media filter sintesis pada *Roughing Filter* aliran *Horizontal* mempunyai kemampuan menurunkan kekeruhan dengan tingkat penurunan yang bervariasi. Penggunaan media Kain sepanjang 100 cm pada HRF dengan waktu kontak durasi 0 menit mampu menurunkan kekeruhan rerata 33,5 NTU menjadi 2,09 NTU memenuhi baku mutu < 3 NTU dengan efisiensi penurunan sebesar 94%. Sementara pada waktu kontak durasi 5 menit sebesar 80% dan durasi 10 menit sebesar 77%. Hasil ujicoba menunjukkan kecenderungan kemampuan media semakin berkurang seiring dengan lamanya waktu operasional dalam menurunkan kekeruhan air sungai, hal ini disebabkan karena jenis media yang digunakan, panjang media, serta waktu operasional yang mempengaruhi penurunan konsentrasi kekeruhan.

Waktu operasional serta debit juga berpengaruh terhadap efisiensi penurunan kekeruhan, Dimana debit yang kecil akan menyebabkan waktu kontak kontaminan dengan media akan semakin lama sehingga penyerapan kekeruhan oleh ketiga media akan lebih optimal. Sedangkan waktu operasional juga mempengaruhi penurunan kekeruhan, semakin lama waktu operasional maka semakin banyaknya partikel-partikel penyebab kekeruhan akan terendapkan, sehingga kualitas *effluent* akan semakin baik. Persamaan dengan hasil penelitian sebelumnya adalah sama-sama menggunakan isi media kain, namun perbedaannya terletak pada metode pengaliran dan kualitas air yang dihasilkan yaitu *Upflow Roughing Filter* (URF) isi media kain 25 cm rerata suhu 28,8 °C menjadi 28,83 °C; pH 6,37 menjadi 6,57; kekeruhan 183,3 NTU menjadi 90,8 NTU (50,46%); nitrat 5,73 mg/l menjadi 3,66 mg/l (36,13 %); *total coliform* 24.000 CFU/100ml menjadi 18.667 CFU/100ml (22,22 %).



Keterangan:

SB1, SB2, 3 0s = Kualitas Kekeruhan Sebelum Pengolahan 0 menit ulangan 123

SBRR 0s = Kualitas Kekeruhan Sebelum Pengolahan 0 menit rerata

SS1,2, 3 0s = Kualitas Kekeruhan Sesudah Pengolahan 0 menit ulangan 123

SSRR 0s = Kualitas Kekeruhan Sesudah Pengolahan 0 menit rerata

Gambar 5 Grafik Hasil Pemeriksaan Kekeruhan pada HRF Isi Media Kain Waktu Kontak 0 Menit

Tabel 2 Data Hasil Pemeriksaan Kualitas Kekeruhan Sebelum dan Sesudah Perlakuan pada HRF Isi Media Kain Panjang 100 cm Durasi Waktu Kontak 5 menit

No	Parameter	SK _{5,1}	SK _{5,2}	SK _{5,3}	Rerata	K _{5,1}	K _{5,2}	K _{5,3}	Rerata	Efisiensi Penurunan	Baku Mutu ^{*)}
1	Kekeruhan	26,5	26,0	28,5	27,0	5,35	5,54	5,58	5,49	80 %	< 3 NTU
2	TDS	139	141	139	140	141	138	141	140	-	300 mg/L
3	Suhu	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,1	31,03	-	Suhu udara ± 3°C
4	pH	7,21	7,19	7,19	7,20	7,21	7,16	7,18	7,18	-	6,5-8,5

Keterangan:

SK_{5,1}; SK_{5,2}; SK_{5,3} = Hasil Pemeriksaan Sebelum Perlakuan dengan pengulangan sampling 1-2-3

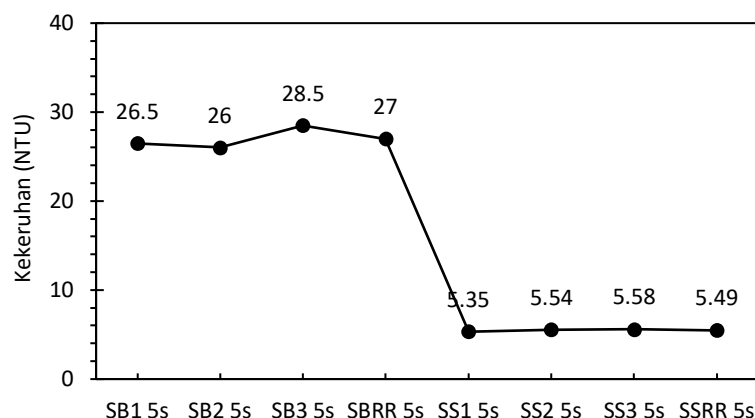
K_{5,1}; K_{5,2}; K_{5,3} = Hasil Pemeriksaan Sesudah Perlakuan pada HRF isi media Kain panjang 100 cm durasi waktu kontak **5 menit** dengan pengulangan sampling 1-2-3

Baku Mutu^{*)} = Permenkes No 2 Tahun 2023 standar baku mutu kesehatan lingkungan media air minum

Sementara pada *Downflow Roughing Filter* (DRF) isi media kain 25 cm: rerata suhu 28,8 °C menjadi 28,63 °C; pH 6,37 menjadi 6,57; kekeruhan 183,3 NTU menjadi 73 NTU (60,18 %); nitrat 5,73 mg/l menjadi 2,37 mg/l (58,64 %); *total coliform* 24.000 CFU/100ml menjadi 21.667 CFU/100ml (9,72 %). DRF lebih baik terhadap penurunan kekeruhan dan nitrat, sedangkan URF terhadap penurunan *total coliform* (Hamzani dan Syarifudin, 2022). Dari hasil penelitian tersebut, jika dibandingkan dengan HRF menunjukkan bahwa penggunaan HRF isi media kain mempunyai kemampuan lebih baik dalam menurunkan kekeruhan mencapai 94% telah memenuhi baku mutu Permenkes nomor 2 tahun 2023 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan media air minum.

Berikut beberapa perbedaan dan persamaan yang dilakukan oleh penelitian lainnya seperti penelitian Dashti dkk (2020), HRF yang dirancang menggunakan batu kapur berbagai ukuran (4 mm, 12 mm, dan 20 mm) pada berbagai

laju filtrasi (20, 60, dan 100 mL/menit) menunjukkan hasil penurunan SS sebesar 75% diperoleh pada laju aliran yang lebih rendah dengan batu kapur berukuran lebih kecil (4 mm). Sementara Mukhopadhyay dkk (2009), menggunakan kriteria desain Weglin berdasarkan teori filter mengembangkan *Slow Sand Filter* (SSF) sebagai unit pretreatment, dimana hasil yang dicapai dari tiga model berbeda dari unit eksperimental SSF-HRF menunjukkan efisiensi maksimal dan hasil verifikasi model dianggap sesuai. Mistoro dan saraswati (2019), melakukan inovasi pada aliran *Horizontal* dan menggunakan *Roughing Filter* pada kolam dihitung retensi berdasarkan asumsi kolam sebagai wadah campuran lengkap menghasilkan penurunan BOD5 20,9 mg/L menjadi 3 mg/L dan TSS 102 mg/L menjadi 50 mg/L dengan debit (Q) sebesar 2,54 m³/detik, sehingga target efisiensi penyaringan mencapai 94%.



Keterangan:

SB1, 2, 3 5s = Kualitas Kekeruhan Sebelum Pengolahan 5 menit ulangan 123

SBRR 5s = Kualitas Kekeruhan Sebelum Pengolahan 5 menit rerata

SS1, 2, 3 5s = Kualitas Kekeruhan Sesudah Pengolahan 5 menit ulangan 123

SSRR 5s = Kualitas Kekeruhan Sesudah Pengolahan 5 menit rerata

Gambar 6 Grafik Hasil Pemeriksaan Kekeruhan pada HRF Isi Media Kain Waktu Kontak 5 Menit

Tabel 3 Data Hasil Pemeriksaan Kualitas Kekeruhan Sebelum dan Sesudah Perlakuan pada HRF Isi Media Kain Panjang 100 cm Durasi Waktu Kontak 10 menit

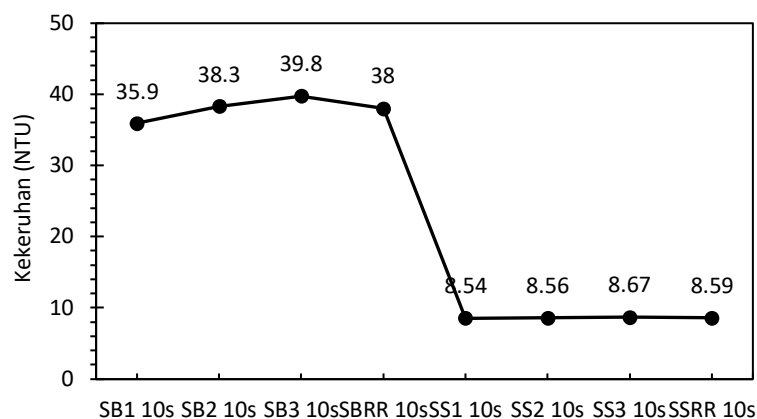
No	Parameter	SK _{10.1}	SK _{10.2}	SK _{10.3}	Rerata	K _{10.1}	K _{10.2}	K _{10.3}	Rerata	Efisiensi Penurunan	Baku Mutu ^{*)}
1	Kekeruhan	35,9	38,3	39,8	38,0	8,54	8,56	8,67	8,59	77 %	< 3 NTU
2	TDS	139	140	141	140	137	133	139	136	-	300 mg/L
3	Suhu	30,8	31,0	30,9	30,9	31,0	31,1	31,1	31,07	-	Suhu udara ± 3°C
4	pH	7,16	7,13	7,10	7,13	7,19	7,18	7,18	7,18	-	6,5-8,5

Keterangan:

SK_{10.1}; SK_{10.2}; SK_{10.3} = Hasil Pemeriksaan Sebelum Perlakuan dengan pengulangan sampling 1-2-3

K_{10.1}; K_{10.2}; K_{10.3} = Hasil Pemeriksaan Sesudah Perlakuan pada HRF isi media Kain panjang 100 cm durasi waktu kontak 10 menit dengan pengulangan sampling 1-2-3

Baku Mutu^{*)} = Permenkes No 2 Th 2023 standar baku mutu kesehatan lingkungan media air minum



Keterangan:

SB1, 2, 3 10s = Kualitas Kekeruhan Sebelum Pengolahan 10 menit ulangan 123

SBRR 10s = Kualitas Kekeruhan Sebelum Pengolahan 10 menit rerata

SS1, 2, 3 10s = Kualitas Kekeruhan Sesudah Pengolahan 10 menit ulangan 123

SSRR 10s = Kualitas Kekeruhan Sesudah Pengolahan 10 menit rerata

Gambar 7 Grafik Hasil Pemeriksaan Kekeruhan pada HRF Isi Media Kain Waktu Kontak 10 Menit

Hasil analisis menunjukkan *Roughing Filter* Aliran *Horizontal* yang paling optimal adalah desain berbentuk balok memanjang dengan dimensi panjang 44,6 m, lebar 2,5 m, dan tinggi 1,7 m. Media filter yang digunakan berupa kerikil (*gravel*) dengan ukuran 24–16 mm dan diasumsikan koefisien permeabilitas $k = 0,1$ m/s. *Roughing Filter* aliran *Horizontal* isi media cangkang kerang dan batu apung yang dikembangkan oleh Setyobudiarso dkk (2022), waktu 210 menit diperoleh penurunan kekeruhan air sungai 90,92% dan kesadahan 51,59% dan *Roughing Filter* aliran *Upflow* waktu 60 menit diameter media 19-22 mm; ketinggian media batu kapur 100 cm; batu kerikil 0 cm; diperoleh penurunan kekeruhan 28,70% dan kesadahan 49,05%.

Kesimpulan

Horizontal Roughing Filter (HRF) untuk penelitian ini dibuat dari pipa PVC diameter 4 inci (0,1 meter) yang diperlukan sebanyak 4 buah dengan panjang masing-masing 2 meter. Bahan yang digunakan pada HRF adalah kain panjang 100 cm. Hasil ujicoba pada HRF isi media Kain durasi 0 menit kekeruhan 33,5 NTU menjadi 2,09 NTU (94%). Durasi 5 menit kekeruhan 27 NTU menjadi 5,49 NTU (80%). Durasi 10 menit kekeruhan 38 NTU menjadi 8,59 NTU (77%). HRF dapat diaplikasi sebagai proses *pretreatment* atau setelah proses *secondary treatment* atau dapat digunakan pada kedua proses tersebut

Referensi

Amir, NR. (2023) Efektivitas *Roughing Filter* dalam Menurunkan Kadar Kontaminan Air Limbah Industri Kelapa Sawit.
<http://repository.unhas.ac.id:443/id/eprint/27470>

Dashti, AF., Aziz, HA., Ibrahim, AH., Zahed, MA. (2020) Suspended Solid Removal of Palm Oil Mill Effluent Using Horizontal Roughing Filter and Calcinated Limestone, *Water Air Soil Pollut* (2020) 231:393
<https://doi.org/10.1007/s11270-020-04755-z>

- Hadi, W. (2012) *Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum*. ITS Press. Surabaya.
- Hamzani, S. dan A. Syarifudin (2022) Uji Kemampuan Media Kain pada Reaktor *Upflow Roughing Filter* (URF) dan *Downflow Roughing Filter* (DRF) untuk Pengolahan Air Sungai, *Jurnal Buletin Profesi Insinyur ULM*, volume 5, nomor 2, hal. 083–088.
<https://doi.org/10.20527/bpi.v5i2.170>
- Mistoro, NM., and Saraswati, SP. (2019) Design and modification of horizontal-flow roughing filter as water treatment at UGM retention pond. *E3S Web of Conferences* 76, 02002,
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/20197602002>
- Mukhopadhyay, B., Majumder, M., Barman, RN., Roy, PK., Mazumder, A. (2009) Verification of filter efficiency of horizontal roughing filter by Weglin's design criteria and Artificial Neural Network, *Drink. Water Eng. Sci.*, 2, 21–27, 2009, www.drink-water-eng-sci.net/2/21/2009/
- PUI-PK BJM. (2021) *Studi Kesehatan Masyarakat di Bantaran Sungai Martapura Desa Antasan Senor dan Desa Kampung Melayu Kabupaten Banjar*. Data Laporan Hasil Kegiatan Pengkajian Masyarakat Tim PUI-Poltekkes Kemenkes Banjarmasin.
- Raharja, M., As Ali Z., Hamzani, S. (2018) Pola Cemaran Bahan Kimia di Aliran Sungai Riam Kanan Kabupaten Banjar. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. Vol 15, No. 2, (639-646).
- Setyobudiarso, H., Sudiro, Agnes, AT. (2022) Uji Banding Efektifitas Roughing Filter Aliran Horizontal dan Aliran Upflow dalam Reduksi Kadar Kekeruhan dan Kesadahan Air Sungai Berantas. Volume 3 Nomor 2 (2022). *Prosiding Semsina (Book 2) ITN Malang Jawa Timur*.
<https://ejournal.itn.ac.id/index.php/semsina/issue/view/240>
- Zubaidah, T., Hamzani, S., Arifin. (2022) *Pencemaran Air Sungai di Kabupaten Banjar Kalimantan Selatan*. Deepublish Publisher, Yogyakarta.