

STUDI PENURUNAN PARAMETER TSS DAN TURBIDITY DALAM AIR LIMBAH DOMESTIK ARTIFISIAL MENGGUNAKAN KOMBINASI VERTICAL ROUGHING FILTER DAN HORIZONTAL ROUGHING FILTER

Imaning Tyas Fitri^{*)}, Ganjar Samudro^{*)}, Sri Sumiyati^{*)}

*) Program Studi Teknik Lingkungan FT UNDIP Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang Semarang

ABSTRACT

This study used a combination of vertical roughing filter (VRF) and horizontal roughing filter (HRF) to reduce the content of Total Suspended Solid (TSS) and Turbidity in domestic wastewater. Variations study was only performed on the reactor VRF. Variations used of waste water discharge $Q_1 = 0.2778$ l/hr, $Q_2 = 0.1389$ l/hr, and $Q_3 = 0.0926$ l/hr; and types of media used is charcoal and gravel with coarse size ($\varnothing 20-10$ mm), medium ($\varnothing 15-6$ mm), and fine ($\varnothing 10-3$ mm). Optimum conditions in the reactor decreased TSS and turbidity at small flow rate or $Q_3 = 0.0926$ l/hr, with a charcoal filter media type, the size of the fine filter media ($\varnothing 10-3$ mm), with an efficiency of 98,58% and 99,71%.

Keywords: *Roughing Filter, Domestic Waste, TSS, Turbidity*

PENDAHULUAN

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan pemukiman (*real estate*), rumah makan (*restaurant*), perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama (KepMen LH 112, 2003). Limbah domestik merupakan larutan yang kompleks yang terdiri dari air dan zat organik serta anorganik, baik berupa padatan terlarut maupun yang mengendap (Asmadi dan Suharno, 2012). Secara fisik kualitas air ditentukan oleh kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) dan *Kekeruhan* (*Turbidity*) dimana diharapkan air itu jernih, tidak berwarna, dan tidak berbau (Asmadi, 2012). *Kekeruhan* (*Turbidity*) pada air limbah domestik disebabkan karena adanya zat – zat tersuspensi yang terkandung di dalam air. *Kekeruhan* (*Turbidity*) yang tinggi dapat mengakibatkan terganggunya sistem osmoregulasi yaitu pernafasan dan daya lihat organisme akuatik, menghambat penetrasi cahaya, mempersulit penyaringan dan mengurangi efektifitas desinfeksi (Effendi, 2003). Air limbah domestik yang mengandung TSS dan kekeruhan yang tinggi, bila tidak diolah terlebih dahulu dan masuk ke badan air maka akan menyebabkan menurunnya kualitas air. Selama ini, di Indonesia sebagian besar pengolahan limbah dilakukan secara fisika,

kimia dan biologi. Namun, pengolahan kimia, fisik, maupun biologi yang biasa diterapkan masih kurang efektif karena semakin kompleksnya limbah yang dihasilkan dan biaya operasional yang tinggi (Sugiarto, 2002 dalam Indrasarimmawati). Pengolahan limbah harus mempertimbangkan segi efisiensi dan biaya pengolahan, sehingga dibutuhkan teknologi yang lebih efektif dan ekonomis. Salah satu alternatif teknologi pengolahan air limbah untuk menurunkan kadar TSS dan Kekeruhan adalah dengan menggunakan *Roughing Filter*.

Roughing filter merupakan pengolahan pendahuluan yang digunakan untuk menurunkan kekeruhan dan padatan tersuspensi di dalam air dimana air dilewatkan pada bak dengan media kasar seperti kerikil, *limestone*, atau gerabah. *Roughing filter* merupakan proses pengolahan air limbah yang efisien karena dapat memisahkan partikel padatan tanpa penambahan bahan kimia. Selain itu *roughing filter* mempunyai waktu operasional yang lama dan perawatan yang mudah (Wegelin, 1996). Ada dua jenis tipe *Roughing filter* yaitu *Vertical roughing filter* (VRF) dan *horizontal roughing filter* (HRF). Telah banyak penelitian yang dilakukan untuk mengetahui efisiensi penyisihan kandungan TSS dan kekeruhan menggunakan *roughing filter*.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Rabindra (2008), penyisihan *Total Suspended Solid* (TSS) dan Kekeruhan menggunakan HRF sebesar 95%. Penyisihan menggunakan VRF berdasarkan penelitian Dastanaie (2007) didapatkan penurunan parameter *Total Suspended Solid* (TSS) dan Kekeruhan sebesar 63,4 % dan 89 %. Penelitian yang telah dilakukan baru menggunakan salah satu jenis *roughing filter*, yaitu VRF atau HRF saja. Untuk itu diperlukan penelitian yang mengkombinasikan efisiensi pengolahan menggunakan VRF maupun HRF sekaligus di dalam proses penyaringan.

METODOLOGI

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui penurunan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dan kekeruhan dari air limbah domestik dengan menggunakan kombinasi *Vertical - Horizontal Roughing Filter*. Limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah air limbah domestik artifisial. Variasi penelitian hanya dilakukan pada reaktor VRF. Dimana variasi yang digunakan adalah debit air limbah yaitu $Q_1= 0,2778$ l/jam, $Q_2= 0,1389$ l/jam, dan $Q_3=0,0926$ l/jam; dan jenis media yang digunakan adalah arang dan kerikil dengan ukuran media kasar ($\varnothing 20-10$ mm), medium ($\varnothing 15-6$ mm), dan halus ($\varnothing 10-3$ mm). Untuk HRF digunakan susunan media filter kerikil, pecahan batu bata, dan arang dengan ukuran media medium ($\varnothing 15-5$ mm). Air limbah domestik artifisial yang mengandung kekeruhan dan padatan tersuspensi dibuat dengan melarutkan *kaolin clay* dengan jumlah tertentu dalam 1 liter aquades. Berdasarkan *trial-error* pelarutan *kaolin clay* dalam aquades, didapatkan nilai TSS yang mendekati yaitu sebesar 1340 mg/l dan kekeruhan sebesar 1100 NTU. Selanjutnya konsentrasi ini digunakan sebagai konsentrasi awal penelitian.

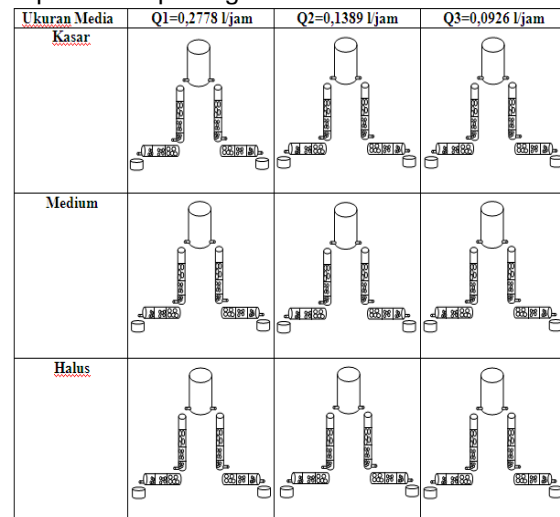
Proses *running* reaktor kombinasi VRF-HRF dilakukan sesuai dengan variabel yang divariasikan. Dimana terdapat 9 buah reaktor dengan variasi debit, jenis media filter dan ukuran media filter. Variasi debit yang dipergunakan adalah $Q_1= 0,2778$ l/jam, $Q_2= 0,1389$ l/jam, dan $Q_3= 0,0926$ l/jam. Masing

masing debit memiliki variasi jenis media pada VRF yaitu arang dan kerikil dengan variasi ukuran media filter kasar ($\varnothing 20-10$ mm), medium ($\varnothing 15-6$ mm), dan halus ($\varnothing 10-3$ mm). Sembilan reaktor ini dijalankan/*running* secara bersama – sama. Output hasil *running* secara bersama – sama. Output hasil *running* ditampung pada bak outlet. Pengambilan sampel dilakukan setiap 3 hari sekali. Sampel air yang telah diambil kemudian dilakukan analisis laboratorium untuk mengetahui penurunan konsentrasi parameter dan pengaruh variabel terhadap penurunan TSS dan Kekeruhan.



Gambar 1
Reaktor VRF-HRF

Proses *running* reaktor kombinasi VRF-HRF dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2
Skema Running Reaktor Kombinasi VRF-HRF

HASIL DAN PEMBAHASAN

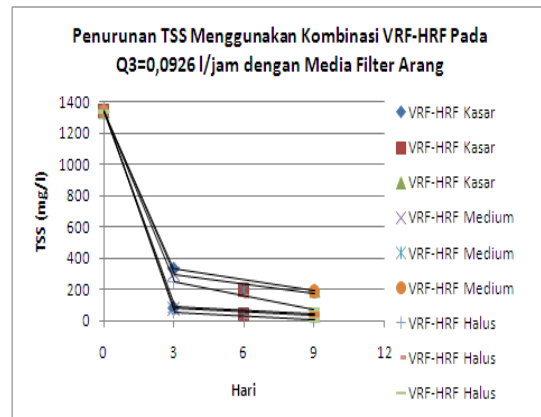
Hasil Penurunan TSS

Tabel 1 menunjukkan hasil penurunan TSS menggunakan kombinasi VRF-HRF

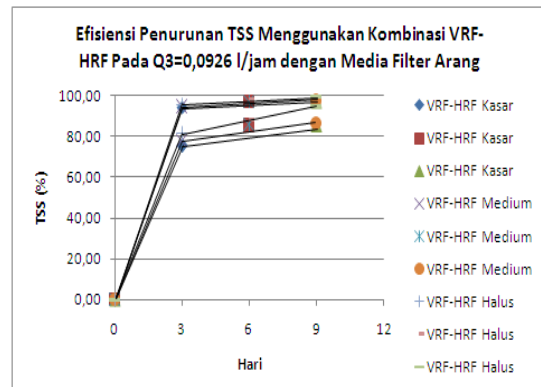
Tabel 1. Hasil Penurunan TSS Menggunakan Kombinasi VRF-HRF dengan Influen 1340 mg/l

Waktu (Hari)	Media	Debit	Effluen TSS (mg/l)									Efisiensi (%)		
			VRF			HRF								
			Kasar	Medium	Halus	Kasar	Medium	Halus	Kasar	Medium	Halus	Kasar	Medium	Halus
3	Arang	Q1= 0,2778 I/jam	507	487	439	152	140	118	88,66	89,55	91,19			
6			358	351	293	92	86	69	93,13	93,58	94,85			
9			289	261	192	69	61	39	94,85	95,45	97,09			
3		Q2= 0,1389 I/jam	349	354	326	87	85	78	93,51	93,66	94,18			
6			192	226	183	38	50	36	97,16	96,27	97,31			
9			179	202	134	32	40	21	97,61	97,01	98,43			
3		Q3= 0,0926 I/jam	331	298	248	78	70	57	94,18	94,78	95,75			
6			195	194	153	38	37	26	97,16	97,24	98,06			
9			196	184	68	38	35	10	97,16	97,39	99,25			
3	Kerikil	Q1= 0,2778 I/jam	564	538	524	168	158	152	87,46	88,21	88,66			
6			310	303	205	78	76	46	94,18	94,33	96,57			
9			219	195	179	50	42	36	96,27	96,87	97,31			
3		Q2= 0,1389 I/jam	343	341	345	92	91	90	93,13	93,21	93,28			
6			247	235	208	58	52	42	95,67	96,12	96,87			
9			205	199	194	40	38	36	97,01	97,16	97,31			
3		Q3= 0,0926 I/jam	247	225	212	58	48	44	95,67	96,42	96,72			
6			183	188	136	36	34	22	97,31	97,46	98,36			
9			211	174	117	40	31	18	97,01	97,69	98,66			

Dari Tabel 1. dapat diketahui bahwa penurunan TSS tertinggi menggunakan kombinasi VRF-HRF terjadi pada debit Q3=0,0926 I/jam dengan media filter arang dengan ukuran media filter halus sebesar 10 mg/l dengan efisiensi penyisihan 99,25 %. Untuk penurunan TSS terendah terjadi pada debit Q1= 0,2778 I/jam dengan media filter kerikil dengan ukuran media filter kasar sebesar 168 mg/l dengan efisiensi penyisihan 87,46 %. Efisiensi penurunan TSS optimal menggunakan kombinasi VRF-HRF terjadi pada media filter arang berukuran halus dengan debit Q3=0,0926 I/jam sebesar 99,25 %.



Gambar 3
 Penurunan TSS pada Q3=0,0926 I/jam dengan Media Filter Arang



Gambar 4
 Efisiensi Penurunan TSS pada Q3=0,0926 I/jam dengan Media Filter Arang

Berdasarkan data hasil penelitian pada tabel 1, diketahui bahwa variasi debit berpengaruh terhadap efisiensi penurunan TSS yaitu dengan debit yang semakin kecil (Q1=0,2778 I/jam; Q2=0,1389 I/jam; Q3=0,0926 I/jam), efisiensi penurunan TSS yang dihasilkan semakin besar. Secara keseluruhan penurunan tertinggi TSS terjadi pada debit Q3= 0,0926 I/jam dan penurunan terendah terdapat pada debit Q1= 0,2778 I/jam. Efisiensi penyisihan TSS semakin meningkat seiring dengan berkurangnya debit. Menurut Luluk Edahwati dan Suprihatin, debit yang terlalu cepat akan menyebabkan tidak berfungsinya filter secara efisien. Sehingga proses penyaringan tidak dapat berjalan dengan sempurna akibat adanya aliran air yang terlalu cepat dalam melewati rongga

diantara butiran media filter. Hal ini menyebabkan berkurangnya waktu kontak antara permukaan butiran media filter dengan air yang disaring. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang didapatkan yaitu semakin kecil debit maka efisiensi penyisihan TSS semakin tinggi. Selain itu, penyisihan yang baik pada roughing filter tercapai dengan baik saat kecepatan filtrasi rendah (Boller, 1993). Kecepatan filtrasi sebanding dengan nilai debit, dimana semakin kecil kecepatan filtrasi maka debit akan semakin kecil dan sebaliknya (Wegelin, 1996). Dengan kecepatan filtrasi rendah akan membantu tertahannya partikel secara gravitasi pada bagian atas media filter (AH Mahvi, 2001).

Disisi lain, variasi ukuran media filter berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan TSS yang mana semakin kecil ukuran media filter (kasar = Ø 20-10 mm; medium= Ø 15-6 mm; dan halus= Ø10-3 mm), efisiensi penyisihan TSS akan semakin besar. Menurut Wegelin (1996) Penggunaan media filter yang lebih kecil dapat meningkatkan efisiensi penyaringan. Ukuran media filter yang kecil akan menyediakan total area permukaan lebih besar yang akan meningkatkan efisiensi penyisihan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nkwonta dan Ochieng (2010) dimana efisiensi tertinggi dicapai pada ukuran media filter halus (Ø12-2 mm) karena semakin kecil ukuran media filter maka celah diantara media juga akan semakin kecil sehingga area permukaan yang tersedia lebih besar untuk mengadsorpsi partikel padatan sehingga efisiensi penyisihan semakin meningkat. Selain itu menurut Edahwati dan Suprihatin, ukuran media filter berpengaruh pada porositas dan daya serap yang mana semakin kecil ukuran butiran, maka luas permukaannya makin besar juga, sehingga daya serapnya semakin besar.

Penggunaan jenis media filter juga mempengaruhi efisiensi penurunan TSS. Dari data hasil penelitian pada poin (1); (2); (3); (4); (5); dan (6), dapat dilihat bahwa efisiensi penurunan TSS menggunakan jenis media filter arang memiliki efisiensi penyisihan yang lebih besar dibandingkan dengan media filter kerikil. Menurut Wegelin (1996) pengaruh

porositas permukaan dan kekasaran media filter pada efisiensi penyisihan partikel pada roughing filter tidak signifikan dibandingkan dengan ukuran dan bentuk pori-pori makro pada filter. Kemampuan penyaringan ditentukan oleh tingkat porositas dan luas permukaan media filter. Tingkat porositas yang tinggi dan luas permukaan yang lebar akan menghasilkan penyaringan yang tinggi pula (Droste 1997, dalam Rahmawati, 2009). Menurut Nkwonta (2010), jenis media arang mempunyai efisiensi penyisihan lebih besar dari kerikil karena arang memiliki porositas dan area permukaan yang lebih besar untuk meningkatkan sedimentasi dan proses filtrasi lain dibandingkan dengan kerikil.

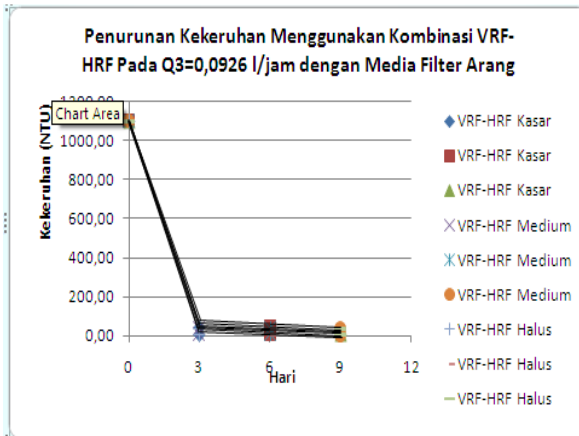
Hasil Penurunan Kekeruhan

Tabel 2 menunjukkan hasil penurunan Kekeruhan menggunakan kombinasi VRF-HRF

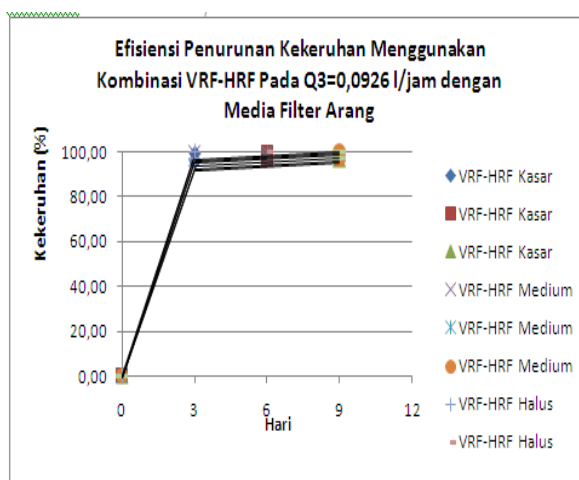
Tabel 2. Hasil Penurunan Kekeruhan Menggunakan Kombinasi VRF-HRF dengan Influen 1100 NTU

Waktu (Hari)	Media	Debit	Effluen Kekeruhan (NTU)						Efisiensi (%)		
			VRF			HRF			Kasar	Medium	Halus
			Kasar	Medium	Halus	Kasar	Medium	Halus			
3	Arang	Q1=	152,78	152,43	145,95	45,59	45,43	43,45	95,86	95,87	96,05
6		0,2778	118,6	103,39	94,48	30,51	25,54	22,78	97,23	97,68	97,93
9		l/jam	105,75	68,41	69,06	26,8	14,85	11,86	97,56	98,65	98,92
3		Q2=	75,45	73,16	71,8	16,88	13,07	12,65	98,47	98,81	98,85
6		0,1389	51,56	50,69	48,97	9,78	8,86	7,67	99,11	99,19	99,30
9		l/jam	53,39	48,85	47,72	7,72	6,22	5,78	99,30	99,43	99,47
3		Q3=	45,16	37,05	32,78	7,73	5,13	4,17	99,30	99,53	99,62
6		0,0926	39,28	35,17	33,34	6,03	4,73	4,01	99,45	99,57	99,64
9		l/jam	37,33	34,4	31,91	5,14	4,47	3,77	99,53	99,59	99,66
3	Kerikil	Q1=	86,66	84,24	82,03	24,93	24,17	23,5	97,73	97,80	97,86
6		0,2778	70,19	69,82	60,37	18,95	17,19	12,11	98,28	98,44	98,90
9		l/jam	72,18	69,73	45,12	18,75	15,2	8,37	98,30	98,62	99,24
3		Q2=	79,02	74,09	65,48	20,12	18,62	15,14	98,17	98,31	98,62
6		0,1389	71,42	60,12	55,54	15,63	12,94	10,77	98,58	98,82	99,02
9		l/jam	65,39	60,41	50,91	13,98	12,75	9,22	98,73	98,84	99,16
3		Q3=	69,17	56,63	59,73	14,93	10,76	10,52	98,64	99,02	99,04
6		0,0926	60,77	56,61	56,45	12,55	10,73	9,75	98,86	99,02	99,11
9		l/jam	59,78	55,97	52,38	12,07	10,55	8,95	98,90	99,04	99,19

Dari Tabel 2. dapat diketahui bahwa penurunan Kekeruhan tertinggi menggunakan kombinasi VRF-HRF terjadi pada debit $Q_3=0,0926$ l/jam dengan media filter arang dengan ukuran media filter halus sebesar 3,77 NTU dengan efisiensi penyisihan 99,66 %. Untuk penurunan Kekeruhan terendah terjadi pada debit $Q_1=0,2778$ l/jam dengan media filter arang dengan ukuran media filter kasar sebesar 45,59 mg/l dengan efisiensi penyisihan 95,85 %. Efisiensi penurunan Kekeruhan optimal pada reaktor kombinasi VRF-HRF terjadi pada media filter arang berukuran halus dengan debit $Q_3=0,0926$ l/jam sebesar 99,66 %.



Gambar 5
 Penurunan Kekeruhan pada $Q_3=0,0926$ l/jam dengan Media Filter Arang



Gambar 6
 Efisiensi Penurunan Kekeruhan pada $Q_3=0,0926$ l/jam dengan Media Filter Arang

Berdasarkan data hasil penelitian pada tabel 2, diketahui bahwa variasi debit berpengaruh terhadap efisiensi penurunan Kekeruhan yaitu dengan debit yang semakin kecil ($Q_1=0,2778$ l/jam; $Q_2=0,1389$ l/jam; $Q_3=0,0926$ l/jam), efisiensi penurunan Kekeruhan yang dihasilkan semakin besar. Secara keseluruhan penurunan tertinggi Kekeruhan terjadi pada debit $Q_3=0,0926$ l/jam dan penurunan terendah terdapat pada debit $Q_1=0,2778$ l/jam. Efisiensi penyisihan Kekeruhan semakin meningkat seiring dengan berkurangnya debit. Menurut Luluk Edahwati dan Suprihatin, debit yang terlalu cepat akan menyebabkan tidak berfungsinya filter secara efisien. Sehingga proses penyaringan tidak dapat berjalan dengan sempurna akibat adanya aliran air yang terlalu cepat dalam melewati rongga diantara butiran media filter. Hal ini menyebabkan berkurangnya waktu kontak antara permukaan butiran media filter dengan air yang disaring. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang didapatkan yaitu semakin kecil debit maka efisiensi penyisihan Kekeruhan semakin tinggi. Selain itu, penyisihan yang baik pada roughing filter tercapai dengan baik saat kecepatan filtrasi rendah (Boller, 1993). Kecepatan filtrasi sebanding dengan nilai debit, dimana semakin kecil kecepatan filtrasi maka debit akan semakin kecil dan sebaliknya (Wegelin, 1996). Dengan kecepatan filtrasi rendah akan membantu tertahannya partikel secara gravitasi pada bagian atas media filter (AH Mahvi, 2001).

Penggunaan jenis media filter pada VRF juga mempengaruhi efisiensi penurunan Kekeruhan. Dari data hasil penelitian dapat dilihat bahwa efisiensi penurunan Kekeruhan menggunakan jenis media filter arang memiliki efisiensi penyisihan yang lebih besar dibandingkan dengan media filter kerikil. Menurut Wegelin (1996) pengaruh porositas permukaan dan kekasaran media filter pada efisiensi penyisihan partikel pada roughing filter tidak signifikan dibandingkan dengan ukuran dan bentuk pori-pori makro pada filter. Kemampuan penyaringan ditentukan oleh tingkat porositas dan luas permukaan media filter. Tingkat porositas yang tinggi dan luas permukaan yang lebar akan

menghasilkan penyaringan yang tinggi pula (Droste 1997, dalam Rahmawati, 2009). Menurut Nkwonta (2010), jenis media arang mempunyai efisiensi penyisihan lebih besar dari kerikil karena arang memiliki porositas dan area permukaan yang lebih besar untuk meningkatkan sedimentasi dan proses filtrasi lain dibandingkan dengan kerikil.

Disisi lain, variasi ukuran media filter pada VRF berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan Kekeruhan yang mana semakin kecil ukuran media filter (kasar = Θ 20-10 mm; medium = Θ 15-6 mm; dan halus = Θ 10-3 mm), efisiensi penyisihan Kekeruhan akan semakin besar. Menurut Wegelin (1996) Penggunaan media filter yang lebih kecil dapat meningkatkan efisiensi penyaringan. Ukuran media filter yang kecil akan menyediakan total area permukaan lebih besar yang akan meningkatkan efisiensi penyisihan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nkwonta dan Ochieng (2010) dimana efisiensi tertinggi dicapai pada ukuran media filter halus (Θ 12-2 mm) karena semakin kecil ukuran media filter maka celah diantara media juga akan semakin kecil sehingga area permukaan yang tersedia lebih besar untuk mengadsorpsi partikel padatan sehingga efisiensi penyisihan semakin meningkat. Selain itu menurut Edahwati dan Suprihatin, ukuran media filter berpengaruh pada porositas dan daya serap yang mana semakin kecil ukuran butiran, maka luas permukaannya makin besar juga, sehingga daya serapnya semakin besar.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian adalah:

1. Kondisi optimum penyisihan *Total Suspended Solid* (TSS) dan Kekeruhan yaitu pada debit $Q_3 = 0,0926$ l/jam dengan media filter arang ukuran halus (Θ 10-3 mm).
2. Debit dan ukuran media filter memiliki pengaruh terhadap penurunan TSS dan Kekeruhan yang mana semakin kecil debit dan semakin kecil ukuran media filter maka penurunan TSS dan Kekeruhan semakin besar. Jenis media filter juga mempengaruhi penurunan

Kekeruhan dan TSS, dimana jenis media arang memiliki efisiensi penyisihan yang lebih besar dibandingkan dengan kerikil.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. Santika. 1987. *Metoda Penelitian Air*. Usaha Nasional: Surabaya.
- Apriadi, Tri. 2008. *Kombinasi Bakteri dan Tumbuhan Air sebagai Bioremediator dalam Mereduksi Kandungan Bahan Organik Limbah Kantin*. IPB. Bogor.
- Asmadi., Suharno. 2012. *Dasar – Dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Gsyen Publishing: Yogyakarta.
- Barman, Nath Rabindra dkk. 2008. *Journal Of Agricultural, Food and Environmental Sciences Vol 2(1)“ Estimation and Calculation Of A Relationship Between Dispersion Number, Reynolds Number, Porosity and Hydraulic Gradient In Horizontal Roughing Filter”*. ISSN 1934-7235. India.
- Boller. M. 1993. *Filter Mechanism In Roughing Filter*. J. Water Supply. Technol.
- Dastanaie, J. 2007. *Use of Horizontal Roughing Filter in Drinking Water Treatment*. Int. J. Sol. Technol.
- Dome, S. 2000. *How To Estimate And Design The Filter Run Duration Of A Horizontal Flow Roughing Filter*. Thammasat Int. J. Sci. Technol.
- Edhawati, Luluk; Suprihatin. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol 1(2)“ Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi dan Filtrasi Pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan”*. Surabaya.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan Perairan*. Kanisius: Yogyakarta.
- GMM, Ochieng; Otieno, FAO. 2006. *Water SA Vol 32(1) “Verification of Wegelin’s Design Criteria For Horizontal Flow Roughing Filter (HRFs) With Alternative Filter Material”*. ISSN 0378-4738. South Africa.
- Indrasarimmawati. 2008. *Laporan Tugas Akhir. Penurunan Warna, COD Dan TSS Limbah Cair Industri Tekstil Menggunakan Teknologi Dielectric Barrier Discharge Dengan Variasi*

- Tegangan Dan Flow Rate Oksigen*.
Undip. Semarang.
- Jayalath, J and Padmasiri JP. 1996. *Gravity Roughing Filter for Pretreatment*.
- Kasam, Yulianto, Andik, dkk. 2009. *Penurunan COD dan Warna pada Limbah Cair Industri Batik dengan Menggunakan Aerobic Roughing Filter Aliran Horizontal*. LOGIKA Vol. 6 Nomor 1, ISSN 1410-2315.
- Kep. MENLH No. 112 Tahun 2003. Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003.
- Levine et al. 1985 in Lasleben, Tamar Rachele. 2008. *Pilot Study of Horizontal Roughing Filter in Northern Ghana as Pretreatment or Highly Turbid Dugout Water*. Massachusetts : Rice University.
- Mahvi, A. H., Moghaddam, M. A., Nasser, A., Kaddafi, K. *Performance Of A Direct Horizontal Roughing Filter System In Treatment Of Highly Turbid Water*. Dept. of Environmental Health Engineering, School of Public Health Center for Environmental Research, Teheran University.
- Metcalf & Eddy, 1993, *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse*, McGraw- Hill Comp.
- Nkwonta, Onyeka; Ochieng, George. 2009. *International Journal Of The Physical Sciences Vol 4(9) " Roughing Filter For Water Pre Treatment Technology In Developing Countries: A Review"*. ISSN 1992-1950 Academic Journals. South Africa.
- Nkwonta, Onyeka. 2010. *A Comparison of horizontal roughing filters and vertical roughing filters in wastewater treatment using gravel as a filter media*. International Journal of the Physical Sciences Vol. 5(8), pp. 1240-1247.
- Nurwidyanto, Irham; Yustiana, Meida; Widada, Sugeng. 2006. Berkala Fisika Vol 9 (4) " *Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Porositas dan Permeabilitas Pada Batu Pasir (Studi kasus: Formasi Ngrayong, Kerek, Ledok dan Selorejo)*". ISSN : 1410-9662. Semarang.
- Oktiawan, Wiharyanto., Krisbiantoro. 2007. *Jurnal Presipitasi Vol 2 (1) " Efektifitas penurunan Fe^{2+} dengan Unit Saringan Pasir Cepat Media Pasir Aktif "*. ISSN 1907-187X. Semarang.
- Peraturan Pemerintah (PP) RI No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Prihatin, Tri, Joko. 2011. *Prosiding Seminar Nasional" Pembuatan Filter Keramik Berbahan Dasar Tanah Liat Sebagai Kandidat Pengolahan Limbah Radioaktif Cair"*. ISSN: 0854-2910. Yogyakarta.
- Puspaningrum, Sugiarti. 2007. *Pengaruh Jenis Adsorben Pada Pemurnian Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar (Jatropha Curcas L)*. IPB. Bogor.
- Rabindra, NB. 2005. *Performance of HRF as a Pretreatment Unit Before Conventional Water Treatment System*.
- Rahmawati, Anis. 2009. *Efisiensi Filter Pasir – Zeolit dan Filter Pasir – Arang Tempurung Kelapa Dalam Rangkaian Unit Pengolahan Air Untuk Mengurangi Mangan dari dalam Air*. Seminar Intrnasional Hasil Penelitian Eksakta 3. Surakarta.
- Slamet, Juli Soemirat. 1994. *Kesehatan lingkungan*. Bandung: Gajah Mada University Press.
- Wegelin, M (1996) *Surface water treatment by roughing filters. A design, construction and Operation manual*, Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology (EAWAG) and Department Water and Sanitation in Developing Countries (SANDEC).
- Wilson, EM. 1993. *Hidrologi Teknik*. Penerbit ITB Bandung.
- Yazid, Fauzia Rahmiyati. 2012. Laporan Tugas Akhir " *Pengaruh Variasi Konsentrasi dan Debit Pada Pengolahan Limbah Domestik Campuran (Grey Water dan Black Water) Menggunakan Reaktor UASB*". Undip. Semarang.