

# STUDI PENURUNAN KANDUNGAN TOTAL COLIFORM DENGAN MENGGUNAKAN KOMBINASI *VERTICAL FLOW ROUGHING FILTER (VRF)* DAN *HORIZONTAL FLOW ROUGHING FILTER (HRF)* PADA AIR BUANGAN DOMESTIK ARTIFISIAL

Irma Suryanti <sup>\*)</sup>, Ganjar Samudro <sup>\*)</sup>, Sri Sumiyati <sup>\*)</sup>

<sup>\*)</sup> Program Studi Teknik Lingkungan FT UNDIP, Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang Semarang  
Email : irma\_suryanti@yahoo.com

## ABSTRACT

*This research aims to reduce the content of total coliform bacteria in domestic wastewater using a combination of vertical flow roughing filter (VRF) and horizontal flow roughing filter (HRF) for each variation of flow rate, the type and the size of filter media. Domestic wastewater influent is used as an artificial wastewater containing total coliform bacteria sample 2400 MPN/100 ml. The results of the best drop reaches 0 MPN/100 ml sample contained in VRF combination with medium-sized fine charcoal filter (10 mm, 6mm and 3mm) on the flow rate 0.0926 liters/hour. Variations in discharge and the size of filter media for total coliform bacteria indicates a decrease inversely proportional relationship, where the smaller size of the discharge and the filter media decreased total coliform bacteria. As for the type of filter media, charcoal filter media types work better than gravel to reduce the content of total coliform bacteria.*

*Keyword : Vertical and horizontal flow roughing filter, domestic wastewater, total coliform bacteria, flow rate, type and size of filter media*

## PENDAHULUAN

Salah satu karakteristik yang dimiliki oleh air buangan domestik adalah karakteristik biologis berupa kandungan bakteri total coliform. Bakteri total coliform merupakan bakteri indikator kehadiran bakteri patogen dan memiliki ketahanan paling besar terhadap desinfektan (Servais, 2007). Keberadaan bakteri ini dalam air buangan domestik dapat membahayakan jika masuk kedalam sumber air melalui pembuangan limbah tinja secara sembarangan ke badan air. Menurut Susilawaty dkk (2007) kandungan bakteri total coliform pada air buangan domestik sebelum dilakukan pengolahan adalah  $16 \times 10^6$  CFU/100 ml.

*Roughing filter* merupakan salah satu alternatif yang dapat dipertimbangkan sebagai unit pengolahan pendahuluan pada air buangan domestik. *Filter* ini merupakan *filter* fisik yang mampu menurunkan kandungan bakteri dan juga mampu menurunkan beberapa parameter kualitas air limbah sebelum air buangan tersebut dibuang ke lingkungan (Nkwonta and Ochieng, 2009). Berdasarkan arah aliran

*roughing filter* dibagi menjadi *vertical flow roughing filter (VRF)* dan *horizontal flow roughing filter (HRF)*. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Ochieng dan Otieno (2004) dijelaskan bahwa HRF mampu menurunkan 94% kandungan total coliform dari air buangan domestik dengan menggunakan media *filter* berupa kerikil, pecahan batu bata dan arang.

Untuk mendapatkan hasil penyaringan yang memuaskan diperlukan keseimbangan antara debit dan kondisi media filter, debit yang terlalu cepat akan menyebabkan tidak berfungsinya filter secara efisien (Edahwati dan Suprihatin). Menurut Nkwonta dan Ochieng (2009), penggunaan jenis media filter seperti serabut kelapa, batu kapur dan material plastik dianggap tidak efektif karena untuk pengoperasian jangka panjang media filter ini dapat menimbulkan bau dan warna pada efluen air yang dihasilkan dan sulit didapatkan. Oleh sebab itu, lebih lanjut Ochieng (2006) menjelaskan bahwa penggunaan kerikil, pecahan batu bata dan arang dianggap lebih efektif sebagai media

filter dalam unit pengolahan pendahuluan karena media filter jenis ini memiliki permukaan area pori spesifik dan nilai porositas yang besar sehingga memiliki daya serap yang baik dalam proses filtrasi. Untuk ukuran media filter, Wegelin (1996) menjelaskan bahwa ukuran media filter yang digunakan pada *roughing filter* berkisar antara 20–4 mm.

Penelitian mengenai kombinasi VRF dan HRF ini merupakan kajian untuk mendapatkan debit, jenis dan ukuran media filter optimum dalam menurunkan kandungan bakteri total coliform pada air buangan domestik. Selain itu juga untuk mengetahui hubungan debit, jenis dan ukuran media filter terhadap penurunan bakteri total coliform pada air buangan domestik. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai pertimbangan untuk memilih nilai debit, jenis dan ukuran media filter yang tepat dalam menurunkan kandungan bakteri total coliform pada air buangan domestik dengan menggunakan kombinasi VRF dan HRF.

## METODE PENELITIAN

### 1. Air Buangan Artifisial

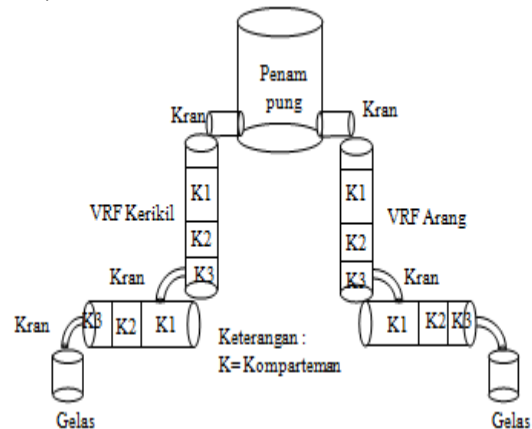
Air buangan artifisial adalah air buangan yang dibuat dengan mengikuti karakteristik air buangan yang ada di lingkungan. Dalam penelitian ini kandungan bakteri total coliform pada air buangan artifisial didapatkan melalui kultur murni bakteri total coliform yang dibiakan pada media *nutrient broth*. Melalui pengujian secara kuantitatif didapatkan kandungan bakteri total coliform sebesar  $48 \times 10^8 / 100$  ml yang selanjutnya diuji secara kualitatif dan didapatkan kandungan total coliform sebanyak 2400 MPN/100 ml sampel. Kandungan inilah yang digunakan sebagai influen bakteri total coliform pada air buangan domestik

### 2. Kombinasi VRF dan HRF

Reaktor VRF dan HRF yang digunakan dalam penelitian ini yaitu reaktor berskala *batch* yang berbentuk tabung dengan ukuran masing- masing diameter (d)= 9 cm dan panjang (L)= 25 cm. Ketinggian media filter pada VRF yaitu 20 cm dan pada HRF yaitu 4 cm. Variabel penelitian terbagi menjadi tiga yaitu :

- Variabel bebas : debit (l/jam), jenis dan ukuran media filter (mm)
- Variabel terikat : penurunan bakteri total coliform pada air buangan domestik artifisial
- Variabel kontrol : pH dan suhu (°C)

Nilai debit didapatkan dari hasil bagi antara volume air buangan yang masuk yaitu 20 liter dengan waktu tinggal (td) 3 hari, 6 hari dan 9 hari. Sehingga didapatkan nilai debit  $Q_1 = 0,2778$  l/jam,  $Q_2 = 0,1389$  l/jam dan  $Q_3 = 0,0926$  l/jam. Untuk variabel jenis dan ukuran media filter, pada VRF digunakan variasi media filter kerikil dan arang yang masing- masing berukuran kasar (20 mm, 15 mm, 10 mm), medium (15 mm, 10 mm, 6 mm) dan halus (10 mm, 6 mm, 3 mm). Sedangkan pada HRF digunakan media filter kerikil (15 mm), pecahan batu bata (10 mm) dan arang (5 mm) dalam satu reaktor.



**Gambar 1.** Skema Alat Penelitian  
Sumber : Hasil Analisa, 2012

Pengambilan sampel dilakukan pada efluen VRF dan HRF setiap 3 hari sekali. Sedangkan pengambilan nilai pH dan suhu dilakukan setiap hari sebagai kondisi operasional penelitian. Sampel diuji secara kualitatif dengan menggunakan metode MPN tiga tabung untuk mengetahui kandungan bakteri total coliform setelah melalui tahap pengolahan dengan kombinasi VRF dan HRF.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

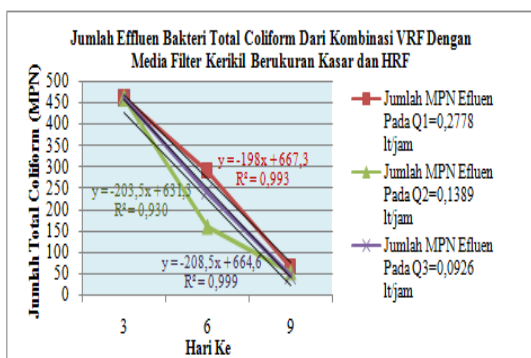
### 1. Air Buangan Artifisial

Air buangan artifisial dibuat dari kultur murni bakteri total coliform yang dibiakan pada media *nutrient broth*, selanjutnya hasil

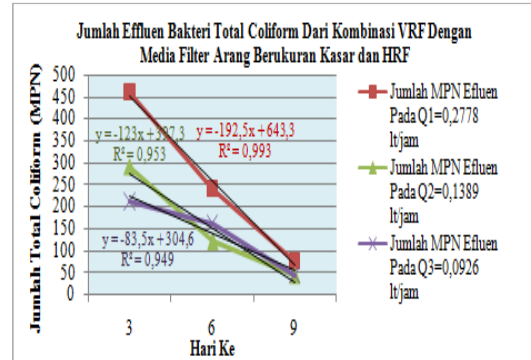
kultur bakteri tersebut diencerkan pada 9 ml akuades steril. Hasil pengenceran ke tujuh menunjukkan jumlah bakteri total coliform sebesar  $48 \times 10^8$  /100 ml melalui pengujian secara kuantitatif. Untuk mendapatkan jumlah bakteri total coliform dalam jumlah tetap dilakukan pengujian kualitatif dan untuk kandungan total coliform sebesar  $48 \times 10^8$  /100 ml didapatkan hasil pengujian kualitatif bakteri total coliform sebesar 2400 MPN/100 ml sampel. Hasil pengenceran ini kemudian dimasukkan ke dalam 20 liter air bersih dan diaklimatisasi selama 3 hari untuk mendapatkan jumlah bakteri total coliform yang sama dengan hasil pengenceran. Air buangan hasil aklimatisasi inilah yang digunakan sebagai influen yang akan diolah dengan kombinasi VRF dan HRF.

**2. Hubungan Variasi Debit Terhadap Penurunan Bakteri Total Coliform Pada Kombinasi VRF dan HRF**

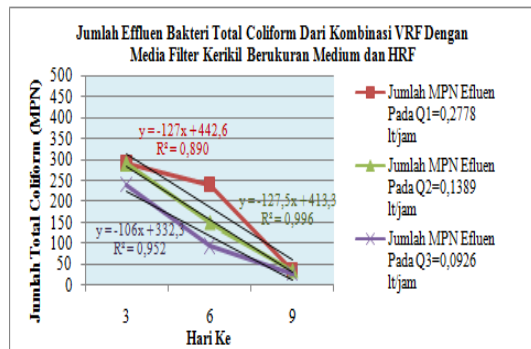
Dalam pengoperasian *roughing filter*, debit sangat diperlukan untuk menentukan kriteria aliran sebelum masuk ke unit pengolahan selanjutnya (Barman, 2008). Wegelin (1996) juga menjelaskan bahwa salah satu target desain dalam pembuatan *roughing filter* adalah menentukan debit yang paling efektif dalam menurunkan parameter yang dianalisis. Berikut ini diberikan grafik pengaruh variasi debit terhadap penurunan bakteri total coliform.



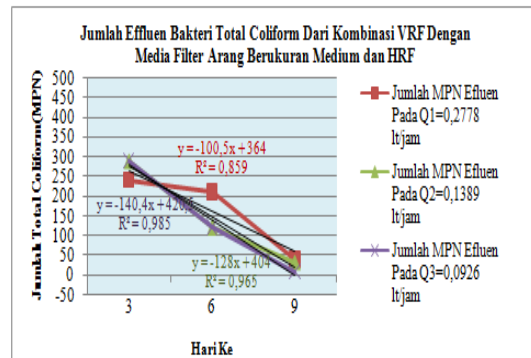
**Gambar 2.** Grafik Penurunan Bakteri Total Coliform Menggunakan Kombinasi VRF Dengan Media Filter Kerikil Berukuran Kasar dan HRF Terhadap Variasi Debit  
Sumber : Hasil Analisa, 2012



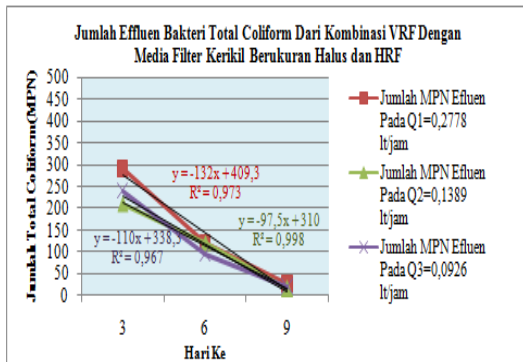
**Gambar 3.** Grafik Penurunan Bakteri Total Coliform Menggunakan Kombinasi VRF Dengan Media Filter Arang Berukuran Kasar dan HRF Terhadap Variasi Debit  
Sumber : Hasil Analisa, 2012



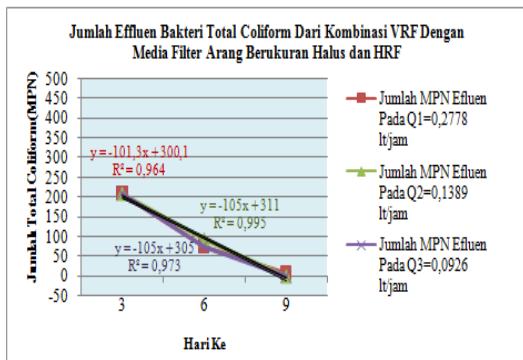
**Gambar 4.** Grafik Penurunan Bakteri Total Coliform Menggunakan Kombinasi VRF Dengan Media Filter Kerikil Berukuran Medium dan HRF Terhadap Variasi Debit  
Sumber : Hasil Analisa, 2012



**Gambar 5.** Grafik Penurunan Bakteri Total Coliform Menggunakan Kombinasi VRF Dengan Media Filter Arang Berukuran Medium dan HRF Terhadap Variasi Debit  
Sumber : Hasil Analisa, 2012



**Gambar 6.** Grafik Penurunan Bakteri Total Coliform Menggunakan Kombinasi VRF Dengan Media Filter Kerikil Berukuran Halus dan HRF Terhadap Variasi Debit  
 Sumber : Hasil Analisa, 2012



**Gambar 7.** Grafik Penurunan Bakteri Total Coliform Menggunakan Kombinasi VRF Dengan Media Filter Arang Berukuran Halus dan HRF Terhadap Variasi Debit

Secara keseluruhan gambar diatas menunjukkan hubungan antara debit aliran terhadap penurunan kandungan bakteri total coliform pada masing- masing jenis dan ukuran media filter. Kandungan bakteri total coliform menurun secara signifikan pada setiap variasi debit seiring dengan meningkatnya waktu tinggal air buangan pada reaktor. Efluen dengan penurunan terendah yaitu sebesar 460 MPN/ 100 ml terdapat pada kondisi  $Q_1 = 0,2778$  liter/ jam,  $Q_2 = 0,1389$  liter/jam dan  $Q_3 = 0,0926$  liter/jam pada kombinasi VRF dengan media filter kerikil berukuran kasar (*coarse*) dan HRF serta kondisi  $Q_1 = 0,2778$  liter/ jam pada kombinasi VRF dengan media filter arang berukuran kasar (*coarse*) dan HRF dengan waktu tinggal masing- masing selama 3 hari.

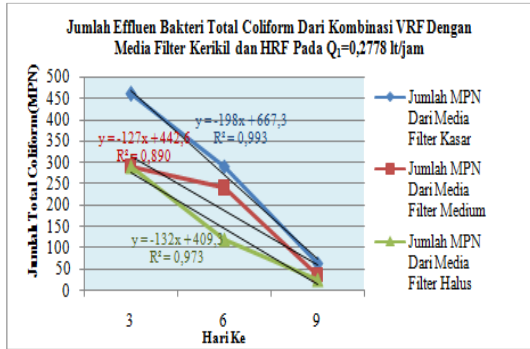
Sedangkan efluen dengan penurunan tertinggi yaitu 0 MPN/ 100 ml terdapat pada

kondisi  $Q_2 = 0,1389$  liter/jam dan  $Q_3 = 0,0926$  liter/jam pada kombinasi VRF dengan media filter arang berukuran halus (*fine*) dan HRF dengan waktu tinggal selama 9 hari. Menurut Edhawati dan Suprihatin, untuk mendapatkan hasil penurunan yang baik diperlukan keseimbangan antara debit filtrasi dan kondisi media yang ada. Nilai debit yang terlalu cepat akan menyebabkan tidak berfungsinya filter secara efisien. Dalam penelitian ini didapatkan hasil bahwa semakin kecil nilai debit maka penurunan bakteri total coliform akan semakin tinggi. Begitu pula sebaliknya semakin besar nilai debit maka penurunan bakteri total coliform akan semakin rendah.

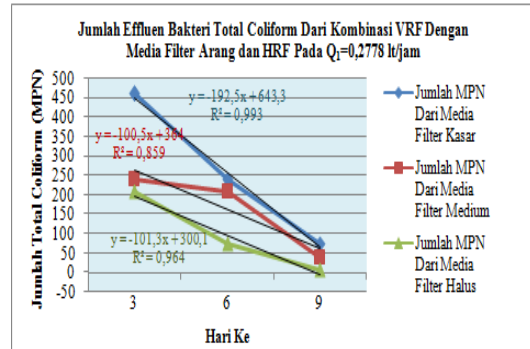
Menurut Said (2002) dalam Jenni (2011) dengan debit yang kecil akan membuat waktu kontak yang terjadi antara air limbah dengan lapisan biofilm akan semakin lama. Dalam hal ini bakteri total coliform merupakan mikroorganisme yang membentuk lapisan biofilm yang menyelimuti media filter (Said, 2006). Dengan debit yang kecil maka semakin besar kesempatan bakteri total coliform untuk membentuk lapisan biofilm, sehingga bakteri tersebut tidak ikut keluar dalam efluen air buangan. Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Putra, Rantjono dan Ningrum (2009) yang menyatakan bahwa semakin kecil debit maka kualitas penyaringan akan semakin baik.

### 3. Hubungan Variasi Jenis dan Ukuran Media Filter Terhadap Penurunan Kandungan Bakteri Total Coliform Menggunakan Kombinasi VRF dan HRF

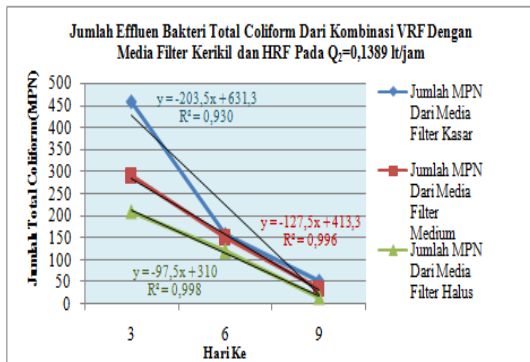
Jenis dan ukuran media filter pada kombinasi VRF dan HRF juga mempengaruhi penurunan bakteri total coliform pada air buangan domestik. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Nkwonta dan Ochieng (2009) penggunaan jenis media filter kerikil, pecahan batu bata dan arang pada HRF mampu menurunkan kandungan bakteri total coliform sebanyak 94 %. Berikut ini diberikan grafik pengaruh jenis dan ukuran media filter terhadap penurunan bakteri total coliform.



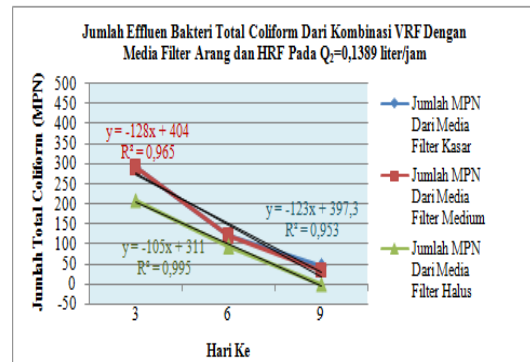
**Gambar 8.** Grafik Penurunan Total Coliform Menggunakan Kombinasi VRF Dengan Media Filter Kerikil dan HRF Terhadap Variasi Jenis dan Ukuran Media Filter Pada  $Q_1 = 0,2778$  liter/jam  
 Sumber : Hasil Analisis, 2012



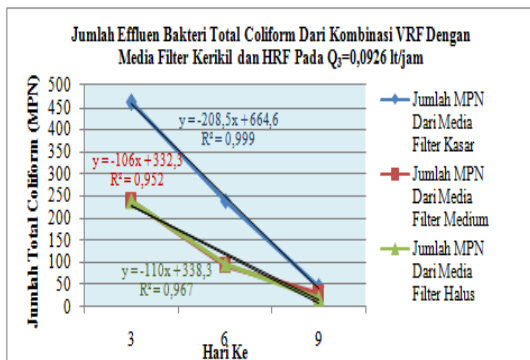
**Gambar 11.** Grafik Penurunan Total Coliform Menggunakan Kombinasi VRF Dengan Media Filter Arang dan HRF Terhadap Variasi Jenis & Ukuran Media Filter Pada  $Q_1 = 0,2778$  liter/jam  
 Sumber : Hasil Analisa, 2012



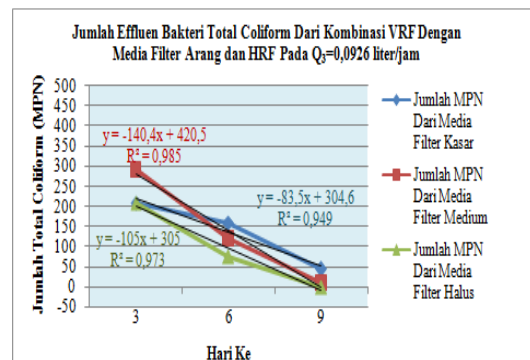
**Gambar 9.** Grafik Penurunan Total Coliform Menggunakan Kombinasi VRF Dengan Media Filter Kerikil dan HRF Terhadap Variasi Jenis dan Ukuran Media Filter Pada  $Q_2 = 0,1389$  liter/jam  
 Sumber : Hasil Analisa, 2012



**Gambar 12.** Grafik Penurunan Total Coliform Menggunakan Kombinasi VRF Dengan Media Filter Arang dan HRF Terhadap Variasi Jenis & Ukuran Media Filter Pada  $Q_2 = 0,1389$  liter/jam  
 Sumber : Hasil Analisa, 2012



**Gambar 10.** Grafik Penurunan Total Coliform Menggunakan Kombinasi VRF Dengan Media Filter Kerikil dan HRF Terhadap Variasi Jenis dan Ukuran Media Filter Pada  $Q_3 = 0,0926$  liter/jam  
 Sumber : Hasil Analisa, 2012



**Gambar 13.** Grafik Penurunan Total Coliform Menggunakan Kombinasi VRF Dengan Media Filter Arang dan HRF Terhadap Variasi Jenis & Ukuran Media Filter Pada  $Q_3 = 0,0926$  liter/jam  
 Sumber : Hasil Analisa, 2012



Selama waktu tinggal 9 hari, penurunan bakteri total coliform yang paling rendah terdapat pada kombinasi HRF dan VRF dengan media filter jenis kerikil yaitu 15 MPN/ 100 ml. Sedangkan penurunan yang paling tinggi terdapat pada kombinasi HRF dan VRF dengan media filter jenis arang yaitu mencapai 0 MPN/ 100 ml. Hubungan antara ukuran media filter dan penurunan bakteri total coliform memiliki kecenderungan membentuk persamaan garis lurus.

Dalam proses filtrasi kerikil berfungsi sebagai media penyangga yang dapat menghindari terjadinya penyumbatan partikel- partikel padat yang terbawa oleh aliran air buangan. Sedangkan arang adalah bahan padat berpori yang terbentuk dari hasil pembakaran bahan- bahan yang mengandung karbon. Sebagai media filter arang digunakan karena memiliki daya serap dan absorpsi yang sangat baik terhadap bahan organik, gas, bau, warna dan ion- ion logam berat pada air buangan. Selain hal tersebut arang juga merupakan jenis media filter yang memiliki nilai porositas yang tinggi.

Pada media filter, semakin besar persentase porositas maka semakin besar pula volume pori yang terdapat pada media filter, begitu juga sebaliknya (Prihatin, 2011). Dalam penelitian ini arang yang digunakan sebagai media filter adalah arang kayu dengan nilai porositas 41%. Sedangkan nilai porositas kerikil berukuran kasar, medium dan halus berturut- turut 28%, 32% dan 34% (Purnama, 2000; Prihatin, 2011). Ukuran media filter juga mempengaruhi penurunan kandungan bakteri total coliform pada air buangan.

Menurut Nkwonta (2010), *efisiensi removal* akan meningkat pada media filter berukuran kecil. Ukuran media filter berhubungan dengan nilai permeabilitas. Dimana nilai permeabilitas ini dipengaruhi oleh ukuran, butir, sebaran, arah susunan dan bentuk butiran media filter serta debit. Permeabilitas memberikan gambaran kemampuan media filter untuk menghantarkan air dan juga merupakan fungsi dari porositas (Wilson EM, 1993). Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa semakin kecil ukuran media filter maka penurunan bakteri total coliform akan semakin tinggi, begitu pula sebaliknya. Hal ini sesuai dengan hasil

penelitian Nurwidyanto (2006) yang menjelaskan bahwa ukuran media filter dengan porositas dan permeabilitas mempunyai hubungan linear yang kuat dan berkorelasi negatif yaitu semakin besar ukuran butir media filter maka semakin kecil porositas dan permeabilitasnya.

#### **4. Kondisi Maksimum Kombinasi VRF dan HRF Menurunkan Kandungan Bakteri Total Coliform**

Kondisi maksimum dalam penelitian ini didasarkan pada penurunan tertinggi kandungan bakteri total coliform pada air buangan domestik dengan menggunakan kombinasi VRF dan HRF pada variasi debit aliran, jenis dan ukuran media filter. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hubungan berbanding terbalik antara debit dan ukuran media filter terhadap penurunan total coliform, dimana semakin kecil nilai debit dan ukuran media filter maka penurunan bakteri total coliform akan semakin tinggi, sebaliknya semakin besar nilai debit dan ukuran media filter maka penurunan bakteri total coliform akan semakin rendah. Selama waktu tinggal 3, 6 dan 9 hari, penurunan tertinggi bakteri total coliform dengan kombinasi VRF dan HRF terdapat pada nilai debit 0,0926 liter/jam, ukuran media filter halus ((10 mm, 6 mm dan 3 mm). Selain itu, media filter jenis arang bekerja lebih baik dalam menurunkan kandungan bakteri total coliform dibandingkan kerikil.

**Tabel 1.** Kondisi Maksimum Penurunan Bakteri Total Coliform Dengan Menggunakan Kombinasi VRF dan HRF

Hari Ke	Efluen Bakteri Total Coliform (MPN)	Kondisi Maksimum Penelitian		
		Debit (Liter/jam)	Jenis Media Filter Pada VRF	Ukuran Media Filter Pada VRF (mm)
3	210	$Q_3 = 0,0926$	Arang	Halus (10, 6, 3)
6	75	$Q_3 = 0,0926$	Arang	Halus (10, 6, 3)
9	0	$Q_3 = 0,0926$	Arang	Halus (10, 6, 3)

Sumber : Hasil Analisa, 2012

## **5. Mekanisme Penyisihan Bakteri Total Coliform Menggunakan Kombinasi VRF dan HRF**

Mekanisme penyisihan kandungan bakteri coliform pada roughing filter pada umumnya sama dengan penyisihan dengan proses filtrasi lainnya. Air buangan domestik yang mengandung bakteri total coliform akan melalui tahap pengolahan penyaringan mekanis, sedimentasi, adsorpsi, proses kimia dan aktivitas biologi (Huisman, 1974). Tahap-tahap pengolahan yang berbeda ini akan berfungsi dalam mengurangi kandungan mikroorganisme patogen.

Penyaringan mekanis akan menghilangkan partikel yang berukuran lebih besar dari pori-pori media filter. Sedimentasi berfungsi untuk memisahkan padatan yang mengendap dengan metode gravitasi. Selanjutnya adsorpsi yaitu kombinasi antara proses penarikan massa dan gaya elektrostatis, pada proses ini memungkinkan terjadinya kontak antara padatan dan material filter (Wegelin, 1996). Pada umumnya mikroorganisme dalam proses filtrasi akan disisihkan dengan aktivitas biologis.

Aktivitas biologi akan terbentuk pada filter ketika sumber partikel organik disimpan pada material filter. Bakteri atau mikroorganisme lainnya akan membentuk lapisan yang tipis dan menempel disekeliling media filter yang disebut dengan lapisan biofilm. Selain itu juga akan terbentuk rangkaian besar dari material organik yang mengapung pada pori-pori media filter (Wegelin, 1996). Bakteri total coliform merupakan mikroorganisme yang terdapat dalam proses filtrasi dan membentuk lapisan biofilm. Selain bakteri total coliform, mikroorganisme lain yang biasanya terdapat dalam proses filtrasi yaitu *Bacillus subtilis*, *Proteus vulgaris*, *Clostridium tetani*, *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* (Said, 2006). Dengan adanya aktivitas biologis dari mikroorganisme tersebut maka efluen air buangan tidak akan mengandung bakteri patogen lagi.

## **KESIMPULAN**

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian studi penurunan kandungan total coliform dengan menggunakan kombinasi *vertical flow roughing filter* (VRF) dan *horizontal flow roughing filter* (HRF) pada air

buangan domestik artifisial adalah sebagai berikut :

1. Debit yang paling efektif digunakan pada kombinasi VRF dan HRF yaitu  $Q_3 = 0,0926$  liter/jam. Sedangkan jenis dan ukuran media filter yang paling efektif yaitu terdapat pada kombinasi VRF dengan media filter arang berukuran halus (10 mm, 6 mm dan 3 mm)
2. Hubungan antara debit dengan penurunan bakteri total coliform yaitu penurunan bakteri total coliform semakin meningkat seiring dengan menurunnya nilai debit. Sedangkan untuk jenis dan ukuran media filter, penurunan akan meningkat pada jenis media filter yang memiliki nilai porositas tinggi dan pada media filter yang berukuran kecil. Media filter jenis arang bekerja lebih baik dibandingkan kerikil dalam menurunkan bakteri total coliform.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- 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.
- Edhawati, Luluk; Suprihatin. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol 1(2) "Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi dan Filtrasi Pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan"*. Surabaya.
- Huisman. 1974. *Rapid Filtration*. Delf University of Technology.
- 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.
- 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.
- 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.
- Putra, Sugili; Rantjono, Suryo; Ningrum, Aster. 2009. Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir “ *Penggunaan Perunut I-131 Untuk Mempelajari Proses Penyaringan Menggunakan Filter Pasir*”. ISSN 1978-0176. Yogyakarta.
- Prihatin, Tri, Joko. 2011. Prosiding Seminar Nasional” *Pembuatan Filter Keramik Berbahan Dasar Tanah Liat Sebagai Kandidat Pengolahan Limbah Radioaktif Cair*”. ISSN: 0854-2910. Yogyakarta.
- Said, Idaman, Nusa. 2006. JAI Vol 2 (1) “ *Aplikasi Proses Biofiltrasi dan Ultrafiltrasi Untuk Pengolahan Air Minum*”. BPPT. Jakarta.
- Servais, Pierre. Et al. 2007. *Fecal bacteria in the rivers of the Seine drainage network (France): Sources, fate and modeling*. Université Libre de Bruxelles. Bruxelles.
- Susilawaty, Andi; Djaffar, Muhamad; Daud, Anwar. 2007. Jurnal Sains dan Teknologi Vol 7(1)“ *Efektivitas Sistem Saringan Multimedia Dalam Menurunkan TSS, BOD, NH<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub> dan Total Coliform Pada Limbah Cair Rumah Tangga*”. ISSN 1411-4674. Makassar.
- Wegelin, Martin. 1996. *Surface Water Treatment By Roughing Filters*. Swiss Centre For Development Cooperation In Technology and Management (SKAT). St. Gallen Switzerland.