

## STUDI WAKTU KONTAK DAN KETEBALAN MEDIA PADA FILTRASI TEKNOLOGI RAINWATER HARVESTING DI UNIVERSITAS TIDAR

Agredetya Nada Fairuz<sup>1</sup>, Muhammad Amin<sup>2</sup>, Achmad Rafi'ud Darajat<sup>3</sup>  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar,  
Jl. Kapten Suparman 39 Potrobangsari, Magelang Utara, Magelang, Jawa Tengah 56116  
E-mail : <sup>1</sup>[agredetyanada16@gmail.com](mailto:agredetyanada16@gmail.com), <sup>2</sup>[muhammadamin@untidar.ac.id](mailto:muhammadamin@untidar.ac.id),  
<sup>3</sup>[achmadrafi@untidar.ac.id](mailto:achmadrafi@untidar.ac.id)

### ABSTRAK

Pemanenan air hujan sebagai sumber air baku alternatif dapat mengurangi limpasan air. Namun air hujan telah mengalami kontak dengan berbagai macam zat polutan yang terdapat di udara. Pada pengujian di Gedung 3 Fakultas Teknik Universitas Tidar, air hujan mengandung kadar *E. Coli* 8 CFU/100ml dan *Coliform* 69 CFU/100ml yang melampaui standar baku mutu Permenkes Nomor 32 Tahun 2017. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh ketebalan media dan waktu kontak pada setiap media terhadap peningkatan kualitas air hujan menggunakan metode *Vertical Flow Roughing Filter* aliran *Up Flow* dengan 3 filter berisi kerikil zeolit, karbon aktif, dan pasir vulkanik, dengan masing-masing memiliki 3 variasi ketebalan berbeda, yaitu 60 cm, 70 cm, dan 80 cm. Alat dioperasikan selama 18 menit dengan pengambilan sampel setiap 6 menit. Hasil regresi logistik dan uji *log likelihood* menunjukkan bahwa tidak terjadi pengaruh signifikan pada semua media filtrasi dalam menurunkan nilai *E. Coli* dan *Coliform*, namun efisiensi tertinggi terjadi pada menit ke-18 dengan ketebalan 80 cm pada setiap media. Pada filtrasi kerikil zeolit memiliki efisiensi penurunan *E. Coli* dan *Coliform* mencapai 100%. Pada filtrasi karbon aktif memiliki efisiensi penurunan *E. Coli* 100% dan *Coliform* 51%. Pada filtrasi pasir vulkanik memiliki efisiensi penurunan *E. Coli* 100% dan *Coliform* 35%.

---

Kata kunci: Filtrasi, Pemanenan Air Hujan, Regresi Logistik, Ketebalan Media, Waktu Kontak

### ABSTRACT

Rainwater harvesting as an alternative raw water source can reduce water runoff. However, rainwater has been in contact with various pollutants in the air. In testing in Building 3, Faculty of Engineering, Tidar University, rainwater contained levels of *E. Coli* 8 CFU/100ml and *Coliform* 69 CFU/100ml which exceeded the quality standard of the Minister of Health Regulation No. 32 of 2017. This study aims to see the effect of media thickness and contact time on each media to improve rainwater quality using the *Vertical Flow Roughing* method. *Up Flow* filter flow with 3 filters containing zeolite gravel, activated carbon, and volcanic sand, with each having 3 different thickness variations, namely 60 cm, 70 cm, and 80 cm. The filter is operated for 18 minutes with sampling every 6 minutes. The results of logistic regression and log likelihood test showed that there was no significant effect on all filtration media in reducing the value of *E. Coli* and *Coliform*, but the highest efficiency occurred at 18 minutes with a thickness of 80 cm in each medium. In zeolite gravel filtration, the efficiency of reducing *E. Coli* and *Coliform* reaches 100%. In activated carbon filtration, the efficiency of *E. Coli* reduction was 100% and *Coliform* 51%. In volcanic sand filtration, the efficiency of *E. Coli* reduction is 100% and *Coliform* is 35%.

---

Keywords: Filtration, Rainwater Harvesting, Logistic Regression, Thickness of Media, Contact Time

## PENDAHULUAN

Metode pemanenan air hujan atau *Rainwater Harvesting* (RWH), merupakan cara untuk memanen air hujan yang memanfaatkan atap bangunan gedung sebagai media pengumpulan air hujan, air hujan yang jatuh pada sisi atap bangunan disalurkan melalui pipa kemudian dikumpulkan dan disimpan dalam bak penampung [1]. Pada pengujian air hujan di Gedung 3 Fakultas Teknik Universitas Tidar, air hujan mengandung kadar *E. Coli* 8 CFU/100ml dan *Coliform* 69 CFU/100ml yang melampaui standar baku mutu Permenkes Nomor 32 Tahun 2017. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh ketebalan media dan waktu kontak pada setiap media terhadap peningkatan kualitas air hujan.

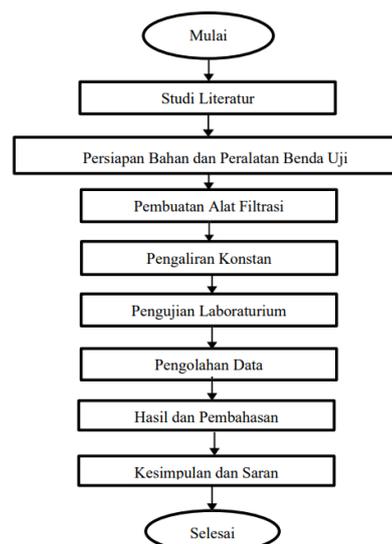
Berdasarkan studi literatur, salah satu *treatment* air yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan proses filtrasi. Air yang melaju mengarah vertical atau tegak lurus membuat polutan padat yang terkandung di dalam air dapat mengendap di bagian bawah filtrasi. Pada filter vertikal *Up Flow*, disuplai oleh air yang mengalir di bagian bawah filter [2].

Penyaringan menggunakan sistem *upflow* diyakini lebih efektif dalam mengurangi terjadinya *deadlock* pada media. Selain itu, lebih mudah untuk membersihkan media. Sistem filtrasi *upflow* tidak memerlukan bahan kimia, dapat menghilangkan mangan, besi, dan warna serta kekeruhan. Filtrasi sistem *Up Flow* juga dapat menghilangkan polutan organik dan amonia [3].

Ketebalan media dan waktu filtrasi memiliki pengaruh terhadap kualitas air, dapat disimpulkan bahwa ketebalan media filter berpengaruh besar terhadap debit filtrasi dan mengurangi nilai parameter yang terkandung dalam air, semakin tebal media filter maka semakin lambat debit filtrasi, namun kualitas air limbah rumah tangga yang dihasilkan semakin baik [4].

## METODE

Skema metode penelitian studi waktu kontak dan ketebalan media pada filtrasi teknologi rainwater harvesting di Universitas Tidar ditunjukkan pada Gambar 1.

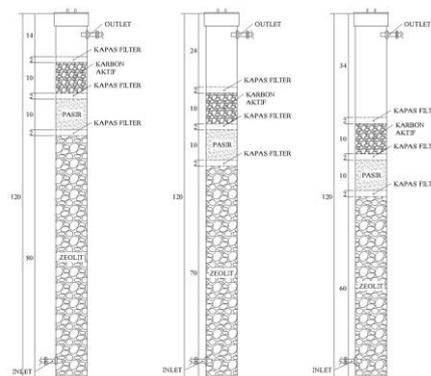


Gambar 1. Skema Metode Penelitian

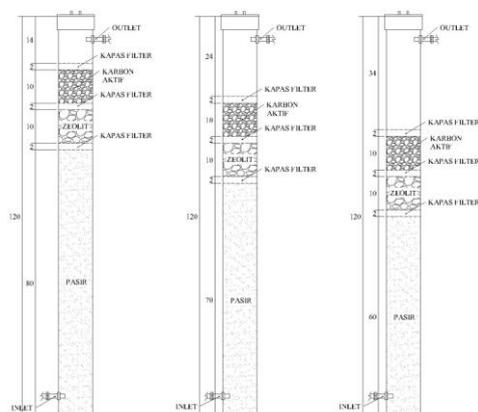
Pada penelitian ini digunakan media dengan ketebalan 80cm, 70 cm, dan 60 cm pada setiap variasi per medianya serta waktu kontak pada masing-masing filter adalah 6 menit, 12 menit, dan 18 menit.

### 1. Alat dan Bahan

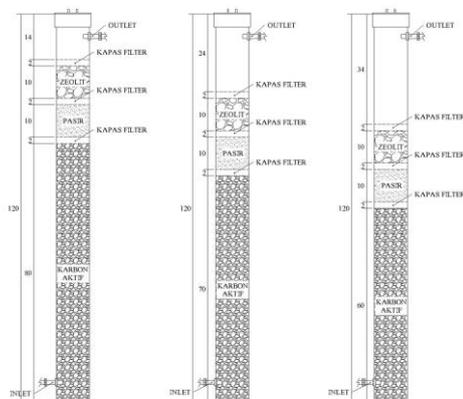
Alat filtrasi dibuat menggunakan pipa pvc berukuran 4” dengan panjang 1,2 meter. Kemudian bahan yang diperlukan adalah kerikil zeolit, karbon aktif, pasir vulkanik, dan kapas filter. Detail penyusunan lapisan media di setiap filter ditunjukkan pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.



Gambar 2. Variasi Filtrasi Kerikil Zeolit



Gambar 3. Variasi Filtrasi Pasir Vulkanik



Gambar 4. Variasi Filtrasi Karbon Aktif

## 2. Pengambilan Sampel dan Running Alat

Proses running alat filtrasi dimulai dari penampungan air hujan dari atap Gedung pada kolam buatan berukuran 1 m x 2 m x 0,5 m. Setelah ditampung, kolam diletakan pada Gedung 3 Fakultas Teknik Universitas Tidar selama 26 hari sejak 29 April 2022 – 24 Mei 2022. Air hujan dapat di filter dan running alat yang dilakukan dengan cara menyambungkan pompa pembantu dari kolam penampung dengan selang menuju inlet alat filterasi. Setelah air memasuki filter, proses filterasi dimulai dan air akan keluar melalui outlet filter, lalu masuk kedalam botol kaca berukuran 250 ml untuk dilakukan uji laboratorium yang dilakukan di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan Dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP), Yogyakarta. Pengambilan sampel dilakukan pada hari Selasa 24 Mei 2022, dilakukan mulai pukul 05.35 WIB pada filter 1 dan

kelipatannya hingga semua filter selesai sampai pukul 11.04 WIB.

## 3. Pengolahan Data

Adapun tahap dalam pengolahan data dilakukan pada langkah berikut:

### 1. Efisiensi Filter

Hasil filtrasi dianalisa di laboratorium untuk mengetahui efisiensi penurunan yang terjadi pada parameter *E. Coli* dan *Coliform*, setelah hasil diketahui lalu dapat dicari efisiensinya dengan membandingkan influent dan effluent dan dinyatakan dalam persen. Perhitungan efisiensi :

$$Efisiensi = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\%$$

Keterangan :

$C_{out}$  = Hasil sesudah filtrasi

$C_{in}$  = Hasil sebelum filtrasi

### 2. Regresi Logistik

Pada penelitian ini digunakan model regresi logistik untuk mengetahui pengaruh penurunan *E. Coli* dan *Coliform* dengan waktu operasi dan ketebalan media pada masing-masing filtrasi dengan aplikasi SPSS. Regresi logistik biner merupakan model linier umum yang digunakan untuk regresi binomial dan banyak digunakan sebagai alat analisis pemodelan ketika variabel respon (Y) bersifat biner. Istilah biner mengacu pada penggunaan kategori dua bilangan, 0 dan 1, sebagai pengganti dua kategori variabel respons. Pengujian hipotesis dilakukan secara bersamaan untuk mengetahui apakah variabel independen yang digunakan secara simultan mempengaruhi variabel terikat. Dalam model regresi logistik biner, uji perbandingan kemungkinan digunakan untuk menguji parameter secara bersamaan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Pengujian Air Hujan Sebelum Filtrasi

Hasil pengujian air hujan sebelum filtrasi ditunjukkan pada Tabel 1.

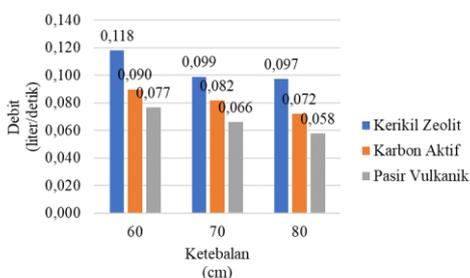
Tabel 1. Hasil Air Hujan Sebelum Filtrasi

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Hasil Uji
1	<i>E.Coli</i>	CFU/100ml	0	8
2	<i>Coliform</i>	CFU/100ml	50	69

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa kualitas air hujan parameter biologi di lingkungan Gedung 3 Fakultas Teknik Universitas Tidar tidak memenuhi standar baku mutu Permenkes RI Nomor 32 Tahun 2017. Parameter yang tidak memenuhi standar baku mutu tersebut yaitu meliputi bakteri *E. Coli* mencapai 8 CFU/100ml dan *Coliform* mencapai 69 CFU/100ml. Permasalahan kualitas air tersebut perlu segera ditangani dengan melakukan pengolahan air dengan filtrasi menggunakan media filter yang dapat menghilangkan bakteri *E. Coli* dan *Coliform*, yaitu dengan karbon aktif, kerikil zeolite dan pasir vulkanik. Filtrasi pada penelitian ini menggunakan tiga jenis variasi filter yang memiliki ketebalan yang berbeda

## 2. Perhitungan Debit Filtrasi Masing-Masing Filter

Debit diukur dengan cara menghitung waktu yang diperlukan untuk mengisi penuh penampungan air berkapasitas 1 liter. Pengulangan dilakukan 3 kali dan dicari rata-ratanya. Hasil pengukuran debit ditampilan pada Gambar 5.



Gambar 5. Data Debit Masing-Masing Filter

Berdasarkan Gambar 5 diketahui bahwa debit tercepat yaitu pada alat filtrasi menggunakan kerikil zeolite dengan ketebalan 60cm yaitu sebesar 0,118 liter/detik. Filter dengan debit terkecil yaitu pada alat filtrasi menggunakan pasir vulkanik dengan ketebalan 80 cm yaitu sebesar 0,058 liter/detik. Filter dengan pasir vulkanik memiliki debit yang lebih kecil dikarenakan ukuran butiran media lebih halus dan rapat serta memiliki kepadatan yang tinggi, sedangkan pada filter dengan kerikil zeolite mempunyai ukuran media dengan butiran yang lebih besar sehingga kerapatan lebih

longgar dan berongga yang menyebabkan air lebih mudah lolos. Air lebih mudah lolos pada media filter yang berongga dan memiliki celah sehingga saat mengalir waktu yang diperlukan untuk filtrasi semakin singkat.

## 3. Hasil Pengujian Laboratorium Setelah Proses Filtrasi

Hasil pengujian parameter kualitas air ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Setelah Filtrasi

Media Filtrasi	Ketebalan Media (Cm)	Waktu Kontak (Menit)	<i>E. Coli</i>			<i>Coliform</i>		
			Kadar Maksimum (CFU/100ml)	Hasil Uji (CFU/100ml)	M/ TM	Kadar Maksimum (CFU/100ml)	Hasil Uji (CFU/100ml)	M/ TM
Kerikil Zeolit	80	6	0	4	TM	50	52	TM
		12	0	0	M	50	8	M
		18	0	0	M	50	0	M
	70	6	0	6	TM	50	23	M
		12	0	0	M	50	20	M
		18	0	0	M	50	4	M
	60	6	0	7	TM	50	67	TM
		12	0	3	TM	50	24	M
		18	0	2	TM	50	6	M
Karbon Aktif (GAC)	80	6	0	10	TM	50	TNTC	TM
		12	0	8	TM	50	TNTC	TM
		18	0	0	M	50	34	M
	70	6	0	30	TM	50	TNTC	TM
		12	0	23	TM	50	TNTC	TM
		18	0	12	TM	50	TNTC	TM
	60	6	0	34	TM	50	TNTC	TM
		12	0	24	TM	50	TNTC	TM
		18	0	0	M	50	39	M
Pasir Vulkanik	80	6	0	35	TM	50	TNTC	TM
		12	0	29	TM	50	TNTC	TM
		18	0	0	M	50	45	M
	70	6	0	42	TM	50	TNTC	TM
		12	0	35	TM	50	TNTC	TM
		18	0	10	TM	50	TNTC	TM
	60	6	0	44	TM	50	TNTC	TM
		12	0	37	TM	50	TNTC	TM
		18	0	0	M	50	49	M

Tabel 2 menjelaskan hasil uji laboratorium terhadap parameter kualitas air yang meliputi nilai kandungan Bakteri *E. Coli* dan *Coliform*. Filter tersebut dioperasikan dengan air yang mengalir selama 6 menit, 12 menit dan 18 menit kemudian diambil sampel setiap waktu yang diamati. Dapat diketahui bahwa kandungan tingkat *E. Coli* menurun signifikan menggunakan filter dengan kerikil zeolit pada ketebalan 80 cm dengan waktu kontak selama 6 menit dan 18 menit, sehingga nilai yang terdapat pada kandungan *E. Coli* sudah memenuhi standar baku mutu Permenkes RI Nomor 32 Tahun 2017. Namun pada beberapa filter kandungan *E. Coli* dan *Coliform* masih melebihi standar baku mutu yang disyaratkan dan terdapat keterangan TNTC (Too Numerous Too Count) yang berarti hasil uji air sudah tidak dapat dihitung

lagi menggunakan alat, karena batas maksimal koloni per grup adalah 300.

#### 4. Analisa Efisiensi Penurunan Parameter Kualitas Air Hujan

Perhitungan efisiensi dilakukan dengan menentukan konsentrasi nilai awal dan konsentrasi nilai akhir parameter *E. Coli* & *Coliform* dengan cara mengurangkan konsentrasi zat parameter uji sebelum filtrasi dengan konsentrasi parameter uji setelah filtrasi kemudian membaginya dengan konsentrasi parameter uji sebelum filtrasi dan dijadikan persen. Efisiensi penurunan parameter tersebut dihitung pada masing-masing filter Perhitungan efisiensi penurunan nilai parameter dilakukan untuk mengetahui efektifitas filtrasi pada setiap ketebalan dan waktu operasi. Hasil analisa efisiensi ditunjukkan pada Tabel 3.

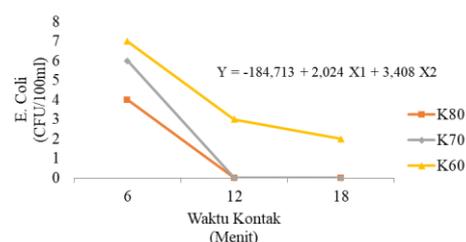
Tabel 3. Hasil Analisis efisiensi Penurunan Nilai Parameter *E. Coli* dan *Coliform*

Media Filtrasi	Ketebalan Media (Cm)	Waktu Kontak (Menit)	E. Coli			Coliform		
			Konsentrasi Awal (CFU/100ml)	Konsentrasi Akhir (CFU/100ml)	Efisiensi Penurunan (%)	Konsentrasi Awal (CFU/100ml)	Konsentrasi Akhir (CFU/100ml)	Efisiensi Penurunan (%)
Kerikil Zeolit	80	0	8	8	0%	69	69	0%
		6	8	4	50%	69	52	25%
		12	8	0	100%	69	8	88%
		18	8	0	100%	69	0	100%
		0	8	8	0%	69	69	0%
		6	8	6	25%	69	23	67%
	70	12	8	0	100%	69	20	71%
		18	8	0	100%	69	4	94%
		0	8	8	0%	69	69	0%
		6	8	7	13%	69	67	3%
		12	8	3	63%	69	24	65%
		18	8	2	75%	69	6	91%
Karbon Aktif (GAC)	80	0	8	8	0%	69	69	0%
		6	8	10	-25%	69	TNTC	TNTC
		12	8	8	0%	69	TNTC	TNTC
		18	8	0	100%	69	34	51%
		0	8	8	0%	69	69	0%
		6	8	30	-275%	69	TNTC	TNTC
	70	12	8	23	-188%	69	TNTC	TNTC
		18	8	12	-50%	69	TNTC	TNTC
		0	8	8	0%	69	69	0%
		6	8	34	-325%	69	TNTC	TNTC
		12	8	24	-200%	69	TNTC	TNTC
		18	8	0	100%	69	39	43%
Pasir Vulkanik	80	0	8	8	0%	69	69	0%
		6	8	35	-338%	69	TNTC	TNTC
		12	8	29	-263%	69	TNTC	TNTC
		18	8	0	100%	69	45	35%
		0	8	8	0%	69	69	0%
		6	8	42	-425%	69	TNTC	TNTC
	70	12	8	35	-338%	69	TNTC	TNTC
		18	8	10	-25%	69	TNTC	TNTC
		0	8	8	0%	69	69	0%
		6	8	44	-450%	69	TNTC	TNTC
		12	8	37	-363%	69	TNTC	TNTC
		18	8	0	100%	69	49	29%

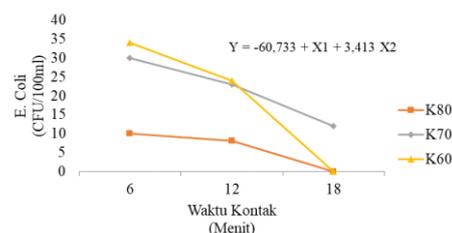
#### 5. Analisa Regresi Logistik

Analisa regresi logistik dilakukan untuk mengetahui pengaruh penurunan *E. Coli* dengan waktu operasi dan ketebalan media pada masing-masing filtrasi dengan menggambarkan grafik untuk menjelaskan masing-masing perlakuan dan dapat diketahui seberapa besar variabel satu dapat menjelaskan variabel yang lain. Data yang dikumpulkan meliputi dua variabel yaitu X1

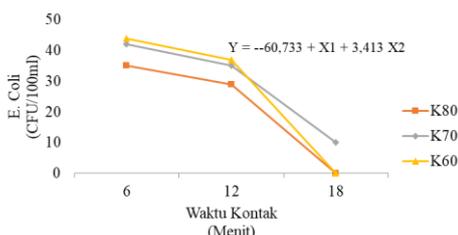
= ketebalan media (cm), X2 = waktu kontak (menit), dan Y = keberhasilan filter memenuhi standar PerMenKes dengan asumsi (1= Memenuhi, 0= Tidak Memenuhi). Grafik hubungan penurunan *E. Coli* dengan waktu operasi 6 menit, 12 menit, dan 18 menit pada alat filtrasi menggunakan kerikil zeolit, karbon aktif, dan pasir vulkanik ditunjukkan pada Gambar 6 sampai Gambar 11.



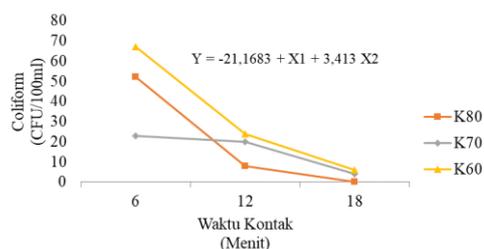
Gambar 6. Hubungan Pengaruh Waktu Kontak dan Ketebalan Terhadap *E. Coli* Pada Filtrasi Kerikil Zeolite



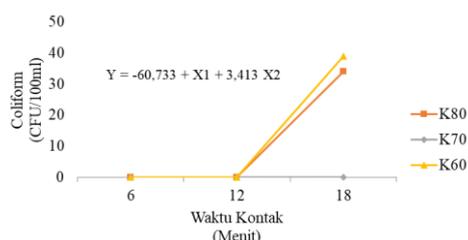
Gambar 7. Hubungan Pengaruh Waktu Kontak dan Ketebalan Terhadap *E. Coli* Pada Filtrasi Karbon Aktif



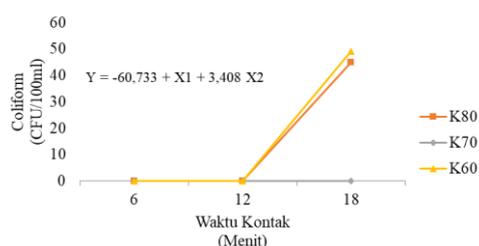
Gambar 8. Hubungan Pengaruh Waktu Kontak dan Ketebalan Terhadap *E. Coli* Pada Filtrasi Pasir Vulkanik



Gambar 9. Hubungan Pengaruh Waktu Kontak dan Ketebalan Terhadap *Coliform* Pada Filtrasi Kerikil Zeolite



Gambar 10. Hubungan Pengaruh Waktu Kontak dan Ketebalan Terhadap *Coliform* Pada Filtrasi Karbon Aktif



Gambar 11. Hubungan Pengaruh Waktu Kontak dan Ketebalan Terhadap *Coliform* Pada Filtrasi Pasir Vulkanik

Gambar-gambar diatas menjelaskan bahwa model regresi logistik yang terbentuk menjadi lebih baik. Pada gambar-gambar diatas juga terlihat bahwa nilai konstanta bernilai negatif yang berarti jika tidak ada penambahan ketebalan media dan waktu kontak, maka tidak ada penurunan nilai *E. Coli* & *Coliform*. Nilai variabel  $X_1$  &  $X_2$  bernilai positif yang berarti setiap ada penambahan ketebalan media dan waktu kontak, maka ada kemungkinan akan terjadi penurunan nilai *E. Coli* & *Coliform*, namun tidak terjadi pengaruh signifikan antara ketebalan media dan waktu kontak dengan nilai *E. Coli* & *Coliform* karena nilai signifikan pada *variables in the equation* lebih besar daripada  $\alpha$  atau  $> 0,05$ .

## KESIMPULAN

Hasil regresi logistik dan uji *log likelihood* menunjukkan bahwa tidak terjadi pengaruh signifikan pada semua media filtrasi dalam menurunkan nilai *E. Coli* dan *Coliform*, namun efisiensi tertinggi terjadi pada menit ke-18 dengan ketebalan 80 cm pada setiap media. Pada filtrasi kerikil zeolite yang terbuat dari senyawa aluminosilikat dalam bentuk kerangka tetrahedral terbuka tiga dimensi berbentuk jaringan berpori dan berongga, yang berfungsi sebagai adsorben atau penukar ion memiliki efisiensi penurunan *E. Coli* dan *Coliform* tertinggi yang mencapai efisiensi sebesar 100%. Pada filtrasi karbon aktif memiliki efisiensi penurunan *E. Coli* 100% dan *Coliform* 51%. Pada filtrasi pasir vulkanik memiliki efisiensi penurunan *E. Coli* 100% dan *Coliform* 35%.

## SARAN

Pada penelitian ini saran yang dapat dijadikan perbaikan pada penelitian selanjutnya yaitu:

1. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai ketebalan media zeolite agar diperoleh hasil filtrasi yang lebih maksimal.
2. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pencucian filter dan pemakaian setelah filter dicuci untuk mengetahui apakah efektifitasnya menurun atau mengalami kejenuhan.
3. Sebaiknya air hujan atau air yang ingin di filtrasi dan di *treatment* tidak ditampung terlalu lama karena dapat menyebabkan pertumbuhan bakteri semakin banyak, sehingga nilai kandungan parameter biologinya semakin bertambah.
4. Dapat dilakukan penambahan variasi ukuran gradasi media dan ketebalan media untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal
5. Dapat dilakukan penambahan treatment air agar diperoleh hasil air yang dapat digunakan lebih optimal.

6. Dapat dilakukan dengan pemberian waktu operasi yang lebih variatif sehingga dapat diketahui efisiensi dan hasil yang lebih optimal.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Harsoyo, B, “Teknik Pemanenan Air Hujan (Rain Water Harvesting) Sebagai Alternatif Upaya Penyelamatan Sumber Daya Air Di Wilayah Dki Jakarta”, Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca, Vol. 11, No. 2, pp. 29-39, 2010.
- [2] Wegelin, M, “Surface Water Treatment by Roughing Filters : A Design, Construction and Opertaion Manual”, 1996.
- [3] Artiyani, A., dan Firmansyah, N. H, “Kemampuan Filtrasi Upflow Pengolahan Filtrasi Up Flow Dengan Media Pasir Zeolit Dan Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Fosfat Dan Deterjen Air Limbah Domestik”, Industri Inovatif, Vol. 6(1), pp. 8–15, 2016.
- [4] Muhajar, “Pengaruh Ketebalan Media Dan Waktu Filtrasi Terhadap Pengolahan Limbah Rumah Tangga”, Jurnal Teknik Its, Vol. 5(2), pp. 144-149, 2020.