

# Kajian Efisiensi Proses dan Operasi Unit Filter pada Instalasi IPA Paket Kedunguling PDAM Kabupaten Sidoarjo

Abdul Rochman Al Khakim dan Alfian Purnomo

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail:* alfian\_p@enviro.its.ac.id

**Abstrak**—PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo selalu berupaya meningkatkan pelayanan terhadap pelanggannya yaitu dengan meningkatkan pengolahan air diberbagai instalasi. Instalasi yang digunakan dalam kajian penelitian ini yaitu Instalasi Pengolahan Air di Kedunguling. IPA Kedunguling memiliki berbagai permasalahan dalam sistem proses maupun operasi tiap unitnya. Diperlukan kajian penelitian dalam menguraikan masalah tersebut. Kajian penelitian ini hanya memfokuskan masalah pada salah satu unitnya saja yaitu unit filter. Unit filter IPA ini kurang efektif dalam proses backwash dan hasilnya sehingga perlu pembenahan dalam dua hal tersebut. Ditinjau dari permasalahan itu, maka dalam kajian penelitian ini dibuat reaktor filter dengan alternatif ketebalan media dan lama waktu backwash. Alternatif media nya dibagi menjadi dua dengan beda tebal media pada media pasir silika dan antrasit sedangkan alternatif lama waktu backwash dibagi tiga yaitu 3, 5, dan 7 menit. Parameter yang dianalisa hanya parameter kekeruhan. Hasil penelitian ini yaitu media yang efektif adalah media dengan media pasir silika yang lebih tebal daripada media pasir antrasitnya, sedangkan untuk lama waktu backwashnya yang efektif adalah lama waktu 7 menit pada media efektif. Lama waktu ini dipilih karena %removalnya lebih baik dibandingkan dengan alternatif yang lainnya.

**Kata Kunci**—Filter, Backwash, Kekeruhan, dan IPA Paket Kedunguling.

## I. PENDAHULUAN

**P**ERUSAHAAN Daerah Air Minum (PDAM) Delta Tirta Sidoarjo merupakan salah satu Instansi Pemerintah dalam bidang penyedia jasa air bersih bagi kebutuhan masyarakat Kabupaten Sidoarjo dan sekitarnya. Air bersih dalam hal ini digunakan untuk berbagai kegiatan sehari-hari masyarakat Sidoarjo seperti memasak, makan, minum, dan mandi serta pekerjaan mulai dari skala rumah tangga hingga industri. Dengan demikian, maka optimalisasi dalam suatu instalasi yang sudah ada dalam proses dan operasi sangat diperlukan. Selain untuk menjamin mutu air dalam segi kuantitas dan kualitas, kajian proses dan operasi dalam suatu Instalasi Pengolahan Air (IPA) dapat mengurangi biaya operasi yang cukup signifikan. Salah satu IPA di PDAM Delta Tirta Sidoarjo yang dibahas dalam penelitian ini adalah IPA Kedunguling yang terletak di Desa Kedung Banjar Kecamatan Candi Kabupaten Sidoarjo. Air baku yang digunakan adalah saluran avur (pembuangan). IPA Kedunguling Kabupaten

Sidoarjo merupakan IPA Paket dengan pengolahan air secara konvensional, dimana terdiri dari unit intake, pengadukan cepat, pengadukan lambat, sedimentasi, filter, desinfeksi, dan reservoir.

Dalam proses dan pengoperasian IPA Kedunguling terdapat permasalahan yang cukup penting, yaitu Permasalahan IPA Paket secara keseluruhan terjadi di masing-masing unitnya. Terutama unit filter karena unit ini salah satu unit utama dalam pengolahan air dan unit yang krusial dalam menghasilkan kualitas air yang bagus. Unit filter di IPA Paket 1 Kedunguling mengalami beberapa permasalahan yaitu kinerja yang kurang efektif dan efisien sehingga kualitas air belum maksimal serta saat backwash berlangsung tidak adanya air yang masuk ke reservoir yang mengakibatkan ketersediaan air untuk sistem distribusi ke pelanggan terganggu.

Berdasarkan dari permasalahan diatas maka dalam penelitian ini dikaji penelitian tentang efisiensi kinerja IPA Paket 1 Kedunguling terutama bagian unit filtrasi dalam proses dan operasinya. Fokus kajian penelitian ini pada operasi unit filter dengan menggunakan alternatif ketebalan media dan lama waktu backwash. Penelitian kajian penelitian ini diharapkan bisa memberikan alternatif – alternatif untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas IPA Paket 1 Kedunguling khususnya dan PDAM Kabupaten Sidoarjo pada umumnya.

## II. URAIAN PENELITIAN

### A. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan bagian paling penting dalam setiap penelitian. Pengumpulan terbagi menjadi pengumpulan data sekunder dan data primer. Pengumpulan data sekunder ini didapatkan dari data dari IPA Kedunguling maupun pengukuran di lapangan (kondisi eksisting) sedangkan pengumpulan data primer terdiri dari persiapan alat dan bahan untuk pembuatan reaktor filter yang menggunakan media yang sama dengan filter pada kondisi nyata, Sehingga reaktor filter merupakan replika dari unit filter IPA Paketnya. Kemudian hasil outlet filter yang diuji kualitasnya dengan menggunakan metode turbidimeter. Parameter kualitas air yang diuji yaitu kekeruhan.

**B. Persiapan Media dan Pembuatan Reaktor**

Media yang digunakan dalam penelitian sesuai dengan media yang digunakan pada unit filter IPA Paket yaitu dual media, media pasir silika dan antrasit. Sedangkan pembuatan reaktor skala LAB didasarkan pada kecepatan filtrasi unit filter IPA Paket yaitu 18m/jam, dari kecepatan itu dapat ditentukan dimensi reaktor sebesar 16x16cm dengan tinggi 2 m. Ketinggian reaktor dari hasil perhitungan ayakan media yang digunakan pada reaktor.

**C. Analisa Kualitas Effluent**

Analisa Kualitas Effluent yaitu analisa pada hasil outlet dari reaktor unit filter yang sudah dibuat dengan menggunakan parameter kekeruhan. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui media mana yang ketebal nya efektif dan media mana yang memberikan waktu operasi lebih panjang hingga filter mengalami clogging. Analisa ini juga untuk mengetahui waktu backwash yang efektif selama proses backwash pada reaktor unit filter berlangsung.

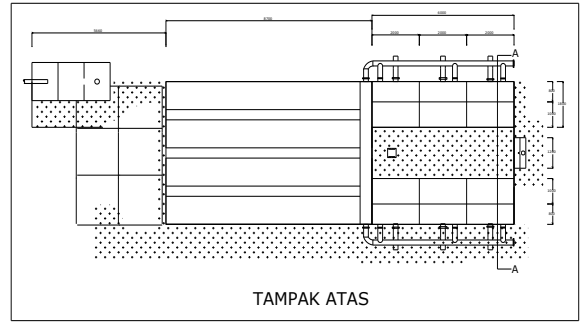
**D. Penentuan Lama Waktu Backwash dan Ketebalan Media yang Efektif**

Penentuan waktu backwash dan media yang paling efektif ditentukan dengan lama operasi filter hingga mengalami clogging dengan beberapa alternatif waktu backwash 3,5 dan 7 menit serta menggunakan alternatif ketebalan media dimana dibedakan tebal media pasir silika dan antrasitnya.

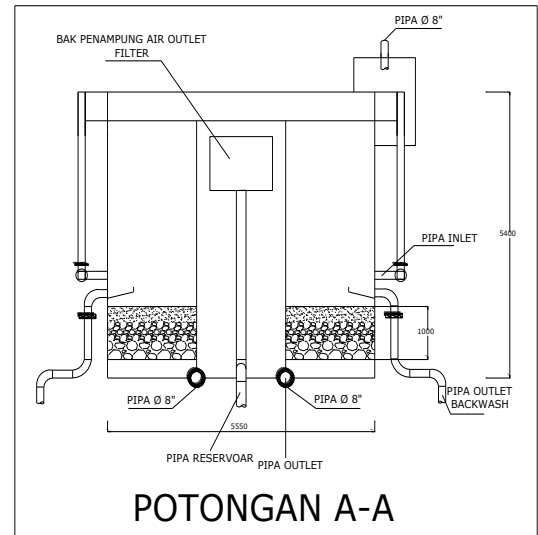
**E. Pengaruh Lama Waktu Bacwakh Dengan Volume Air yang Terbuang**

Efisiensi lama waktu backwash berpengaruh pada volume air yang terbuang saat proses backwash berlangsung karena pada dasarnya backwash menggunakan air hasil outlet unit filter itu sendiri., sehingga saat proses backwash berlangsung tidak ada air yang masuk ke reservoir.

kedalamannya berdasarkan perhitungan tinggi ekspansi media.



Gambar 1. Tampak Atas IPA Paket 1 Kedunguling



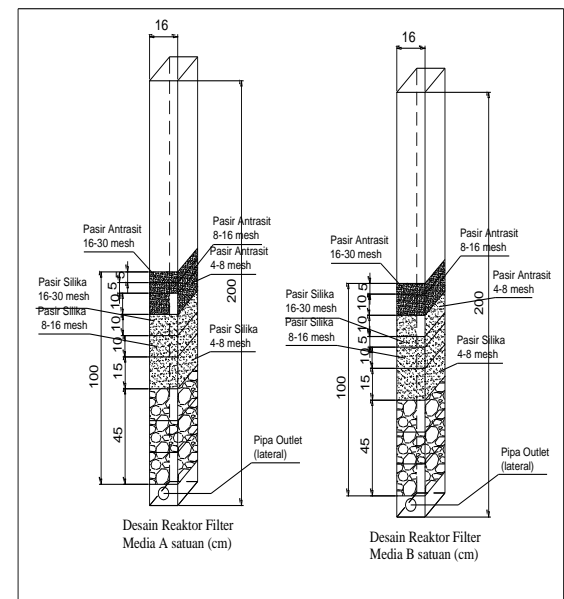
Gambar 2. Potongan Membujur Unit Filter IPA Paket 1 Kedunguling

**III. ANALISA DAN PEMBAHASAN**

**A. Pembuatan Reaktor Filter Skala Lab**

Penelitian ini menggunakan reaktor filter skala lab yang disesuaikan dengan kondisi real unit filter IPA Paket di lapangan. Penggunaan reaktor ini dimaksudkan agar penelitian bisa dilakukan tanpa harus mengganggu kegiatan operasional IPA Paket nya. Reaktor filter ini agak berbeda dengan unit filter IPA Paketnya antara lain bentuk, dimensi dan debitnya. Adapun penjelasannya sebagai berikut :

- a) Reaktor filter menggunakan bentuk persegi, bentuk ini dipilih dengan pertimbangan tempat yang disediakan di IPA Paket agar penempatannya bisa optimal dan memudahkan dalam pemasangan serta sistem perpipaannya.
- b) Reaktor filter ini berukuran 16 x 16 cm dengan tinggi 2m. Penentuan dimensi luasnya didasarkan pada pertimbangan biaya dari bahan yang digunakan, pengoptimalan pengamatan secara langsung dan nilai estetika pada umumnya. Sedangkan untuk penentuan



Gambar 3. Rangkaian Reaktor Unit Filter Yang Direncanakan

- c) Debit yang digunakan dalam reaktor ini berdasarkan perhitungan dengan rumus  $Q = A.V$  dimana kecepatan filtrasi disamakan dengan Kecepatan filtrasi nya

didapat dari perhitungan debit filter IPA sebesar 9,83 L/detik untuk masing-masing filternya karena ada 6 buah filter dengan dimensi luas 2 m<sup>3</sup>. Maka kecepatan filtrasinya adalah 18 m/jam. Selanjutnya kecepatan filtrasi ini digunakan dalam menghitung debit dalam reaktor filter dengan dimensi luas 16 x 16 cm. Didapatkan debit sebesar = ± 0,126 L/detik sedangkan untuk debit backwash yang digunakan dalam reaktor sesuai analisa ayakan dengan kecepatan backwash yang diketahui sebesar 0,0081 m/detik sehingga debit backwashnya adalah 0,0081 m/detik x 256 cm<sup>2</sup> = 0,208 L/detik.

**B. Persiapan Media Penyangga dan Media Penyaring**

Media penyangga yang digunakan reaktor filter ini adalah kerikil dengan diameter berukuran 5cm, 3cm, dan 1cm. Sedangkan media penyaringnya yang digunakan pasir silika dan antrasit. Kedua media penyangga dan penyaring ini disusun kedalam reaktor dengan dibuat alternatif ketebalan medianya sehingga ada dua media. Media A dengan komposisi sebagai berikut :

- Kerikil ukuran 5 cm setebal 15 cm
- Kerikil ukuran 3 cm setebal 15 cm
- Kerikil ukuran 1 cm setebal 15 cm
- Pasir silika no mesh 4-8 setebal 15 cm
- Pasir silika no mesh 8-16 setebal 10 cm
- Pasir silika no mesh ≥ 16 setebal 5 cm
- Pasir Antrasit no mesh 4-8 setebal 15 cm
- Pasir Antrasit no mesh 8-16 setebal 10 cm

Sedangkan untuk media B dengan komposisi sebagai berikut :

- Kerikil ukuran 5 cm setebal 15 cm
- Kerikil ukuran 3 cm setebal 15 cm
- Kerikil ukuran 1 cm setebal 15 cm
- Pasir silika no mesh 4-8 setebal 10 cm
- Pasir silika no mesh 8-16 setebal 10 cm
- Pasir silika no mesh ≥ 16 setebal 5 cm
- Pasir Antrasit no mesh 4-8 setebal 15 cm
- Pasir Antrasit no mesh 8-16 setebal 15 cm

**C. Perhitungan Ekspansi Media**

Headloss ekspansi media adalah ketinggian air yang terjadi pada media reaktor filter akibat proses backwash karena ketinggian inilah yang menentukan kedalaman sebuah bak filter. Adapun rumus-rumus yang digunakan sebagai berikut :

Porositas ekspansi (fe)  

$$fe = (v_{bw} / v_s)^{0,22}$$

Dimana :

- Fe = porositas ekspansi
- Vbw = kecepatan backwash
- Vs = kecepatan pengendapan

Tinggi media tereksansi (Le)

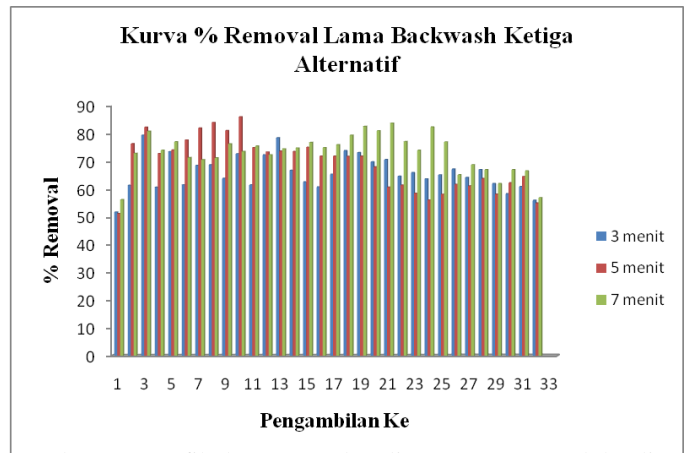
$$Le = Li (1-f) [ Pi / (1-fe)]$$

Dimana:

- Li = tebal media (cm)
- F = Porositas
- Pi = Fraksi berat

Headloss media tereksansi

$$Hf = Le (1-fe) (Ss-1)$$



Gambar 4. Grafik batang perbandingan % removal kualitas effluent lama backwash pada media A.

Dimana:

- Hf = Headloss media terkspansi (m)
- Le = tinggi media tereksansi (cm)
- Fe = Porositas ekspansi

Ss = Specific Gravity

(Masduqi dan Assomadi, 2012)

Adapun dari rumus-rumus tersebut diketahui nilainya :

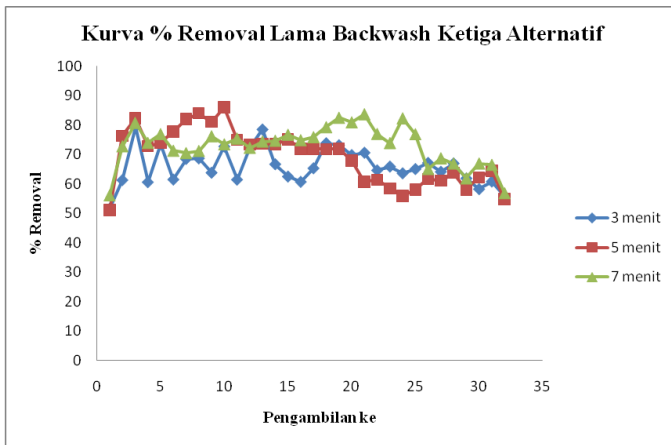
- Hf media pasir silika = 0,3465 m
- Hf media pasir antrasit = 0,0875 m
- Total hf = 0,3465 m + 0,0875 m = 0,434 m
- Tinggi ekspansi media pasir silika = 0,3522 m
- Tinggi ekspansi media pasir antrasit = 0,2014 m
- Total tinggi ekspansi = 0,3522 m + 0,2014 m = 0,5536 m

**D. Analisa Kualitas Effluent Hasil Filtrasi**

Data analisa kualitas effluent hasil filtrasi didapat dari hasil running selama 2 jam sekali hingga reaktor filter mengalami clogging atau harus di backwash. Analisa data ini dilakukan pada kedua media. Analisa ini dilakukan langsung di IPA Paket Kedunguling agar reaktor bisa berjalan kontinu sesuai kondisi filter dilapangan. Data yang diperoleh dari analisa ini antara lain data kualitas effluent dari efektifitas backwash pada masing-masing media, data perbandingan kualitas effluent berdasarkan efektifitas backwash pada kedua media dan data pengaruh lama waktu backwash dengan volume air yang terbuang. Data yang dimaksud berupa data prosentase removal pada unit reaktor filter.

**E. Analisa Kualitas Effluent Efektifitas Backwash Media A**

Data analisa kualitas effluent efektifitas backwash pada media A dibuat dengan 3 variabel lama backwash yaitu 3,5, dan 7 menit. Hasil running perbandingan prosentase removal ketiga alternative lama waktu tersebut dapat dilihat dari dua grafik berikut:



Gambar 5. Grafik linier perbandingan % removal kualitas effluent lama backwash pada media A.

Tabel 1. Hasil Analisa Statistik Sederhana

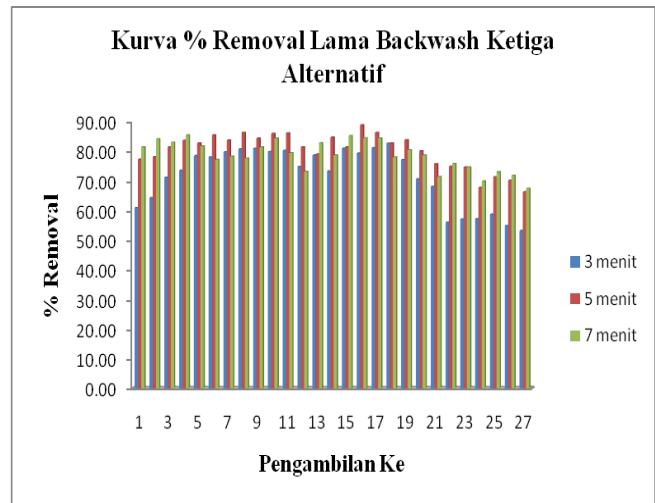
Analisa	Waktu Backwash (Media A)		
	3 menit	5 menit	7 menit
	% Removal		
Mean	65,94	69,13	73,02
Median	65,17	71,77	74,17
Modus	61	72	77

Sumber : Hasil Perhitungan

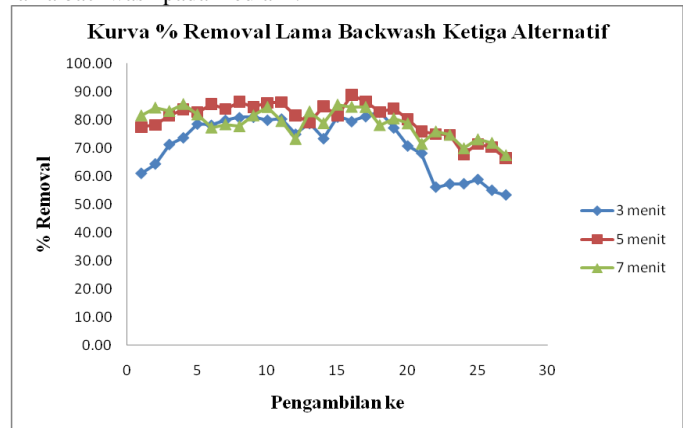
Grafik diatas menunjukkan bahwa perbandingan % removal lama waktu backwash dari ketiga alternatif. Alternatif pertama yaitu lama waktu selama 3 menit dengan % removalnya sekitar 51,67-79,30 % dan tingkat removal tertinggi sebesar 79,30 %. Alternatif kedua yaitu lama waktu selama 5 menit dengan % removalnya sekitar 51,11-85,94 % dan tingkat removal tertinggi sebesar 85,94 %. Alternatif ketiga yaitu lama waktu selama 7 menit dengan % removalnya sekitar 56,11-83,67 % dan tingkat removal tertinggi sebesar 83,67 %.

Selain itu ketiga alternative juga dibandingkan dengan menggunakan analisa statistik sederhana 3M (Mean, Median dan Modus) agar lebih jelas mengetahui hasil yang paling optimal dari ketiga alternative tersebut. Berikut tabel hasil analisa 3M untuk ketiga alternative pada media A :

Tabel diatas menunjukan nilai mean, median dan modus lama waktu backwash ketiga alternatif. Alternatif lama waktu backwash selama 3 menit dengan nilai mean (rata-rata), median dan modus masing-masing % removalnya 65,94, 65,17 dan 61 %. Alternatif lama waktu backwash selama 5 menit dengan nilai mean (rata-rata), median dan modus masing-masing % removalnya 69,13, 71,77 dan 72 %. Alternatif lama waktu backwash selama 7 menit dengan nilai mean (rata-rata), median dan modus masing-masing % removalnya 73,02, 74,17 dan 77 %. Hasil grafik dan analisa statisik tersebut menunjukkan bahwa lama waktu backwash yang efektif di media A adalah lama waktu backwash selama 7 menit. Hal ini disebabkan lama waktu backwash selama 7 menit mempunyai tingkat % removal lebih baik dari kedua alternatif yang lain.



Gambar 6. Grafik batang perbandingan % removal kualitas effluent lama backwash pada media B.



Gambar 7. Grafik linier perbandingan % removal kualitas effluent lama backwash pada media B.

F. Analisa Kualitas Effluent Efektifitas Backwash Media B

Data analisa kualitas effluent efektifitas backwash pada media B dibuat dengan 3 variabel lama backwash yaitu 3,5,dan 7 menit. Hasil running perbandingan prosentase removal ketiga alternative lama waktu tersebut dapat dilihat dari dua grafik berikut:

Grafik diatas menunjukkan bahwa perbandingan % removal lama waktu backwash dari ketiga alternatif. Alternatif pertama yaitu lama waktu selama 3 menit dengan % removalnya sekitar 50,57-85,58 % dan tingkat removal tertinggi sebesar 79,30 %. Alternatif kedua yaitu lama waktu selama 5 menit dengan % removalnya sekitar 66,29-88,83 % dan tingkat removal tertinggi sebesar 85,94 %. Alternatif ketiga yaitu lama waktu selama 7 menit dengan % removalnya sekitar 67,43-85,45 % dan tingkat removal tertinggi sebesar 83,67 %.

Selain itu ketiga alternative juga dibandingkan dengan menggunakan analisa statistik sederhana 3M (Mean, Median dan Modus) agar lebih jelas mengetahui hasil yang paling optimal dari ketiga alternative tersebut. Berikut tabel hasil analisa 3M untuk ketiga alternative pada media B :

Tabel 2.  
Hasil Analisa Statistik Sederhana

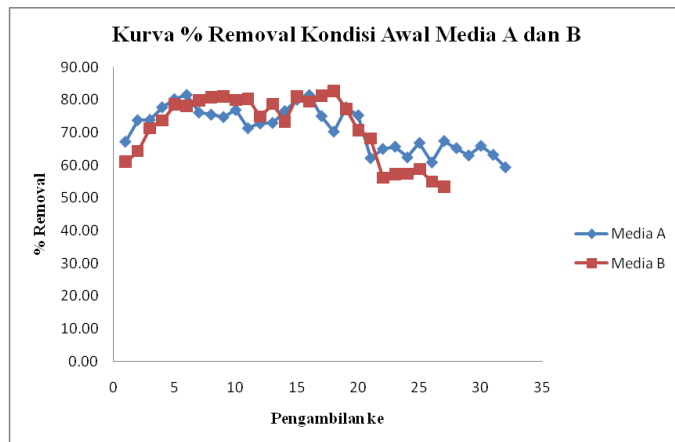
Analisa	Waktu Backwash (Media B)		
	3 menit	5 menit	7 menit
	% Removal		
Mean	76,97	80,17	78,68
Median	77,84	81,46	78,7
Modus	84	84	84

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 3.  
Hasil Analisa Statistik Sederhana

Analisa	Media	
	A	B
	% Removal	
Mean	71,17	71,57
Median	72,33	74,85
Modus	75	80 dan 81

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 8. Grafik perbandingan persentase removal pada media A dan B.

Tabel diatas menunjukkan nilai mean, median dan modus lama waktu backwash ketiga alternatif. Alternatif lama waktu backwash selama 3 menit dengan nilai mean (rata-rata), median dan modus masing-masing % removalnya 76,97, 77,84 dan 84 %. Alternatif lama waktu backwash selama 5 menit dengan nilai mean (rata-rata), median dan modus masing-masing % removalnya 80,17, 81,46 dan 84 %. Alternatif lama waktu backwash selama 7 menit dengan nilai mean (rata-rata), median dan modus masing-masing % removalnya 78,68, 78,70 dan 84 %. Hasil grafik dan analisa statisik tersebut menunjukkan bahwa lama waktu backwash yang efektif di media B adalah lama waktu backwash selama 5 menit. Hal ini disebabkan lama waktu backwash selama 5 menit mempunyai tingkat % removal lebih baik dari kedua alternatif yang lain.

**G. Analisa Kualitas Effluent Efektifitas Backwash Kedua Media**

Data analisa kualitas effluent efektifitas backwash pada kedua mediadibuat dengan membandingkan prosentase removal pada kedua media. Hasil running perbandingan prosentase removal kedua media dapat dilihat dari dua grafik berikut:

Grafik diatas menunjukkan bahwa perbandingan % removal kondisi awal media A dan B. % Removal kondisi awal media A terjadi pada rentang 59,40-81,40 %. Sedangkan % Removal kondisi awal media B terjadi pada rentang 53,25-82,70 %.

Selain itu analisa efektifitas kedua media juga dibandingkan dengan menggunakan analisa statistik sederhana 3M (Mean, Median dan Modus) agar lebih jelas mengetahui hasil yang

paling optimal dari ketiga alternative tersebut. Berikut tabel hasil analisa 3M untuk kedua media. Tabel diatas menunjukkan nilai mean, median dan modus antara kondisi awal pada media A dan B. Kondisi awal pada media A dengan nilai mean (rata-rata), median dan modus masing-masing % removalnya 71,17, 72,33 dan 75 %. Kondisi awal pada media B dengan nilai mean (rata-rata), median dan modus masing-masing % removalnya 71,57, 74,85 dan 80-81 %.

Grafik dan tabel statistik diatas menunjukkan bahwa persentase removal media B sedikit lebih baik dibandingkan media A Namun pada grafik dapat diketahui bahwa umur media A lebih panjang daripada media B, hal ini terlihat dari banyaknya waktu pengambilan. Waktu pengambilan merupakan indikator umur media dalam proses filtrasi hingga mengalami *clogging*. Jika sudah mengalami *clogging* maka media tersumbat dan harus dibersihkan (backwash), oleh karena itu media A lebih efektif dibandingkan media B karena umur media A lebih panjang dibanding media B sehingga waktu operasi filter juga lebih lama. Data diatas menunjukkan umur media A adalah 64 jam dari perhitungan waktu pengambilan 32 kali dengan durasi pengambilan tiap 2 jam sekali, sedangkan umur media B adalah 54 jam dari perhitungan waktu pengambilan 32 kali dengan durasi pengambilan tiap 2 jam sekali.

Kesimpulan yang dapat diambil dari pembahasan efektifitas lama backwash di masing-masing media dan efektifitas media bahwa dalam kajian penelitian ini lama backwash yang paling efektif adalah selama 7 menit yang terjadi di media A yang merupakan media paling efektif.

**H. Pengaruh Lama Waktu Backwash Dengan Volume Air Yang Terbuang**

Analisa pengaruh lama waktu backwah yang efektif dengan volume air yang terbuang ini dimaksudkan untuk mengetahui berapa volume air yang dapat dihemat akibat proses backwash. Proses backwash pada kondisi eksisting menghabiskan waktu selama 10-15 menit maka Volume air tersebut dapat dihitung dengan rincian debit yang masuk dibagi dengan lama waktu backwash. Debit yang masuk sekitar ± 60 L/detik, maka volume air yang terbuang adalah 36 m<sup>3</sup> - 54 m<sup>3</sup> setiap kali backwash. Penelitian diatas disimpulkan bahwa lama backwash yang paling efektif adalah 7 menit dari media A yang efektif, sehingga dari kesimpulan tersebut maka volume air yang terbuang menjadi 25,2 m<sup>3</sup> setiap kali backwashnya. Dari perhitungan tersebut maka volume air yang dihemat sekitar 10,8 m<sup>3</sup> - 28,8 m<sup>3</sup> setiap kali backwashnya.

Berikut rincian perhitungannya :

Volume air yang terbuang selama backwash 10 menit = 60 L/detik x 600 detik = 36 m<sup>3</sup>.

Volume air yang terbuang selama backwash 15 menit = 60 L/detik x 900 detik = 54 m<sup>3</sup>.

Volume air yang terbuang selama backwash 7 menit = 60 L/detik x 420 detik = 25,2 m<sup>3</sup>.

Volume air yang dihemat jika backwash selama 10 menit = 36 m<sup>3</sup> - 25,2 m<sup>3</sup> = 10,8 m<sup>3</sup>.

Volume air yang dihemat jika backwash selama 15 menit = 54 m<sup>3</sup> - 25,2 m<sup>3</sup> = 28,8 m<sup>3</sup>.

#### IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Media yang efektif dalam peningkatan kinerja unit filter dalam kajian penelitian ini adalah media yang susunannya yaitu antrasit setebal 25 cm dan pasir silika setebal 30 cm.

Lama waktu backwash yang efektif dan efisien unit filter dalam kajian penelitian ini adalah lama waktu backwash selama 7 menit di media yang efektif.

Pengaruh pengaruh lama waktu backwash dengan volume air yang terbuang sangat berkaitan dengan proses backwash dimana dalam kondisi real filter backwash selama 10-15 menit, dari penelitian ini yang disimpulkan bahwa waktu lama backwash yang efektif 7 menit pada media yang efektif sehingga bisa dihemat volume air yang terbuang selama backwash berlangsung dengan hasil perhitungan seperti berikut: Kondisi nyata saat backwash 10-15 menit menggunakan air effluent filter yang lain atau dengan debit sebesar 60 L/detik maka volume air yang terbuang adalah 36 m<sup>3</sup> sampai 54 m<sup>3</sup> setiap kali backwash. Penelitian diatas disimpulkan bahwa lama backwash yang paling efektif adalah 7 menit dari media yang efektif, sehingga dapat disimpulkan volume air yang terbuang menjadi 25,2 m<sup>3</sup> setiap kali backwashnya. Volume air yang dihemat dari kajian penelitian ini adalah 10,8 m<sup>3</sup> sampai 28,8 m<sup>3</sup> setiap kali backwashnya. Akibatnya volume air yang dihemat tersebut bisa mengisi reservoir meskipun proses backwash salah satu unit filter berlangsung.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ir. Endah Angreni, MT. dan PDAM Kabupaten Sidoarjo terutama IPA Kedunguling PDAM Kabupaten Sidoarjo dengan kepala IPA Kedunguling pak Islah dan semua operator IPA Kedunguling PDAM Kabupaten Sidoarjo yang telah memberikan segala bantuan dan meluangkan waktunya dalam menyelesaikan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hendricks, D., W. 2011. *Fundamentals of Water Treatment Unit Processes : Physical, Chemical, and Biological*. New York : CRC Press, Taylor & Francis Group, Iwa Publishing.
- [2] Ince, Margaret, & Howard., G. 1999. *Developing Realistic Drinking Water Quality Standarts* 25<sup>th</sup> WEDC Conference Intregated Development For Water Supply and Sanitation. Addis Abba, Ethiopia.

- [3] Kawamura, S. December 1999. Design and Operation of High-Rate Filters : *Journal of the American Water Works Association*, 91 (12) : 77-90.
- [4] Logsdon, G., S. July 1978. Direct Filtration – Past, Present, Future, *Civil Engineering* 48 (7) : 68-73.
- [5] Logsdon, G., S. 2008. *Water Filtration Practices*. Denver : American Water Works Association, CO.
- [6] Masduqi, A., dan Assomadi, A., F. 2012. *Operasi dan Proses Pengolahan Air*. Surabaya : ITS Press.
- [7] Meidhitasari, V. 2007. *Evaluasi dan Modifikasi Instalasi Pengolahan Air Minum Mini Plan Dago Pakar*. Bandung : Penelitian S1 Prodi Teknik Lingkungan ITB.
- [8] Monk, R., D., G. September 1987. Design Options for Water Filtration : *Journal of the American Water Works Association*, 79 (9) : 93-106.
- [9] Montgomery, J., M. 1985. *Water Treatment Principles And Design* . California : John Willey & Sons, Inc.
- [10] Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010. Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
- [11] Qasim, S., R., Motley, E., M., & Zhu, G. 2006. *Water Works Engineering : Planning, Design and Operation*. New Delhi India : Prentice-Hall of India.
- [12] Razif, M. 2001. *Pengolahan Air Minum*. Surabaya : Insitut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [13] Reynold, T., D., and Richard, P., A. 1995. *Unit Operations and Process in Enviroment Engineering*. Boston : PWS Publishing Company.
- [14] Ronald, L., D. 1997. *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*. Canada : John Willey & Sons, Inc.
- [15] Saputri, A., W. 2011. *Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Minum IPA Babakan PDAM TIRTA KERTA RAHARJA Kota Tangerang* : Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [16] Standar Nasional Indonesia No 6774. 2008. *Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air*. : BSN Badan Standardisasi Nasional.
- [17] Sumarsono, R. 2012. *Perencanaan Filter Portabel Untuk Meningkatkan Kualitas Air PDAM Menjadi Air Siap Minum*. Surabaya : Penelitian S1 Jurusan Teknik Lingkungan ITS.
- [18] Yao, K., M., Habibian, M., T., & O'Melia, C., R. 1971. *Water and Waste Filtration : Concepts and Applications*, *Environmental Science and Technology*, 11 (5) : 1105-1112.