

Kinerja *Slow Sand Filter* dengan Bantuan Lampu *Light-Emitting Diode* (LED) Biru dan Merah

Vanny Widiyanti dan Wahyono Hadi

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan, Institut Teknologi
Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: wahyono@enviro.its.ac.id

Abstrak—Kebutuhan air bersih yang semakin besar terutama pada wilayah perkotaan yang minim sumber daya air mengakibatkan kebutuhan persediaan air bersih bagi masyarakat meningkat. Selain masalah kualitas air masalah yang muncul saat ini adalah terbatasnya lahan untuk pengolahan air untuk mengatasi permasalahan mengenai pengolahan air tersebut maka digunakan sistem pengolahan air minum dengan menggunakan *slow sand filter* (SSF) dengan bantuan lampu *light-emitting diode* (LED) Biru dan Merah sebagai cahaya dalam proses SSF. Dalam penelitian yang bertujuan untuk menentukan kontribusi dari penggunaan lampu LED biru dan merah ini dilakukan tahapan yaitu tahap analisis awal, tahap aklimatisasi dan tahap pengoperasian dengan tiga variasi kecepatan yaitu 0,1 m³/m².jam, dan 0,3 m³/m².jam, serta dilakukan analisis parameter uji kekeruhan, zat organik, dan total *coliform*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan SSF dengan bantuan lampu LED biru dan merah terhadap parameter kekeruhan memiliki efisiensi sebesar 84,45%-95,49% dengan kontribusi penggunaan lampu LED sebesar 1,28%-11,98%, dan pada parameter uji zat organik nilai efisiensi sebesar 81,67%-91,91% dengan kontribusi penggunaan lampu LED biru dan merah sebesar 42,71%-75,36%, dan pada parameter total *coliform* efisiensi *removal* sebesar 92,89%-99,37% dengan kontribusi dari penggunaan lampu sebesar 2,86%-12,23%. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa penggunaan lampu LED berwarna merah dengan kecepatan laju filtrasi 0,1 m³/m².jam memiliki rata-rata efisiensi *removal* paling optimal.

Kata Kunci—*Coliform*, *Geotextile*, *LED Biru*, *LED Merah*, *slow sand filter*

I. PENDAHULUAN

KEBUTUHAN air bersih yang semakin besar bagi masyarakat meningkat, kemudian adanya penggunaan air sumur yang masih digunakan sebagai air baku untuk pemenuhan sehari-hari oleh masyarakat. Diperlukan adanya pengolahan air untuk memenuhi kualitas baku mutu air bersih sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum dilakukan pengolahan air dengan menggunakan unit filtrasi.

Dalam Penelitian ini unit yang digunakan adalah *slow sand*

filter (SSF) yang memiliki kelebihan tidak diperlukannya bahan kimia dalam prosesnya serta memiliki efisiensi penurunan yang tinggi [1]. Adapun kekurangan dari penggunaan SSF ini adalah membutuhkan lahan yang luas, oleh sebab itu dalam penelitian ini diharapkan SSF dapat digunakan dalam ruang ataupun dalam gedung bertingkat. Dikaren SSF membutuhkan cahaya dalam pembentukan lapisan biofilm [2] maka dalam penelitian ini digunakan lampu *Light-Emitting Diode* (LED) sebagai cahaya dalam proses SSF di dalam ruangan. Penggunaan LED biru dan merah dikaren lampu LED biru memiliki panjang gelombang sebesar 450-500 nm dan LED merah sebesar 610-760 nm. Warna merah dan biru dipilih karena gelombang LED berwarna merah dan biru baik untuk pertumbuhan dikaren klorofil menyerap cahaya ini sehingga proses fotosintesis dapat berjalan dengan optimal [3]. Pada proses SSF di dalam penelitian ini lampu LED mempengaruhi pertumbuhan lapisan *schmutzdecke* dalam SSF, lapisan *schmutzdecke* yang mengandung bakteri, protozoa, fungi, larva serangga air, rotivera [4] merupakan proses utama dalam unit SSF dan proses yang berjalan pada SSF adalah proses *mechanical straining* dan adsorpsi, proses *mechanical straining* merupakan proses penyaringan partikel yang lebih besar dari porositas media. Proses ini terjadi pada permukaan filter dan proses adsorpsi yaitu proses absorpsi partikel koloid yang bermuatan positif oleh media pasir kwarsa yang bermuatan negatif. Proses ini dapat menghilangkan partikel koloid yang berasal dari bahan-bahan organik maupun non-organik yang tidak terendapkan [1]. Dalam menentukan besar kontribusi dari penggunaan lampu LED biru dan merah ini SSF dioperasikan dalam tiga variasi laju kecepatan yaitu 0,1 m³/m².jam, dan 0,3 m³/m².jam. kemudian dilakukan analisis pada masing-masing outlet reaktor dengan parameter uji kekeruhan, zat organik, dan total *coliform*. *Slow sand filter* dioperasikan dengan aliran downflow.

II. METODE PENELITIAN

A. Tahap Analisis Awal

Penelitian pendahuluan bertujuan untuk menentukan sumber air baku yang digunakan dalam pengolahan menggunakan *downflow slow sand filter*. Air baku yang dipilih adalah air sumur Kecamatan Mulyorejo Surabaya. Penelitian

pendahuluan ini dilakukan dengan menganalisis parameter fisik, kimia, serta biologis dalam air yaitu kekeruhan, zat organik, dan total *coliform*

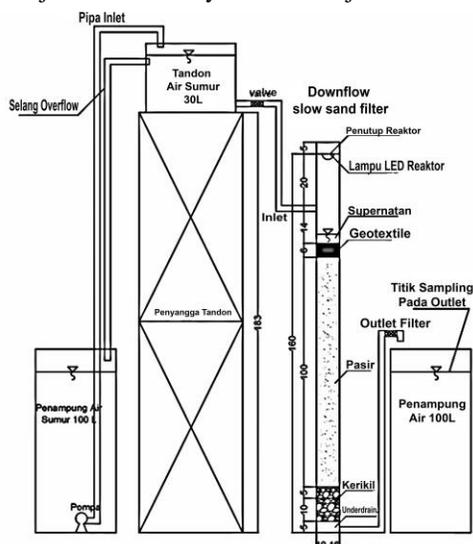
Pada penelitian pendahuluan ini dilakukan juga analisis awal intensitas cahaya dari lampu LED biru dan LED merah. Sehingga dapat dibandingkan intensitas cahaya lampu dari masing-masing warna tersebut terhadap air yang digunakan.

B. Tahap Aklimatisasi

Pada tahap aklimatisasi 4 reaktor yang terdiri dari 2 reaktor kontrol di dalam ruangan dan di luar ruangan, serta 2 reaktor lainnya yang terdapat LED biru dan merah dialiri air baku setiap harinya selama 14 hari. Pada tahap aklimatisasi ini laju filtrasi yang digunakan yaitu $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$. Media Geotextile dan pasir diaklimatisasi dengan air baku yang berasal dari sumber air baku yaitu air sumur. Aklimatisasi dilakukan dengan mengoperasikan reaktor slow sand filter setiap hari selama masa aklimatisasi (14 hari) dan air baku tersebut diganti setiap harinya. Perendaman media dalam air baku berlangsung selama 14 hari karena diperkirakan media sudah ditumbuhi oleh lapisan biofilm.

C. Tahap pengoperasian

Pengoperasian dilakukan selama 5 hari dengan menggunakan laju filtrasi $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Jam kemudian 5 hari dengan $0,2 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Jam, dan 5 hari dengan laju filtrasi $0,1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$. Pengaturan kecepatan dilakukan dengan cara melakukan running selama 1 menit lalu dianalisis jumlah debit yang dihasilkan. Kemudian dilakukan perhitungan untuk mengetahui laju filtrasi yang terjadi, dilakukan terus menerus hingga mendapatkan laju yang diinginkan. Pengoperasian dilakukan dengan aliran downflow. Pada tahap ini dioperasikan semua reaktor baik yang menggunakan sinar matahari dan dengan reaktor yang menggunakan lampu LED. Reaktor bekerja secara kontinyu selama 24 jam



Gambar 1. Reaktor *downflow slow sand filter*

Total titik sampling yang dianalisis pada penelitian ini sebanyak 5 titik sampling, dimana satu titik sampling diambil pada bagian inlet dari air baku yang di sampling dan diambil

satu titik sampling pada outlet masing-masing reaktor. Pengambilan sampel dilakukan setiap harinya pada pagi hari dan dalam satu hari hanya dilakukan sekali sampling. Setelah melakukan sampling, selanjutnya sampel air dianalisis sesuai dengan parameter penelitian kekeruhan, zat organik, dan total *coliform*.

III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Tahap analisis awal

Pada tahap analisis awal air baku yang berasal dari air sumur Kecamatan Mulyorejo Surabaya dilakukan analisis pada setiap parameter. Pada parameter kekeruhan dilakukan analisis dengan metode turbidimetri sehingga didapatkan nilai kekeruhan sebesar 8,43 NTU. Kemudian pada parameter zat organik dilakukan analisis dengan menggunakan uji nilai permanganat sehingga didapatkan kandungan zat organik di dalam air baku tersebut sebesar 29,07 mg/L, dan pada parameter total *coliform* didapatkan kandungan total *coliform* sebanyak 16000/100 mL sampel pada air baku.

B. Tahap aklimatisasi

Pada tahap aklimatisasi reaktor SSF dijalankan selama 14 hari dikarenakan pembentukan *schmutzdecke* membutuhkan waktu 2-3 minggu [5], pengoperasian SSF selama tahap aklimatisasi dilakukan dengan mengalir reaktor yang berisi media geotekstil maupun pasir secara kontinyu.

Pada tahap aklimatisasi pengambilan sampel dilakukan pada awal aklimatisasi dan akhir aklimatisasi sehingga didapatkan hasil Analisa sampel pada setiap parameter. Pada parameter kekeruhan didapatkan nilai inlet yang masuk pada awal aklimatisasi adalah sebesar 5,48 NTU dan nilai kekeruhan terendah sebesar 0,78 NTU sehingga efisiensi filter tertinggi sebesar 85,77%. Kemudian pada akhir aklimatisasi didapatkan dengan nilai inlet sebesar 6,53 NTU kekeruhan terendah pada reaktor dengan menggunakan lampu LED merah yaitu sebesar 0,57 NTU dengan nilai efisiensi *removal* sebesar 88,06%. Adanya penurunan kekeruhan pada akhir aklimatisasi disebabkan adanya proses fisik dalam SSF yaitu *mechanical straining* yang berperan dalam menyisihkan serta menyaring bahan pencemar pada rongga antar butiran yang lebih kecil dari ukuran partikel pencemar [6].

Pada parameter zat organik jumlah kandungan zat organik pada inlet sebesar 42,19 mg/L kemudian didapatkan pada awal aklimatisasi nilai outlet terendah sebesar 22,59 mg/L. kemudian pada akhir aklimatisasi didapatkan nilai inlet sebesar 24,02 mg/L dengan nilai outlet terendah sebesar 6,32 mg/L. sehingga rata-rata efisiensi *removal* tertinggi terhadap parameter zat organik adalah sebesar 60,07%.

Dalam menurunkan parameter total *coliform* pada awal aklimatisasi didapatkan nilai inlet sebesar 13000/100 mL sampel dengan nilai outlet terendah sebesar 2100/100 mL sampel. Kemudian pada akhir aklimatisasi dengan nilai inlet 700/100 mL sampel nilai outlet terendah sebesar 280/100 mL sampel.

C. Tahap pengoperasian

Pada tahap pengoperasian dilakukan dengan menggun laju filtrasi 0,3 m³/m².jam selama 5 hari, kemudian dilanjutkan dengan kecepatan filtrasi 0,2 m³/m².jam selama 5 hari pengoperasian, dan dengan laju filtrasi 0,1 m³/m².jam selama 5 hari. Pada awal pengoperasian 0,3 m³/m².jam debit yang dialirkan pada reaktor SSF adalah sebesar 40,5 mL/menit. Serta pada kecepatan 0,1 m³/m².jam debit yang memasuki reaktor SSF sebesar 13,5 mL/menit. Perhitungan debit yang masuk dilakukan secara manual dengan menggun *bekker glass* yang dialiri air dengan waktu selama 1 menit. Kemudian didapatkan hasil dari masing-masing parameter uji pada keempat reaktor dalam ketiga variasi kecepatan.

- Pengaruh penggunaan lampu LED dalam SSF pada kecepatan laju filtrasi 0,3 m³/m².jam

Berikut adalah hasil analisis parameter kekeruhan pada outlet masing-masing reaktor dengan 5 titik sampling pada kecepatan filtrasi 0,3 m³/m².jam

Tabel 1.

Hasil Analisis Kekeruhan pada Reaktor SSF dengan Laju Filtrasi 0,3 m³/m².jam

Hari ke -	Kekeruhan Inlet (NTU)	Kekeruhan Outlet			
		Kontrol Luar (NTU)	Kontrol Dalam (NTU)	LED Merah (NTU)	LED Biru (NTU)
1	5,55	0,87	0,65	0,54	0,54
2	3,13	1,47	1,36	0,74	1,28
3	5,67	1,07	0,75	0,52	0,52
4	3,67	1,12	0,51	0,54	0,39
5	7,2	0,85	0,61	0,48	0,53

Pada parameter kekeruhan dengan kecepatan 0,3 m³/m².jam didapatkan bahwa selama pengoperasian nilai kekeruhan terendah sebesar 0,48 NTU dengan nilai rata-rata efisiensi *removal* sebesar 87,22%. Setelah diketahui nilai kekeruhan masing-masing outlet, maka pengaruh dari penggunaan lampu LED dapat diketahui. Besarnya pengaruh dari penggunaan lampu LED didapatkan dengan menghitung selisih dari nilai kekeruhan yang terdapat pada lampu LED merah/biru dengan reaktor kontrol dalam suatu ruangan yang sama. Sehingga didapatkan besar pengaruh penggunaan lampu LED merah adalah 5,37% dan pada LED biru sebesar 2,59%. Kemudian dilakukan analisis terhadap parameter zat organik di masing-masing reaktor.

Kemudian dilakukan analisis Kandungan zat organik terlihat pada Tabel 2

Tabel 2.

Hasil Analisis Zat Organik pada Reaktor SSF dengan Laju Filtrasi 0,3 m³/m².jam

Hari ke -	Zat Organik Inlet (mg/L)	Zat Organik Outlet			
		Kontrol Luar (mg/L)	Kontrol Dalam (mg/L)	LED Merah (mg/L)	LED Biru (mg/L)
1	27,81	25,28	19,59	2,53	4,47
2	23,51	23,00	20,65	8,22	6,32
3	23,51	20,86	16,43	2,65	4,30
4	25,53	20,60	16,68	0,63	3,16
5	23,13	18,96	16,43	1,26	4,17

Pada parameter zat organik analisis dilakukan dengan metode uji nilai permanganat sehingga didapatkan nilai rata-rata efisiensi *removal* sebesar 87,36% dengan nilai kekeruhan terendah selama pengoperasian sebesar 0,63 mg/L. Kemudian didapatkan kontribusi dari penggunaan lampu LED pada reaktor SSF dengan menghitung selisih antara reaktor SSF dengan menggun lampu LED merah/biru dengan reaktor kontrol dalam suatu ruangan yang sama, sehingga didapatkan kontribusi penggunaan lampu LED merah dalam reaktor SSF adalah sebesar 60,27% dan kontribusi dari penggunaan lampu LED biru pada reaktor SSF adalah sebesar 54,58%.

Setelah dilakukan analisis pada parameter zat organik dilanjutkan pada parameter uji total *coliform*. berikut hasil analisis parameter total *coliform* pada Tabel 3

Tabel 3.

Hasil Analisis Total *Coliform* pada Reaktor SSF dengan Laju Filtrasi 0,3 m³/m².jam

Hari ke -	Total <i>Coliform</i> Inlet (/100 mL sampel)	Total <i>coliform</i> Outlet			
		Kontrol Luar (/100 mL sampel)	Kontrol Dalam (/100 mL sampel)	LED Merah (/100 mL sampel)	LED Biru (/100 mL sampel)
1	1600	610	430	210	270
2	1300	300	310	135	113
3	1600	280	320	64	90
4	2800	260	240	42	85
5	3100	250	210	27	41

Dilanjutkan analisis sampel pada parameter total *coliform* pada Tabel 3. Pada kelima hari pengoperasian SSF pada parameter total *coliform* didapatkan efisiensi filter mengalami peningkatan setiap harinya, sehingga didapatkan nilai rata-rata efisiensi tertinggi sebesar 94,03% Pada pengoperasian SSF hasil outlet masih belum stabil hal ini dikaren mikroorganisme dalam lapisan *schmutzdecke* masih dalam proses pertumbuhan pada fase-2 yaitu fase logaritmik [6].

- Pengaruh penggunaan lampu LED berwarna dalam reaktor SSF pada kecepatan laju filtrasi 0,1 m³/m².jam

Setelah dilakukan pengoperasian dengan laju filtrasi 0,3 m³/m².jam dilanjutkan dengan pengoperasian dengan menggun laju filtrasi 0,1 m³/m². Jam dengan waktu pengoperasian selama 5 hari dengan debit aliran yang masuk sebesar 13,5 mL/menit. Kemudian dilakukan analisis dari outlet masing-masing reaktor terhadap parameter kekeruhan terlihat pada Tabel 4

Tabel 4.

Hasil Analisis Kekeruhan pada Reaktor SSF dengan Laju Filtrasi 0,1 m³/m².jam

Hari ke -	Kekeruhan Inlet (NTU)	Kekeruhan Outlet			
		Kontrol Luar (NTU)	Kontrol Dalam (NTU)	LED Merah (NTU)	LED Biru (NTU)
1	11	1,3	0,7	0,6	0,6
2	11	1,2	0,7	0,5	0,55
3	10	1	0,6	0,43	0,48
4	13	0,98	0,75	0,52	0,57
5	14	1,33	0,88	0,6	0,66

Pada Tabel 4 terlihat bahwa dalam parameter kekeruhan dengan kecepatan 0,1 m³/m². Jam didapatkan nilai kekeruhan terendah sebesar 0,43 NTU yang didapatkan dalam reaktor SSF dengan menggunakan lampu LED merah, dengan nilai inlet yang masuk pada hari tersebut adalah 10 NTU. Sehingga rata-rata efisiensi filter pada parameter kekeruhan adalah sebesar 95,49%.

Setelah didapatkan nilai kekeruhan pada masing-masing outlet reaktor, kemudian dihitung besar kontribusi penggunaan lampu LED merah dan biru di dalam reaktor SSF. Perhitungan dilakukan dengan cara selisih antara reaktor dengan menggunakan lampu LED dengan reaktor kontrol tanpa menggunakan LED di dalam suatu ruangan yang sama. Didapatkan besar kontribusi penggunaan lampu LED merah pada kecepatan 0,1 m³/m².jam adalah sebesar 1,64% dan pada penggunaan lampu LED biru sebesar 1,28%. Kemudian dilanjutkan analisis pada parameter zat organik yang terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5.

Hasil Analisis Zat Organik pada reaktor SSF dengan Laju Filtrasi 0,1 m³/m².jam

Hari ke -	Zat Organik Inlet (mg/L)	Zat Organik Outlet			
		Kontrol Luar (mg/L)	Kontrol Dalam (mg/L)	LED Merah (mg/L)	LED Biru (mg/L)
1	37,15	29,94	24,84	3,67	4,87
2	35,19	26,19	20,94	2,47	3,52
3	32,94	23,49	16,43	1,57	2,47
4	35,04	22,44	13,43	1,87	3,67
5	28,44	23,04	16,43	3,82	5,02

Pada parameter zat organik didapatkan hasil analisis rata-rata efisiensi tertinggi yaitu sebesar 91,91% dengan kandungan zat organik terendah sebesar 1,57 mg/L. Kandungan zat organik minimum didapatkan pada hari ke-3 pengoperasian SSF dengan menggunakan reaktor SSF menggunakan lampu LED merah. Besar kontribusi yang didapatkan dari pengaruh penggunaan lampu LED merah adalah sebesar 46,37% dan kontribusi dari penggunaan lampu LED biru adalah sebesar 42,71%. Kemudian dilakukan analisis pada parameter berikutnya yaitu parameter total *coliform* sehingga didapatkan jumlah kandungan total *coliform* selama kelima hari pengoperasian dengan kecepatan 0,1 m³/m².jam selama lima hari pengoperasian didapatkan pada Tabel 6.

Tabel 6.

Hasil Analisis Total *Coliform* pada Reaktor SSF dengan Laju Filtrasi 0,1 m³/m².jam

Hari ke -	Total <i>coliform</i> Inlet (/100 mL sampel)	Total <i>Coliform</i> Outlet			
		Kontrol Luar (/100 mL sampel)	Kontrol Dalam (/100 mL sampel)	LED Merah (/100 mL sampel)	LED Biru (/100 mL sampel)
1	4100	260	160	7	6
2	2800	190	110	3	4
3	2600	210	120	2	9
4	2600	220	130	8	13
5	2400	210	130	17	21

Nilai terendah sebesar 2/100 mL sampel dengan nilai inlet pada hari tersebut adalah sebesar 2600/ 100 mL sampel sehingga nilai efisiensi filter tertinggi sebesar 99,93%. Kemudian dilakukan perhitungan besar kontribusi dari pemakaian reaktor SSF dengan menggunakan lampu LED merah dan biru terhadap reaktor tanpa menggunakan lampu. Besar kontribusi penggunaan lampu LED berwarna merah didapatkan yaitu 4,30% dan 4,17% pada penambahan lampu LED biru.

Kemudian dari pengoperasian berdasarkan variasi laju filtrasi didapatkan rata-rata efisiensi penurunan filter pada masing-masing reaktor terdapat dalam Tabel 7.

Tabel 7.

Rata-rata Efisiensi *Removal Slow Sand Filter*

Parameter	Efisiensi <i>removal</i> filter (%)			
	Kontrol Luar		Kontrol Dalam	
	1	2	1	2
Kekeruhan	75,24	90,05	81,85	93,85
Zat organik	11,98	25,74	27,09	45,54
Total <i>Coliform</i>	80,79	92,32	82,79	95,43

Parameter	Efisiensi <i>removal</i> filter (%)			
	LED merah		LED biru	
	1	2	1	2
Kekeruhan	87,22	95,49	84,45	95,13
Zat organik	87,36	91,91	81,67	88,25
Total <i>Coliform</i>	94,03	99,73	92,89	99,60

*Keterangan: 1 = Kecepatan filtrasi 0,3 m³/m².jam
2 = Kecepatan filtrasi 0,1 m³/m².jam

Pada ketiga parameter diatas terlihat bahwa pada masing-masing reaktor di setiap parameter memiliki efisiensi *removal* tertinggi pada kecepatan filtrasi 0,1 m³/m².jam terlihat pada tabel 7.

IV. KESIMPULAN

- Kinerja slow sand filter dengan bantuan lampu LED biru dan merah pada pengoperasian laju filtrasi 0,1 m³/m².jam, dan 0,3 m³/m².jam menghasilkan efisiensi sebagai berikut:
 - Pada parameter kekeruhan reaktor dengan menggunakan lampu LED merah dan biru memiliki rata-rata efisiensi *removal* sebesar 59,11%-96,22%
 - Pada parameter zat organik reaktor dengan menggunakan lampu LED merah dan biru memiliki efisiensi *removal* sebesar 65,06%-99,34%
 - Pada parameter total *coliform* reaktor dengan menggunakan lampu LED merah dan biru memiliki efisiensi *removal* sebesar 83,13% hingga 99,93%
- Kontribusi dari lampu LED biru didapatkan pada parameter kekeruhan sebesar 0,91%-3,53%, kemudian pada penurunan efisiensi zat organik sebesar 19,8%-60,96%, dan pada parameter total *coliform* kontribusi dari penggunaan lampu LED biru adalah 1,52%-15,15%. Penggunaan lampu LED merah di dalam reaktor SSF memiliki kontribusi sebesar 1,81%-5,06% pada parameter kekeruhan, kemudian pada parameter zat organik sebesar 27,22-65,59%, dan pada

parameter total *coliform* lampu LED merah memiliki kontribusi sebesar 1,76%-16%.

3. Pada pengoperasian SSF dengan bantuan lampu LED merah dan biru didapatkan reaktor SSF dengan menggunakan lampu LED merah lebih baik dibandingkan dengan reaktor SSF dengan menggunakan bantuan lampu LED berwarna biru, dengan menggunakan variasi laju filtrasi $0,1 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al-Layla M.A, Ahmad S., Middlebrooks J.E., 1978, Water Supply Engineering Design. Michigan: Ann Arbor Science Publishers Inc. W.-K. Chen, *Linear Networks and Systems* (Book style). Belmont, CA: Wadsworth (1993) 123–135.
- [2] Huisman, L. and Wood, W.E. .1974. Slow Sand Filtration. Geneva: World Health Organisation (WHO) Syafriyudin dan Ledhe, N. 2015. Analisis pertumbuhan tanaman krisan pada variabel warna cahaya lampu LED. Fakultas Teknologi Industri Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta E. H. Miller, "A note on reflector arrays (Periodical style—Accepted for publication)," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, dipublikasikan.
- [3] Masduqi, A. dan Abdu F. Assomadi. 2012. Operasi dan proses pengolahan air. Surabaya: ITS Press
- [4] Rahmayanti, S. 2012. Analisis Penggunaan Downflow Slow Sand Filter untuk Pengolahan Air Sumur untuk Menjadi Air Minum dengan Variasi Ketebalan Media dan Kecepatan Filtrasi. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan ITS: Surabaya. C. J. Kaufman, Rocky Mountain Research Lab., Boulder, CO, komunikasi pribadi, (1995, May).
- [5] Fauziah, R. 2013. Penyediaan Air Minum untuk Masyarakat di Bantaran Kalimas Surabaya. Surabaya: ITS Press M. Young, *The Technical Writers Handbook*. Mill Valley, CA: University Science (1989).
- [6] Trihadiningrum, Y. 2012. Mikrobiologi Lingkungan. Surabaya: ITS Press
- [7] Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010