

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

Setelah melakukan penyaringan dengan menggunakan saringan pasir dengan ketebalan pasir 45 cm dan kecepatan penyaringan 0,62 m/jam dalam waktu pengoperasian 0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2 ; 2,5 ; dan 3 jam, untuk selanjutnya dilakukan pengujian sampel untuk parameter kekeruhan dan bakteri *E.coli* di laboratorium Dinas Permukiman Dan Prasarana Wilayah, Balai Pengujian Konstruksi Dan Lingkungan (BPKL), Yogyakarta. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh hasil bahwa terjadi penurunan tingkat kekeruhan pada outlet setelah air baku melewati saringan pasir.

**Tabel 6. Tingkat Kekeruhan Air Hujan Tersimpan Sebelum dan Setelah Pengolahan (Percobaan 1)**

No.	Interval Waktu (Jam)	(Inlet) Sebelum Pengolahan (NTU)	(Outlet) Setelah Pengolahan (NTU)		Rata-rata	Efisiensi (%)
			1	2		
1.	0	12,8	12,8	12,8	12,8	-
2.	0,5	12,8	7,1	6,8	6,95	45,7
3.	1	12,8	6,2	6,0	6,1	52,3
4.	1,5	12,8	5,8	5,5	5,65	55,9
5.	2	12,8	5,0	4,8	4,9	61,7
6.	2,5	12,8	3,9	3,7	3,8	70,3
7.	3	12,8	12,8	12,8	12,8	0

Sumber : Data Primer

Dari Tabel 6 di atas menunjukkan bahwa kualitas kekeruhan sebelum air diolah adalah 12,8 NTU tetapi setelah pengolahan diperoleh hasil penurunan tingkat kekeruhan dari 12,8 pada saat 0 jam menjadi 6,95 NTU (0,5 jam), 6,1 NTU (1 jam), 5,65 NTU (1,5 jam), 4,9 NTU (2 jam), 3,8 NTU (2,5 jam) dan kemudian tingkat kekeruhan naik menjadi 12,8 NTU pada saat waktu operasi 3 jam. Begitu juga halnya pada Tabel 7 untuk percobaan 2 diperoleh hasil sebagai berikut :

**Tabel 7. Tingkat Kekeruhan Air Hujan Tersimpan Sebelum dan Setelah Pengolahan (Percobaan 2)**

No.	Interval Waktu (Jam)	(Inlet) Sebelum Pengolahan (NTU)	(Outlet) Setelah Pengolahan (NTU)		Rata-rata	Efisiensi (%)
			1	2		
1.	0	13,0	13,0	13,0	13,0	-
2.	0,5	13,0	7,3	6,9	7,1	45,2
3.	1	13,0	6,4	6,0	6,2	52,2
4.	1,5	13,0	5,9	5,7	5,8	55,25
5.	2	13,0	5,4	5,0	5,2	59,88
6.	2,5	13,0	4,0	3,9	3,95	69,5
7.	3	13,0	13,0	13,0	13,0	0

Sumber : Data Primer

Bahwa pada percobaan 2 Tabel 7 di atas menunjukkan hasil bahwa kualitas kekeruhan sebelum air diolah adalah 13,0 NTU tetapi setelah pengolahan diperoleh hasil penurunan tingkat kekeruhan dari 13,0 pada saat 0 jam menjadi 7,1 NTU (0,5 jam), 6,2 NTU (1 jam), 5,8 NTU (1,5 jam), 5,2 NTU (2 jam), 3,95 NTU (2,5 jam) dan kemudian tingkat kekeruhan naik menjadi 13,0 NTU pada saat waktu operasi 3 jam.

Sedangkan untuk analisa bakteri *E.coli* diperoleh hasil mengenai dampak yang diakibatkan oleh pengolahan dengan menggunakan saringan pasir, dimana hasil pengujian membuktikan pada inlet air baku tidak mengandung bakteri *E. coli* sedangkan pada outlet menunjukkan hasil adanya bakteri *E.coli*, dengan jumlah rata untuk total coli dan coli tinja dapat dilihat pada Tabel 8 di bawah ini :

**Tabel 8. Jumlah Bakteri *E.coli* Dalam Air Hujan Tersimpan Sebelum dan Setelah Pengolahan (Percobaan 1, Tanpa Pensterilan Media)**

No.	Interval waktu (jam)	(Inlet) Total Coli & Coli Tinja Sebelum Pengolahan	(Outlet) Total Coli & Coli Tinja Setelah Pengolahan				Rata-rata Total Coli	Rata-rata Coli Tinja
			Total Coli JPT/100 ml		Coli Tinja JPT/100 ml			
			1	2	1	2		
1.	0,5	Nihil	$1,1 \times 10^4$	$2,1 \times 10^3$	$1,1 \times 10^4$	$4,3 \times 10^2$	6550	5715
2.	1,0	Nihil	$7,5 \times 10^2$	$2,4 \times 10^3$	$9 \times 10$	$2,1 \times 10^2$	1575	150
3.	1,5	Nihil	$4,6 \times 10^3$	$2,4 \times 10^3$	$1,5 \times 10^2$	$4 \times 10$	3500	95
4.	2,0	Nihil	$9,3 \times 10^2$	$9,3 \times 10^2$	$7 \times 10$	$9 \times 10$	930	80
5.	2,5	Nihil	$4,6 \times 10^3$	$2,4 \times 10^3$	$4,3 \times 10^2$	$4 \times 10$	3500	235
6.	3,0	Nihil	$4,3 \times 10^2$	$4,6 \times 10^3$	$4 \times 10$	$9 \times 10$	2515	65

Sumber : Data Primer

Untuk membuktikan bahwa kualitas air hujan pada analisa bakteri *E.coli* apabila air baku sebelum melewati saringan pasir tidak mengandung bakteri *E.coli*, begitujuga seharusnya pada outlet atau setelah air melewati saringan pasir juga tidak mengandung bakteri *E.coli*. Sehingga untuk membuktikannya dilakukan percobaan lanjutan yaitu dengan melakukan pensterilan media pasir, kerikil dan reaktor pasir. Untuk lebih jelasnya, data hasil penelitian sebelum dan setelah pengolahan dengan menggunakan saringan pasir yang medianya telah disterilkan dapat dilihat pada Tabel 9 di bawah ini :

**Tabel 9. Jumlah Bakteri *E.coli* Dalam Air Hujan Tersimpan Sebelum dan Setelah Pengolahan (Percobaan 2, Dengan Pensterilan Media)**

No.	Interval waktu (jam)	(Inlet) Total Coli & Coli Tinja Sebelum Pengolahan	(Outlet) Total Coli & Coli Tinja Setelah Pengolahan			
			Total Coli JPT/100 ml		Coli Tinja JPT/100 ml	
			1	2	1	2
1.	0,5	Nihil	Nihil	Nihil	Nihil	Nihil
2.	1,0	Nihil	Nihil	Nihil	Nihil	Nihil
3.	1,5	Nihil	Nihil	Nihil	Nihil	Nihil
4.	2,0	Nihil	Nihil	Nihil	Nihil	Nihil
5.	2,5	Nihil	Nihil	Nihil	Nihil	Nihil
6.	3,0	Nihil	Nihil	Nihil	Nihil	Nihil

Sumber : Data Primer

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa kualitas air hujan sebelum pengolahan tidak mengandung bakteri *E.coli* dan setelah pengolahan air hujan tidak mengandung bakteri *E.coli*.

Pengolahan air hujan dengan melewati pada lapisan pasir dengan waktu operasi 3 jam, menunjukkan hasil bahwa terjadi kenaikan tinggi muka air di atas lapisan pasir selama waktu operasi. Dapat dilihat pada Tabel 10. bahwa pada saat waktu operasi 0,5 jam ketinggian muka air adalah 4 cm, setelah pengoperasian berjalan 1 jam tinggi muka air bertambah menjadi 4,2 cm, untuk waktu operasi 1,5 jam tinggi muka air menjadi 4,4 cm, untuk waktu operasi 2 jam tinggi muka air bertambah menjadi 4,6 cm, untuk waktu operasi 2,5 jam tinggi muka air menjadi 4,8 cm, sama halnya untuk waktu operasi 3 jam tinggi muka air tetap 4,8 cm. Pertambahan tinggi muka air di atas lapisan pasir sama untuk percobaan 1 dan

percobaan 2, tetapi pada percobaan 2 tinggi muka air pada saat waktu operasi 3 jam menunjukkan pertambahan menjadi 5 cm.

**Tabel 10. Tinggi Muka Air Dari Permukaan Pasir Dalam Saringan Pasir**

No.	Interval Waktu (Jam)	Tinggi Muka Air (cm)	
		Percobaan 1	Percobaan 2
1.	0,5	4	4
2.	1,0	4,2	4,2
3.	1,5	4,4	4,4
4.	2,0	4,6	4,6
5.	2,5	4,8	4,8
6.	3,0	4,8	5,0

Sumber : Data Primer

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Analisa kekeruhan

Air hujan yang ditampung dari atap rumah berpeluang besar membawa partikel-partikel yang melekat pada permukaan atap. Partikel-partikel tersebut dapat berupa debu atau kotoran hewan dan sebagainya. Seperti yang diungkapkan oleh Alaerts dan Santika S.S (1984) bahwa kekeruhan pada air disebabkan oleh adanya partikel-partikel kecil dan koloid yang berukuran 10 nm sampai 10  $\mu\text{m}$ , partikel-partikel kecil dan koloid tersebut tidak lain adalah kwarts, tanah liat, sisa tanaman, ganggang dan sebagainya. Oleh karena itu air hujan yang jatuh pertama kali tidak langsung ditampung dan dimasukkan ke dalam bak penampung air hujan, hal itu dimaksudkan untuk mencuci permukaan atap yang kotor. Tetapi air hujan yang berikutnya tidak berarti terbebas dari partikel-partikel kotoran dari atap, hal ini disebabkan masih adanya kotoran-kotoran yang tertinggal dan

terbawa masuk ke dalam bak penampung air hujan. Air hujan yang berada dalam bak penampung air hujan nantinya akan digunakan terutama pada saat musim kemarau, sehingga air hujan tersimpan cukup lama sampai akhirnya digunakan. Air hujan yang tersimpan lama juga dapat memicu pertumbuhan alga karena adanya nutrisi yang terbawa dari atap rumah dan adanya sinar matahari.

Penelitian untuk parameter fisik yaitu kekeruhan dilakukan dua kali dengan waktu percobaan yang berbeda dimana selang waktu antara percobaan 1 dan percobaan 2 selisih 20 hari, artinya air hujan yang digunakan pada percobaan 1 adalah air hujan yang disimpan selama 2 bulan sedangkan pada percobaan 2 adalah air hujan yang telah disimpan selama 2 bulan 20 hari. Hal ini disebabkan pada penelitian untuk parameter bakteriologi dilakukan percobaan lanjutan, sehingga untuk analisa kekeruhan juga dilakukan pengujian lanjutan untuk mengetahui ada tidaknya perubahan tingkat kekeruhan pada air hujan tersimpan.

Dengan melihat Tabel 6 dan 7 maka terlihat bahwa tingkat kekeruhan dalam air hujan yang tersimpan akan semakin mengalami penurunan setelah melewati saringan dengan semakin bertambahnya waktu pengoperasian. Hal ini disebabkan partikel-partikel yang terkandung dalam air hujan akan tersaring terutama partikel-partikel yang berukuran lebih besar daripada pori pasir, sedangkan partikel-partikel yang berukuran sama atau mendekati ukuran pori akan mengendap disela-sela pori pasir dengan sendirinya, dengan adanya benturan antara partikel air hujan dengan butiran pasir juga akan mengendapkan partikel-partikel yang akhirnya tertahan pada permukaan butiran pasir, melekatnya

partikel-partikel yang lebih halus pada permukaan butiran pasir dapat disebabkan oleh adanya ikatan fisik dan kimia antara partikel-partikel air hujan yang membentuk partikel-partikel yang lebih besar yang akhirnya mengendap. Menurut Metcalf & Eddy (1991) proses filtrasi pada saringan pasir terdiri dari beberapa mekanisme yaitu proses *straining* (penyaringan), *sedimentation* (pengendapan), *impaction* (benturan), *interception* (penahanan), *adhesion* (pelekatan), *chemical and physical adsorption*, *flocculation*, dan *biological growth*.

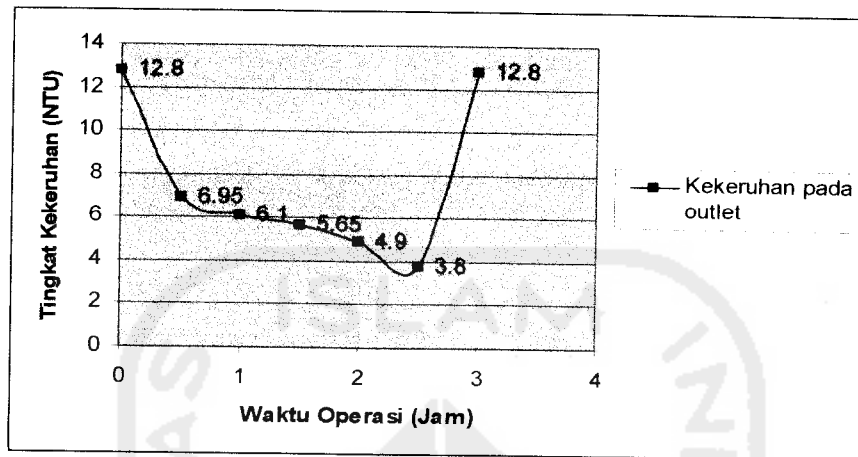
Pada titik tertentu tingkat kekeruhan air hujan yang telah melewati saringan pasir akan mengalami peningkatan. Artinya kandungan kekeruhan dalam air hujan yang telah melewati saringan pasir tidak mengalami penurunan kualitas kekeruhan, atau tingkat kekeruhan bertambah secara drastis. Hal ini dapat dilihat pada Grafik 1 dan Grafik 2 bahwa penurunan tingkat kekeruhan terjadi pada waktu 0,5 jam hingga 2,5 jam, tetapi setelah melewati waktu operasi 2,5 jam hingga 3 jam tingkat kekeruhan mendadak bertambah. Perubahan yang mendadak bertambah dari tingkat kekeruhan disebabkan terjadinya penurunan kemampuan saringan pasir dalam menyaring partikel-partikel kasar dan halus dalam air hujan. Seperti yang dinyatakan oleh Brault & Monod (1991) bahwa penurunan kemampuan pasir untuk menyaring disebabkan adanya proses penghalangan secara bertahap dari celah media filter. Penurunan kemampuan pasir juga disebabkan terjadinya pengikisan material pada permukaan media pasir karena partikel dan flokulan belum terikat secara kuat pada permukaan media penyaring, sehingga kikisan tersebut jatuh dan terdorong kelapisan pasir yang lebih dalam karena adanya kecepatan air. Ketika lapisan pasir tersumbat, kecepatan pengikisan

permukaan memaksa peningkatan kekeruhan hingga tidak ada material tambahan yang dapat disisihkan, sehingga beberapa material dapat lolos melewati lapisan pasir yang menyebabkan penampilan kekeruhan yang mendadak pada pengeluaran. Seperti yang diungkapkan dalam salah satu mekanisme penyisihan partikel dalam media granular terdapat proses *adhesion* yaitu proses yang dapat menyebabkan penampilan air pada pengeluaran mendadak keruh (Metcalf & Eddy, 1991).

Bila dihubungkan dengan tingkat efisiensi saringan pasir terhadap penurunan kekeruhan dalam air hujan tersimpan, maka effisiensinya akan semakin meningkat dengan bertambahnya waktu operasi saringan pasir, tetapi pada waktu operasi memasuki jam ke 3 (tiga) terjadi penurunan efisiensi yang sangat drastis hingga mencapai tingkat kekeruhan yang sama pada waktu sebelum melalui saringan pasir atau dapat dikatakan effisiensinya 0 %. Hal ini dikarenakan saringan pasir sudah tidak dapat menjalankan fungsinya sebagai penyaring partikel-partikel yang terdapat pada air hujan, sehingga air keluaran yang dihasilkan tidak mengalami perubahan atau kualitasnya tidak menjadi lebih baik. Untuk lebih jelasnya perhitungan tingkat efisiensi penurunan kekeruhan dapat dilihat pada lampiran 1, sedangkan untuk hubungan antara lama waktu operasi terhadap tingkat kekeruhan dapat dilihat pada Grafik 1 dan 2 sebagai berikut :

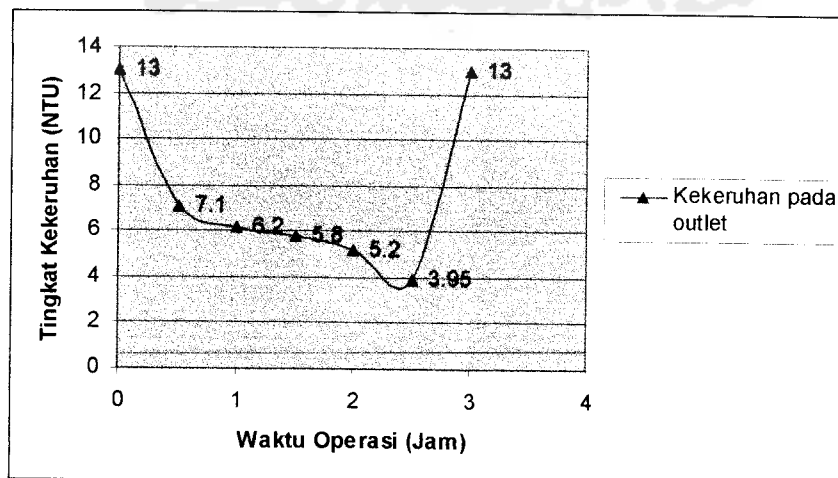


**Grafik 1.**  
**Hubungan Kekeruhan Terhadap Waktu Operasi Sebelum dan Setelah**  
**Pengolahan (Percobaan 1)**



Dari Grafik 1 di atas jelas terlihat bahwa pada saat waktu operasi 0 jam tingkat kekeruhan air hujan sebelum melewati saringan pasir adalah 12,8 NTU. Setelah melewati saringan pasir tingkat kekeruhan air hujan turun menjadi 6,95 NTU, 6,1 NTU, 5,65 NTU, 4,9 NTU, 3,8 NTU dan naik menjadi 12,8 NTU di akhir waktu pengoperasian.

**Grafik 2.**  
**Hubungan Kekeruhan Terhadap Waktu Operasi Sebelum dan Setelah**  
**Pengolahan (Percobaan 2)**



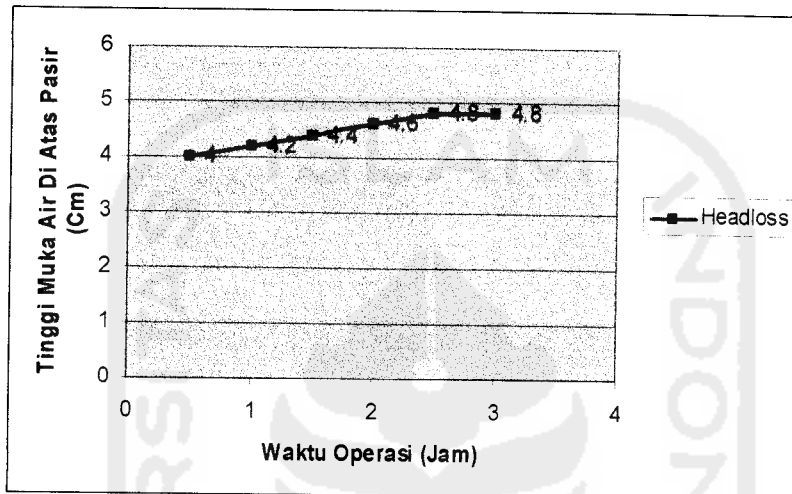
Sedangkan untuk percobaan 2 seperti terlihat pada Grafik 2 di atas jelas terlihat bahwa pada saat waktu operasi 0 jam tingkat kekeruhan air hujan sebelum melewati saringan pasir adalah 13,0 NTU. Setelah melewati saringan pasir tingkat kekeruhan air hujan turun menjadi 7,1 NTU, 6,2 NTU, 5,8 NTU, 5,2 NTU, 3,95 NTU dan naik menjadi 13,0 NTU di akhir waktu pengoperasian.

Terjadinya penurunan tingkat efisiensi saringan pasir dalam menurunkan kekeruhan dalam air hujan yang telah tersimpan dapat dilihat juga pada Tabel 10, Grafik 3 dan Grafik 4. Dari tabel tersebut menunjukkan bahwa dengan bertambahnya waktu pengoperasian maka akan semakin bertambah juga tinggi muka air yang berada di atas permukaan media pasir. Hal ini disebabkan karena terjadinya penyumbatan oleh partikel-partikel dalam air hujan yang ukurannya lebih besar daripada pori pasir yang terjadi pada permukaan lapisan media pasir. Menurut Brault & Monod (1991) penyumbatan pada celah-celah media pasir mengakibatkan terjadinya kenaikan kehilangan tekanan.

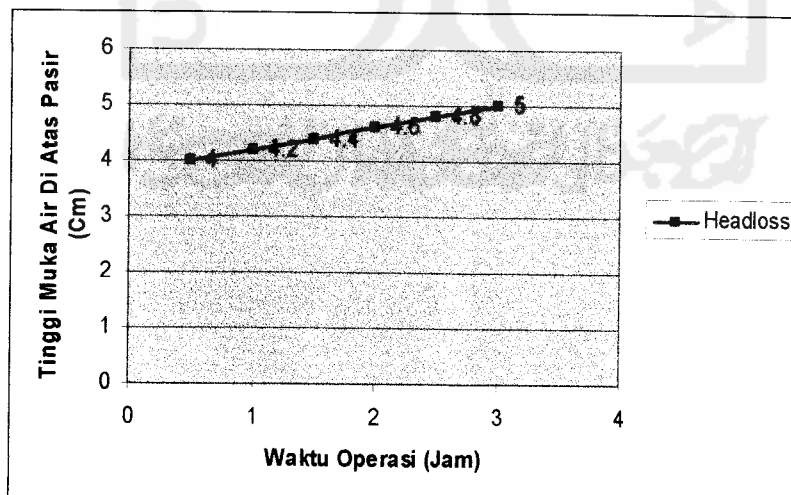
Dengan melihat data pada Tabel 6, 7 dan 10 serta Grafik 1, 2, 3 dan 4 maka dapat diketahui waktu operasi yang optimum untuk reaktor saringan pasir. Dari hasil yang diperoleh waktu optimum untuk kedua percobaan adalah pada percobaan 1 waktu operasi optimum berada pada jam ke 2,5, sedangkan pada percobaan 2 waktu operasi optimum juga berada pada jam ke 2,5. Hal ini menunjukkan bahwa pada waktu operasi melampaui jam ke 2,5 maka media yang digunakan sebagai filter perlu dicuci untuk melepaskan partikel-partikel yang melekat dan menyumbat pada celah-celah media sehingga dapat digunakan kembali. Atau dilakukan pengerukan pada lapisan pasir teratas sekitar 1-2 cm

untuk dicuci dan digunakan kembali atau langsung diganti dengan pasir yang baru.

**Grafik 3.**  
**Hubungan Tinggi Muka Air (*Headloss*) Terhadap Waktu Operasi**  
**(Percobaan 1)**



**Grafik 4.**  
**Hubungan Tinggi Muka Air (*Headloss*) Terhadap Waktu Operasi**  
**(Percobaan 2)**



#### 4.2.2 Analisa (bakteri *E.coli*)

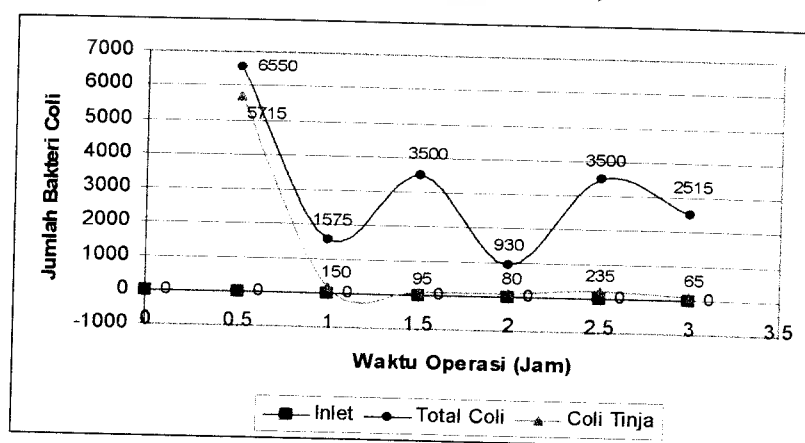
Dalam penganalisaan ada tidaknya bakteri *E.coli* pada air hujan yang telah disimpan selama 2 bulan, maka dapat diketahui bagaimana pengaruh kinerja saringan pasir terhadap jumlah bakteri *E.coli* pada air hujan tersebut setelah melewati saringan pasir.

Pengujian terhadap parameter bakteriologi khususnya bakteri *E.coli* dilakukan 2 kali dengan perbedaan perlakuan terletak pada ada tidaknya pensterilan media pasir dan kerikil yang digunakan untuk proses saringan pasir. Dimana percobaan 2 dengan pensterilan media merupakan percobaan lanjutan dari percobaan pertama.

Dari Tabel 8 dan 9 dapat diketahui bahwa ada perbedaan pada kualitas air hujan yang telah melalui saringan pasir. Perbedaan tersebut dapat dilihat dari hasil pengujian air hujan pada percobaan 1 bahwa air hujan sebelum melewati saringan pasir tidak mengandung bakteri *E.coli* tetapi setelah melewati saringan pasir kandungan bakteri *E.coli* dalam air hujan bertambah.

**Grafik 5.**

**Hubungan Jumlah Bakteri Coli Terhadap Waktu Operasi  
(Tanpa Pensterilan Media)**



Hal ini dapat disebabkan beberapa faktor antara lain ; pada media pasir dan kerikil yang digunakan dalam pengoperasian yang pertama sudah mengandung bakteri *E.coli* ; atau pada saat pencucian pasir dan kerikil, air yang digunakan untuk mencuci adalah air sumur yang berpeluang besar mengandung bakteri *E.coli* atau bakteri *E.coli* hadir pada saat penjemuran, dimana bakteri *E.coli* menyebar melalui udara; atau juga dari reaktor saringan pasir yang terkontaminasi bakteri *E.coli*. Berdasarkan hasil pada Grafik 5, dapat diketahui bahwa jumlah bakteri Total coli dan Coli tinja untuk setiap 0,5 jam dalam waktu 3 jam pengoperasian menunjukkan jumlah yang tidak stabil penurunan dan pertumbuhannya. Hal ini disebabkan karena waktu bakteri untuk menempuh ketebalan pasir sepanjang 45 cm tidak dapat dilakukan dalam waktu 0,5 jam secara bersamaan. Sehingga jumlah bakteri yang terdapat dalam saringan pasir tidak semuanya lolos menuju pipa pengeluaran.

Untuk membuktikan bahwa kehadiran bakteri *E.coli* benar-benar berasal dari faktor-faktor yang telah disebutkan di atas maka diperlukan percobaan lanjutan. Sehingga dari hasil percobaan lanjutan tersebut dapat membuktikan bahwa kehadiran bakteri *E.coli* dalam air hujan tersimpan tidak dapat dimusnahkan dengan cara hanya melewatkan air hujan melalui saringan pasir tanpa diawali dengan proses pensterilan media pasir dan kerikil; atau disertai dengan pengolahan lanjutan seperti pembubuhan khlor, kaporit, dan sebagainya, terlebih lagi apabila pada permukaan lapisan pasir tidak terbentuk lapisan *schmutzdecke*, dimana lapisan itulah yang berfungsi sebagai pendegradasi bakteri yang terdapat pada air baku. Tidak terbentuknya lapisan *schmutzdecke* pada

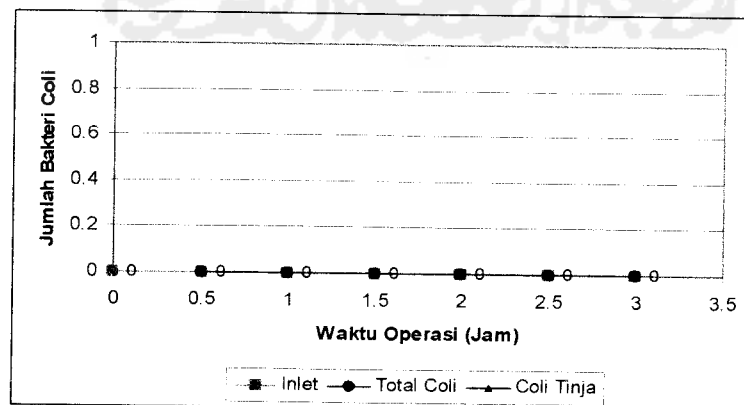
percobaan ini disebabkan karena terbatasnya waktu operasi yang digunakan dalam penelitian ini. Padahal pembentukan lapisan *schmutzdecke* tidak dapat terjadi dalam waktu 9 jam, melainkan membutuhkan waktu yang cukup lama.

Berdasarkan perbedaan perlakuan terhadap media pasir dan kerikil yang digunakan nampak jelas hasil dari media yang disterilkan akan menghasilkan air yang tidak mengandung bakteri *E.coli*, sedangkan air hasil dari media yang tidak disterilkan menghasilkan air yang mengandung bakteri *E.coli*.

Untuk lebih jelasnya hubungan antara jumlah bakteri *E.coli* (*Total Coli* dan *Coli Tinja*) terhadap waktu operasi dapat dilihat pada Grafik 5 dengan media tanpa pensterilan dan Grafik 6 dengan media pensterilan. Dari Grafik 5 tersebut jelas menunjukkan bahwa dalam air yang tidak mengandung bakteri *E.coli* ternyata setelah melewati saringan pasir menghasilkan air yang mengandung bakteri *E.coli*, sedangkan pada Grafik 6 menunjukkan air sebelum dan setelah melewati saringan pasir tidak mengandung bakteri *E.coli*.

**Grafik 6.**

**Hubungan Jumlah Bakteri Coli Terhadap Waktu Operasi  
(Dengan Pensterilan Media)**



Kenyataan bahwa tidak adanya bakteri *E.coli* pada air hujan tersebut diperkirakan pada saat menampung air hujan kondisi atap dalam keadaan bersih dari kontaminasi bakteri-bakteri yang terkandung dalam kotoran hewan berdarah panas atau kontaminasi tinja; tempat untuk menampung air hujan juga terbebas dari bakteri *E.coli*; atau tidak adanya kontaminasi melalui udara yang membawa bakteri *E.coli* kedalam bak penampungan air hujan selama proses penangkapan air hujan.

Dalam penelitian ini menyatakan bahwa air hujan yang telah tersimpan selama 2 bulan ternyata tidak mengandung bakteri *E.coli*. Sehingga dengan demikian tidak dapat diketahui apakah saringan pasir mampu menurunkan jumlah bakteri *E.coli* dengan kriteria desain dan waktu operasi saringan pasir seperti yang tercantum dalam BAB III. Menurut Tjokrokusumo, 1995 penurunan hitung bakteri (MPN) pada faktor  $10^2-10^4$ , dan *E.coli* pada faktor  $10^2-10^3$  di bagian permukaan media penyaring terjadi "schmutzdeck". Hal ini disebabkan karena untuk membentuk lapisan "schmutzdeck" memerlukan waktu dalam hitungan hari, sedangkan peneliti dalam hal ini hanya menggunakan waktu 9 jam sehingga lapisan tersebut belum sempat terbentuk.