

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji *Biofilm*

Sebelum melakukan pengambilan sampel, semua media harus dalam keadaan steril. Sterilisasi dilakukan dengan cara merebus semua media, yaitu pasir halus, pasir kasar, dan kerikil. Setelah semua media dianggap steril, kemudian media disusun sesuai dengan variasi ketinggian yang diinginkan. Kecepatan air antara inlet dan outlet diatur dengan mempertahankan 5 cm air di atas permukaan media pasir halus.

Untuk menumbuhkan lapisan *biofilm* tersebut diperlukan tempat agar lapisan *biofilm* melekat pada media seperti pasir. Air sebagai nutrisi, dialirkan secara terus menerus membuat lapisan *biofilm* berkembang dengan baik. *Biofilm* terdiri dari sel – sel mikroorganisme yang melekat erat pada suatu permukaan sehingga dalam keadaan diam, tidak mudah lepas atau berpindah tempat. Pada *biosand filter* ketinggian air di atas media pasir setinggi 5 cm secara konstan. ini dimaksudkan apabila tingginya air lebih dari 5 cm maka jumlah oksigen bebas yang terdapat pada air tidak cukup untuk proses metabolisme bakteri pada lapisan *biofilm* sehingga mikroorganisme pada *biofilm* tersebut akan mati. Sedangkan apabila ketinggian air kurang dari 5 cm akan mengakibatkan lapisan *biofilm* yang berada di atas permukaan pasir akan rusak (Tommy & Sophie, 2003). Untuk itu perlu dilakukan pemantauan secara rutin sampai terbentuknya lapisan *biofilm*.

Biosand filter dijalankan secara *intermitten*, maksudnya untuk menumbuhkan lapisan *biofilm* yaitu dengan menjalankan air setiap 2 hari, lalu pada hari berikutnya dimatikan. Hal ini dilakukan sampai lapisan *biofilm* tersebut tumbuh.

Tinggi lapisan *biofilm* sekitar 0,5-2 cm pada permukaan media pasir. Lapisan *biofilm* sangat mudah rusak karena terlalu tipis, diharuskan pada saat pengambilan perlu ketelitian dan ke hati-hatian. Oleh sebab itu, pada saat pengambilan lapisan *biofilm*, air dari inlet sebaiknya dimatikan karena dengan adanya air bisa mengganggu proses pengambilan lapisan *biofilm*. Pengambilan lapisan *biofilm* diambil dengan menggunakan pipet, lalu lapisan tersebut dipindahkan ke kaca objek yang kemudian dikeringkan. Pada saat lapisan *biofilm* dikeringkan pada kaca objek, dipastikan *biofilm* tidak akan berkembang biak lagi karena tidak adanya air sebagai nutrien.

Lapisan *biofilm* dilihat dengan menggunakan Foto Mikroskop yang dilakukan di Laboratorium Bio Manajemen Universitas Atma Jaya Jogjakarta. Dari hasil Foto Mikroskop diperoleh hasil bahwa pada hari ke-7 (terlihat pada gambar A) sudah mulai terbentuk lapisan *biofilm*. Tetapi karena pembentukan baru hanya di sebagian permukaan media, sedangkan yang di harapkan adalah lapisan *biofilm* terbentuk di seluruh permukaan filter, maka pada hari berikutnya atau hari ke-8 (gambar B) dilakukan pengujian lagi. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa lapisan *biofilm* terbentuk dengan sempurna diseluruh permukaan. Sampai hari ke-10 (gambar D), lapisan *biofilm* sudah terbentuk secara

keseluruhan. Adapun pertumbuhan lapisan *biofilm* tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah ini:



Gambar 4.1 Pertumbuhan *biofilm* dengan perbesaran 10 x 45
Sumber: Dokumtasi Pribadi (Foto Mikroskop)

Biosand filter membutuhkan waktu satu sampai tiga minggu untuk membentuk lapisan *biofilm* (Hegazi, 2004). Pertumbuhan *biofilm* ini banyak dipengaruhi oleh banyak faktor seperti interaksi antara bakteri, permukaan yang ditemeli, kelembaban permukaan, makanan yang tersedia, ikatan ion, ikatan van der waals, tegangan serta kondisi permukaan (Tung K, 2003).

Pembentukan lapisan *biofilm* dapat tumbuh dengan sendirinya. Dapat dilihat melihat secara fisik (mata terlanjang) dari pertumbuhan lapisan *biofilm* tersebut, yaitu terjadinya perubahan pada media pasir dipermukaan dari warna kuning muda, kemudian coklat muda, lalu menjadi merah kecoklatan yang merupakan zone dasar untuk aktifitas mikroorganismenya yang menjadi dasar pertumbuhan *biofilm*.

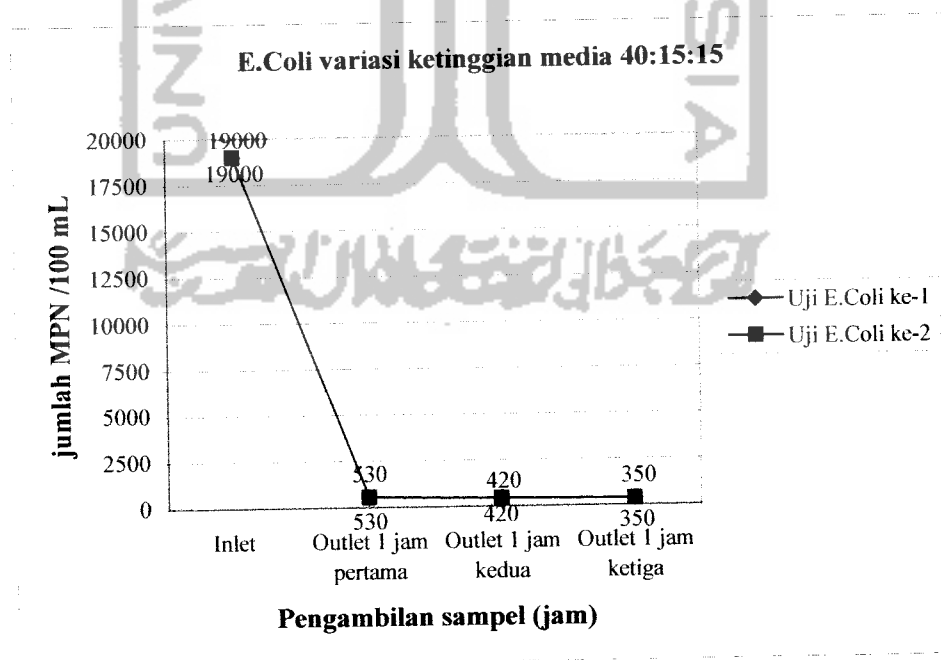
Eschericia Coli dan *fecal coli* tersisih oleh adanya *biofilm* pada pasir yang terdapat pada lapisan atas *biosand filter*. *Biofilm* terdiri dari lapisan gel yang terbentuk dari multispecies mikroorganismenya dan matrik yang tersusun secara tidak beraturan serta bahan-bahan organik yang tertangkap didalamnya yang melekat kuat pada suatu permukaan padat. Pelekatan pada bakteri disertai oleh penumpukan bahan-bahan organik yang diselubungi oleh matrik *polimer ekstraseluler* yang dihasilkan oleh bakteri tersebut. Matrik ini berupa struktur benang-benang bersilang satu sama lain yang dapat berupa perekat bagi *biofilm*. Pertumbuhan bakteri secara terus-menerus dan disertai oleh jumlah besar *polimer ekstraseluler*, menyebabkan pembentukan lapisan *biofilm* dapat dilihat dengan mata terlanjang.

Selain itu juga karena *biofilm* yang terdiri dari organismenya predator seperti amoeba, protozoa, invertebrata, dan sedikit alga yang berkembang biak setiap harinya, sebagian besar bakteri akan mati dalam lingkungan karena meningkatnya kompetisi bakteri dalam *biofilm* tersebut sehingga kandungan bakteri *Eschericia Coli* dan *Fecal coli* menurun segera saat di dalam *biosand filter*.

Eschericia Coli dan *Fecal Coli* menempel pada media pasir yang lebih banyak dan berdiameter lebih kecil. Sedangkan *biofilm* terbentuk karena adanya kontak langsung dengan media air. Yang mana akan mengikat antar pasir yang satu dengan yang lainnya, sehingga akan lebih rapat, dan akan lebih besar meremoval *Eschericia Coli* dan *Fecal Coli*.

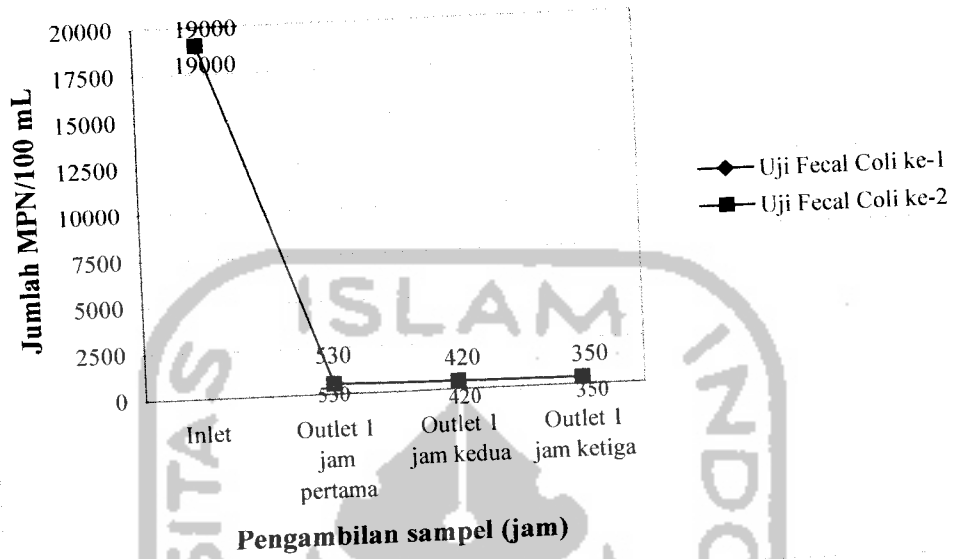
4.2 Hasil Pengujian *E.Coli* dan *Fecal Coli* dengan menggunakan *Biosand Filter*

Adapun hasil pengujian dengan menggunakan proses *biosand filter* sebagaimana dapat dilihat pada Lampiran 4 (terlampir) diketahui bahwa bakteri *Eschericia Coli* dan *fecal Coli* mengalami penurunan setelah melalui *biosand filter* dengan variasi ketinggian media seperti terlihat pada Gambar 4.2 sampai Gambar 4.7 dibawah ini :



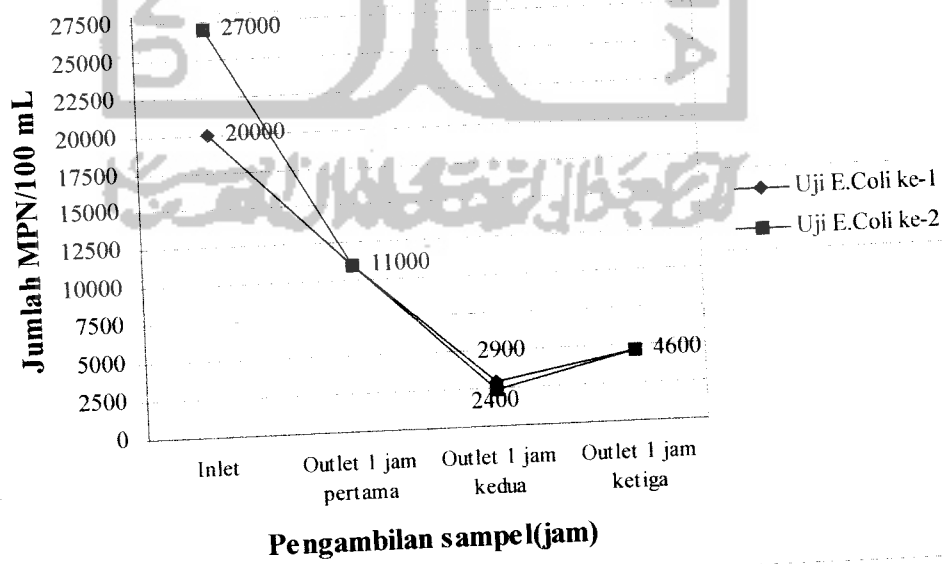
Gambar 4.2 Grafik *E.Coli* variasi ketinggian media 40:15:15 cm

Fecal Coli variasi ketinggian media 40:15:15 cm



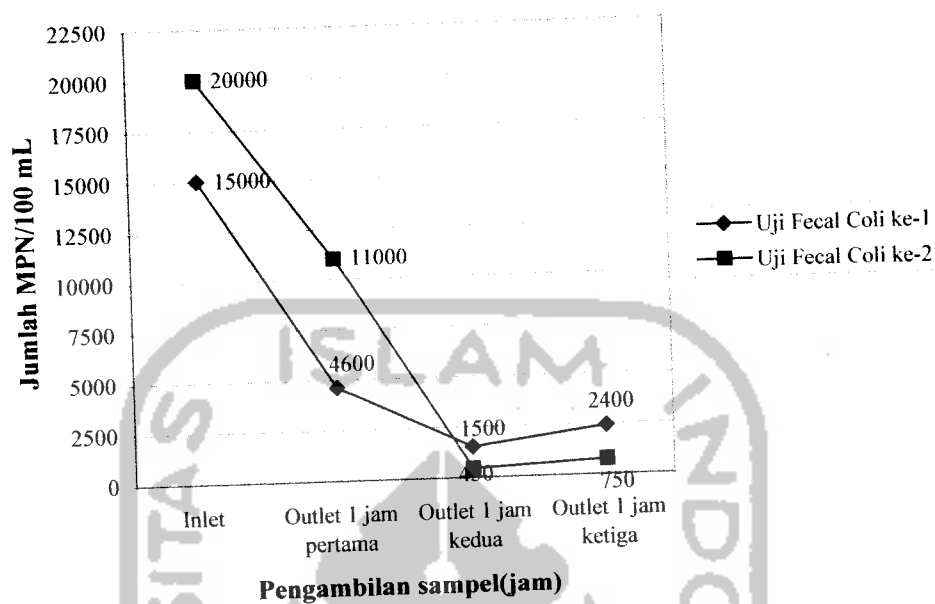
Gambar 4.3 Grafik *Fecal Coli* variasi ketinggian media 40:15:15 cm

E.Coli variasi ketinggian media 50:10:10 cm



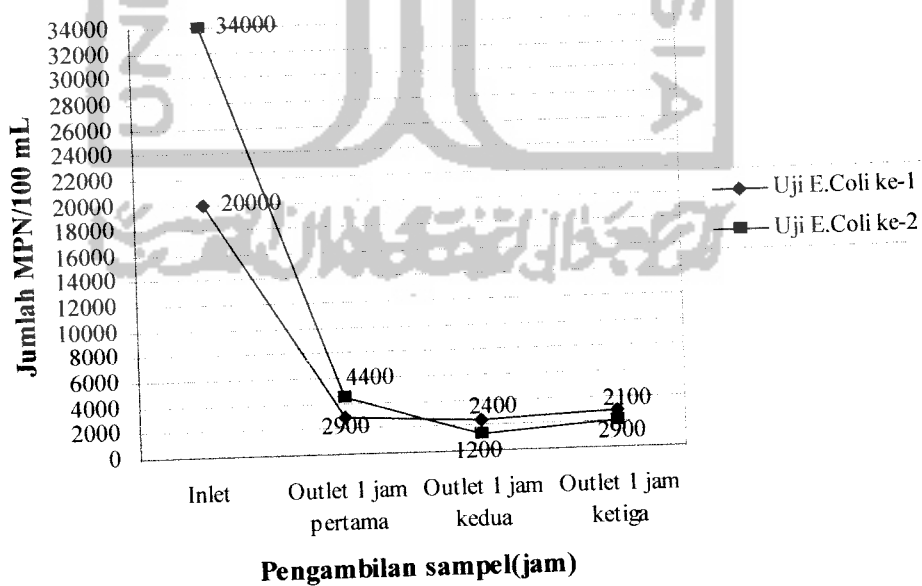
Gambar 4.4 Grafik *E.Coli* variasi ketinggian media 50:10:10 cm

Fecal Coli variasi ketinggian media 50:10:10 cm

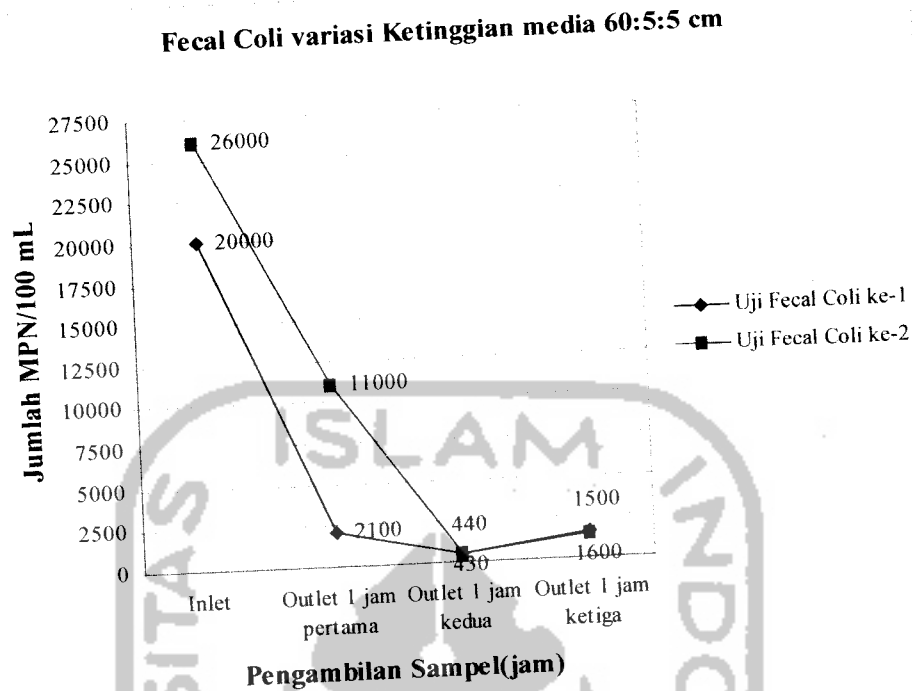


Gambar 4.5 Grafik Fecal Coli variasi ketinggian media 50:10:10 cm

E.Coli variasi ketinggian media 60:5:5 cm



Gambar 4.6 Grafik E.Coli variasi ketinggian media 60:5:5 cm



Gambar 4.7 Grafik Fecal Coli variasi ketinggian media 60:5:5 cm

4.3 Pembahasan bakteri *Escherichia Coli* dan *Fecal Coli*

Golongan bakteri Coli, merupakan jasad indikator di dalam substrat air, bahan-makanan, dan sebagainya untuk kehadiran jasad berbahaya, yang mempunyai persamaan sifat : gram negatif berbentuk batang, tidak membentuk spora dan mampu memfermentasikan kaldu laktosa pada temperatur 37°C dan fecal coli $42 \pm 1^{\circ}\text{C}$ membentuk asam dan gas dalam waktu 48 jam (Unus, 1996).

Air baku yang akan digunakan sebagai objek penelitian ini diambil dari sumur penduduk jln. Jambon III RT.I/RW.I Kricak Jogjakarta. Sebelum penelitian dilakukan, hal terpenting yang harus diketahui adalah menguji kualitas air tanah itu sendiri, guna mendapatkan data primer yang akan dipakai sebagai acuan dalam melaksanakan penelitian selanjutnya.

Berdasarkan analisis laboratorium yang dilakukan terhadap air baku yang diambil dari sumur penduduk tersebut, didapatkan data sebagai berikut :

Tabel. 4.1 Kadar *E.Coli* dan *Fecal Coli* pada analisa awal

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa
1	E.Coli	MPN/100 ml	2400+
2	Fecal Coli	MPN/100 ml	2400+

(Sumber : Data Primer 2005)

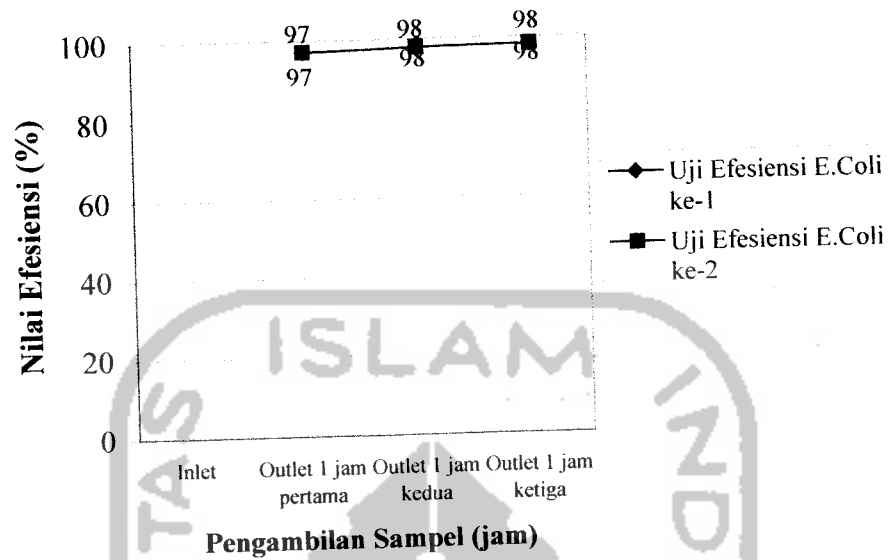
Dari data yang tersaji diatas, diketahui bahwa kadar *E.Coli* dan *Fecal Coli* yang terdapat pada sumur penduduk Jln. Jambon III RT.1/RW. I Kricak Jogjakarta telah melebihi ambang batas yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 Tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran air sebesar 1000 MPN/100 ml untuk *Coliform* dan 100 MPN/ 100 ml *Fecal Coli* golongan kelas 1.

Tingginya kandungan bakteri *Eschericia Coli* dan *fecal Coli* di lokasi tersebut berasal dari pencemaran septik tank. Hal ini terjadi karena sumur tempat penelitian tersebut merupakan perkampungan padat penduduk, sehingga jarak antara septik tank dan sumur tesebut ± 2 m. Oleh sebab itu diperlukan suatu pengolahan yang tepat, murah dan sederhana untuk menurunkan kandungan bakteri *Eschericia Coli* dan *fecal Coli* yang terdapat dalam air tanah. *Biosand filter* merupakan proses penyaringan atau penjernihan air dimana air yang akan diolah dilewatkan pada media pasir dengan kecepatan rendah karena dipengaruhi diameter butiran pasir yang lebih kecil dan lapisan *biofilm* yang berada di permukaan pasir sehingga dapat menurunkan kandungan bakteriologis.

Setelah di dapat data analisa awal lokasi penelitian, maka reaktor *biosand filter* mulai dijalankan sesuai dengan variasi ketinggian yang di inginkan. Analisa pertama menggunakan variasi ketinggian media 40:15:15 cm, selanjutnya analisa yang kedua dengan variasi ketinggian media 50:10:10 cm dan kemudian analisa ketiga variasi ketinggian media 60:5:5 cm. Setiap variasi ketinggian, menggunakan perlakuan yang sama yaitu pengambilan sampel dilakukan setelah *biofilm* terbentuk dengan 2 kali perulangan.

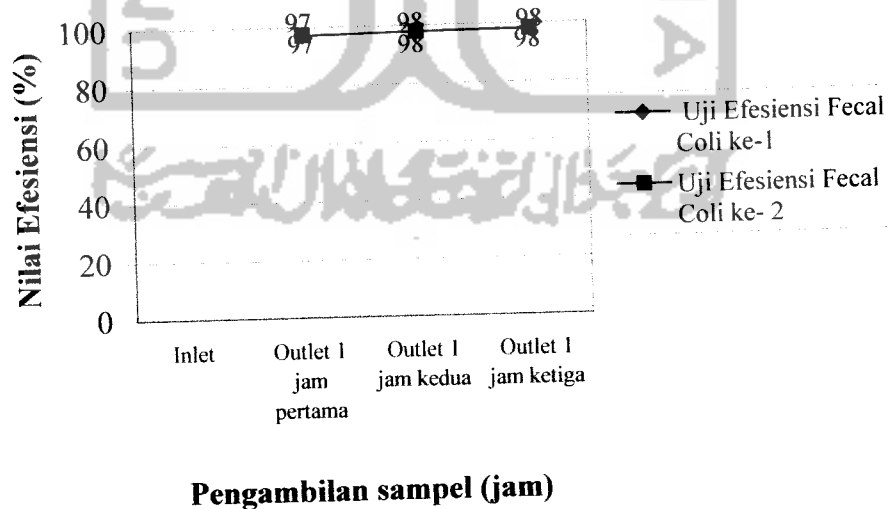
Nilai efisiensi *biosand filter* dipengaruhi waktu pengambilan sampel. Semakin lama waktu pengambilan sampel maka nilai efisiensi semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena aliran air dalam *biosand filter* mengalir secara kosntan yang memberi pemasukan oksigen ke *biofilm*, sehingga sebagian besar *E. Coli* akan mati karena meningkatnya kompetisi di permukaan media. Adapun nilai efisiensi variasi ketinggian media 40:15:15 cm , 50:10:10 cm, dan 60:5:5 cm, dapat dilihat pada Lampiran 6 dan Gambar 4.8 sampai dengan Gambar 4.13 dibawah ini.

Efisiensi E.Coli variasi ketinggian media 40:15:15 cm



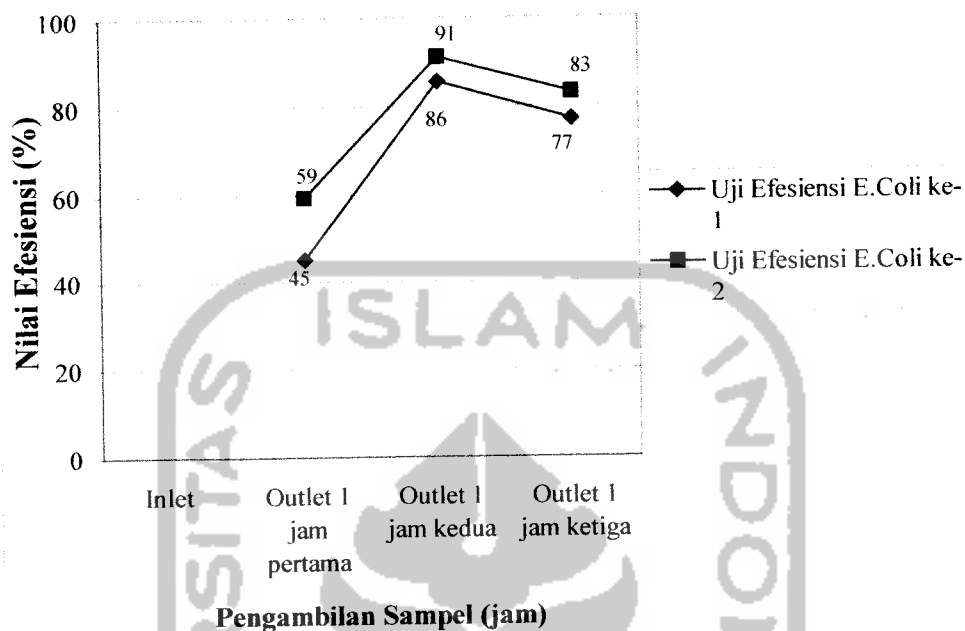
Gambar 4.8 Nilai Efisiensi *E.Coli* variasi ketinggian media 40:15:15 cm

Efisiensi Fecal Coli variasi ketinggian media 40:15:15 cm



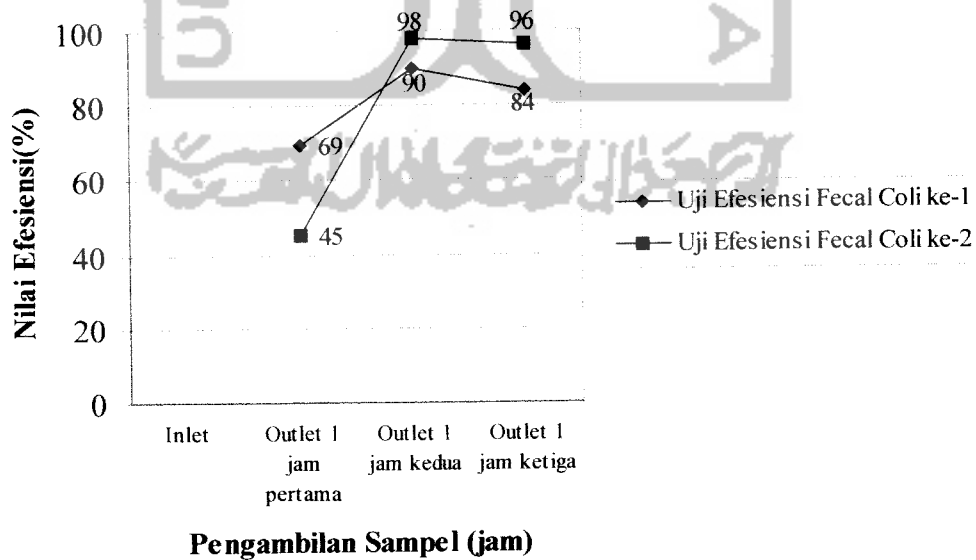
Gambar 4.9 Nilai Efisiensi *Fecal Coli* variasi ketinggian media 40:15:15 cm

Efesiensi E.Coli variasi ketinggian media 50:10:10 cm



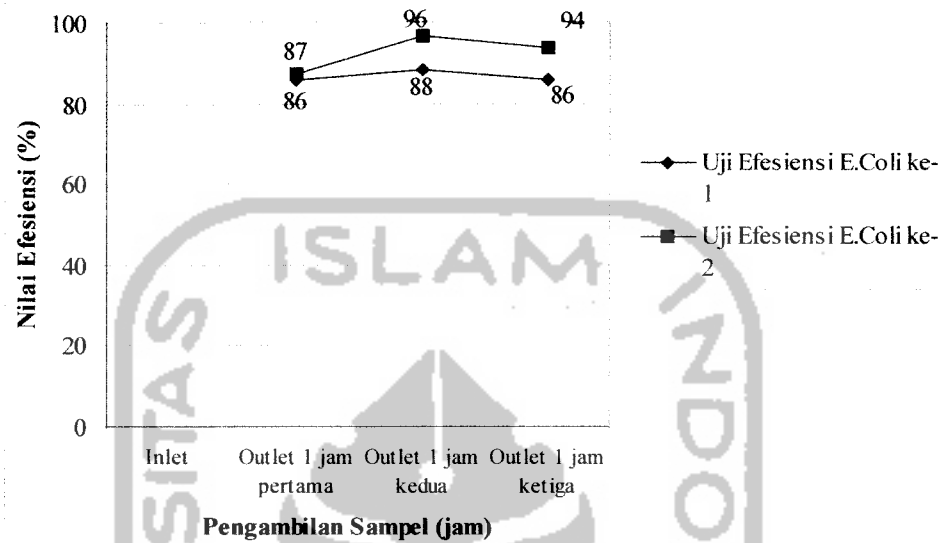
Gambar 4.10 Nilai efesiensi E.Coli Ketinggian Media 50:10:10 cm

Efesiensi Fecal Coli variasi ketinggian media 50:10:10 cm



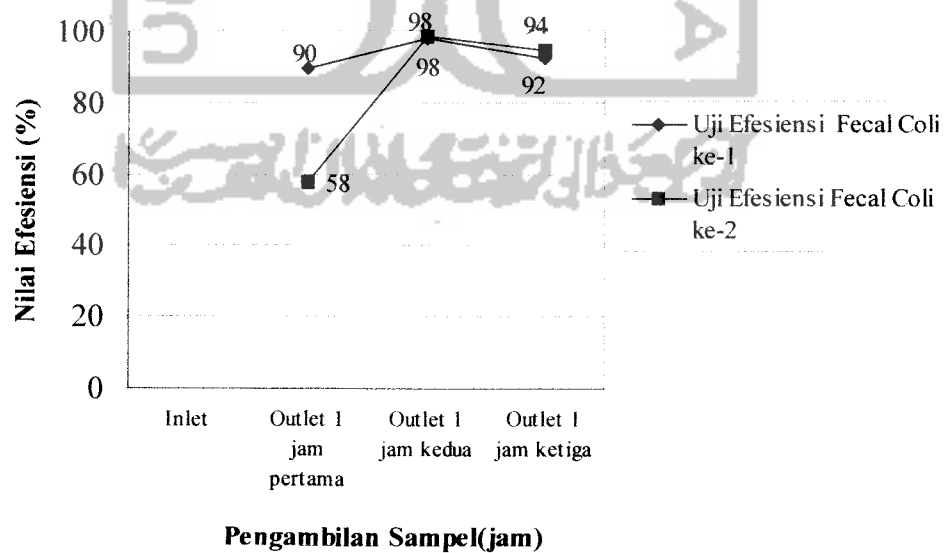
Gambar 4.11 Nilai efesiensi Fecal Coli Ketinggian Media 50:10:10 cm

Efisiensi E.Coli variasi ketinggian media 60:5:5 cm



Gambar 4.12 Nilai efisiensi *E.Coli* variasi ketinggian media 60:5:5 cm

Efisiensi Fecal Coli variasi ketinggian media 60:5:5 cm



Gambar 4.13 Nilai efisiensi *Fecal Coli* variasi ketinggian media 60:5:5 cm

Berdasarkan hasil uji laboratorium, pada ketinggian media 40:15:15 cm menunjukkan bahwa *biosand filter* mampu menurunkan kandungan bakteri *E.Coli* dan *Fecal Coli* sebesar 97 % - 98 % (lampiran 5). Hal ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa *biosand filter* mampu menurunkan bakteri *Eschericia Coli* dan *fecal Coli* sebesar 95 – 100 % (Basu & Cleary, 2004). Selanjutnya ketinggian media 50:10:10 cm didapat hasil bahwa reaktor *biosand filter* mampu menurunkan kandungan bakteri *E.coli* sebesar 45 % - 91 % dan *fecal coli* sebesar 45 % - 98% (lampiran 5). Sedangkan ketinggian media 60:5:5 cm diperoleh hasil bahwa *biosand filter* mampu menurunkan kandungan *Eschericia Coli* sebesar 86 % - 96 % dan *Fecal Coli* sebesar 58 % - 98 % (lampiran 5).

Mekanisme penurunan *E.coli* dan *fecal Coli* pada *biosand filter* mengalami proses *predasi / predator*, yang mana mikroorganisme mengkonsumsi bakteri dan patogen-patogen lain di air yang pastinya jumlah bakteri tersebut lebih banyak dibandingkan dari *E.coli* dan *fecal coli*. Sehingga, *E.Coli* dan *fecal coli* akan lenyap atau terserang oleh mikroorganisme *predasi/ predator* tersebut sehingga keberadaan *E.coli* dan *fecal coli* berkurang. Adapun bakteri yang bersifat predator adalah *protozoa*, *amouba*, dan *invertebrata*. Sifat dari mikroorganisme *predasi* diantaranya *protozoa*, *amouba*, *invertebrata*, *alga*, bakteri patogen dan non patogen hidup di tempat yang basah dan banyak mengandung zat organik seperti air.

Pembiakan bakteri terjadi setiap 15 – 30 menit menyebabkan *biofilm* yang ada dipermukaan media lebih besar menurunkan kandungan bakteri *Eschericia Coli* dan *Coli tinja*..

Selain mengalami proses *predasi* / *predator* keberadaan *E.coli* dan *Fecal Coli* berkurang karena kematian secara alami atau *Inaktivasi*. Karena adanya kompetisi dalam memperebutkan makanan, maka mikroorganisme yang jumlahnya lebih sedikit akan kalah dalam kompetisi, sehingga akan mati. *E.coli* dan *fecal coli* adalah bagian dari penyusun *biofilm*, maka akan kalah dengan mikroorganisme lain yang ada di *biofilm* tersebut.

Penumbukan partikel – partikel padatan pada permukaan *biosand filter* dapat menyebabkan penyumbatan sehingga *biosand filter* tidak dapat bekerja secara optimal. Akhirnya *biosand filter* dianggap telah menunjukkan titik jenuh. Hal ini dapat dilihat dengan penurunan jumlah bakteri *Eschericia Coli* dan *fecal Coli* pada satu jam pertama sampai dengan satu jam kedua, sedangkan pada satu jam ketiga jumlah bakteri *Eschericia Coli* dan *fecal Coli* lebih besar dari satu jam kedua seperti terlihat pada Gambar 4.10, Gambar 4.11, Gambar 4.12 dan Gambar 4.13.

Kondisi ini menandakan meningkatnya kompetisi dan penumpukan zat-zat organik yang ada dipermukaan *biosand filter* tempat *biofilm* berada. Dengan bertambahnya waktu pengoperasian maka akan semakin bertambah juga tinggi muka air yang berada di atas permukaan media pasir. Sehingga pada *biosand filter* terjadi *clogging* (penyumbatan).. Menurut Brault & Monod (1991) penyumbatan pada celah-celah media pasir mengakibatkan terjadinya kenaikan kehilangan

tekanan. Penyumbatan ini dapat menimbulkan terjadinya kondisi *anaerobic* pada lingkungan permukaan pasir, sehingga dapat menyebabkan bakteri - bakteri yang terdapat dalam *biofilm* reaktor *biosand filter* akan mati.

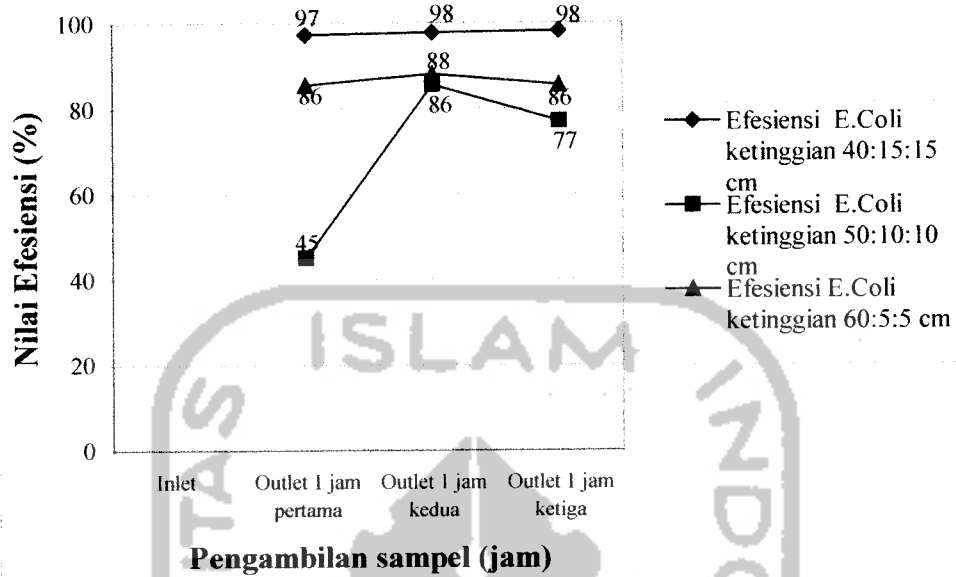
Apabila ruang antara butir penuh maka media penyaring akan jenuh dan tidak mampu meloloskan air baku lagi. Sehingga media penyaring tersebut perlu dilakukan pencucian. Selain pencucian kembali media penyaring pada *biosand filter*, salah satu alternatif untuk mengatasi terjadinya *clogging* pada *biosand filter* perlu dilakukan pengadukan secara perlahan-lahan pada permukaan media dimana lapisan *biofilm* berada. Selanjutnya air yang berada diatas media pasir dengan ketinggian 5 cm, diambil sekitar 2 cm. Hal ini diharapkan penyumbatan tidak terjadi lagi pada permukaan pasir.

4.4 Perbandingan antar variasi ketinggian berdasarkan data uji laboratorium

Berdasarkan hasil nilai efisiensi untuk seluruh percobaan ketinggian diatas dapat di tarik kesimpulan bahwa pada penelitian ini variasi ketebalan media tersebut mampu menurunkan kandungan bakteri *E. Coli* dan *fecal Coli*.

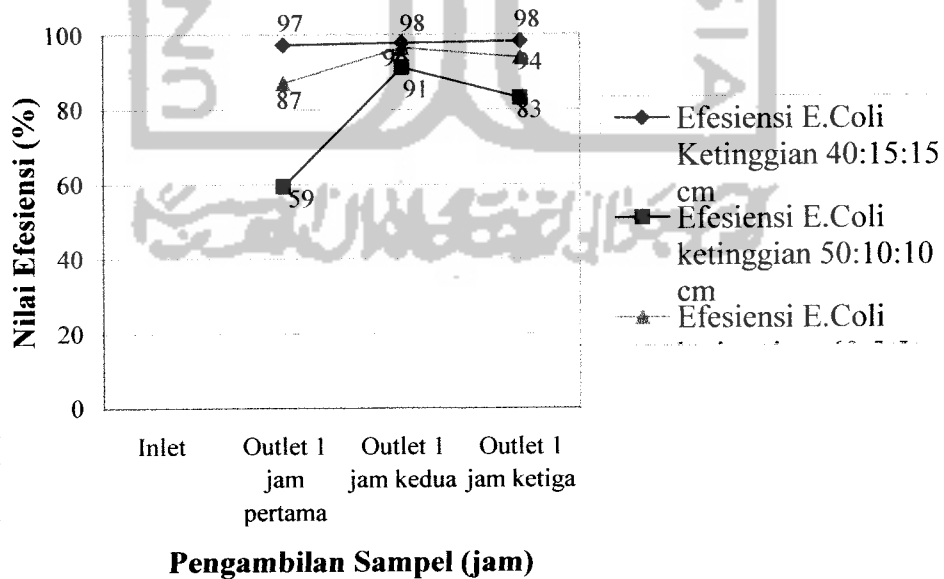
Setelah mengetahui nilai efisiensi dari masing – masing ketinggian, maka untuk lebih jelas perbandingan antar ketinggian yang satu dengan yang lainnya dapat dilihat pada Gambar 4.14 sampai dengan Gambar 4.17 di bawah ini:

Perbandingan Variasi Ketinggian media untuk E.Coli I



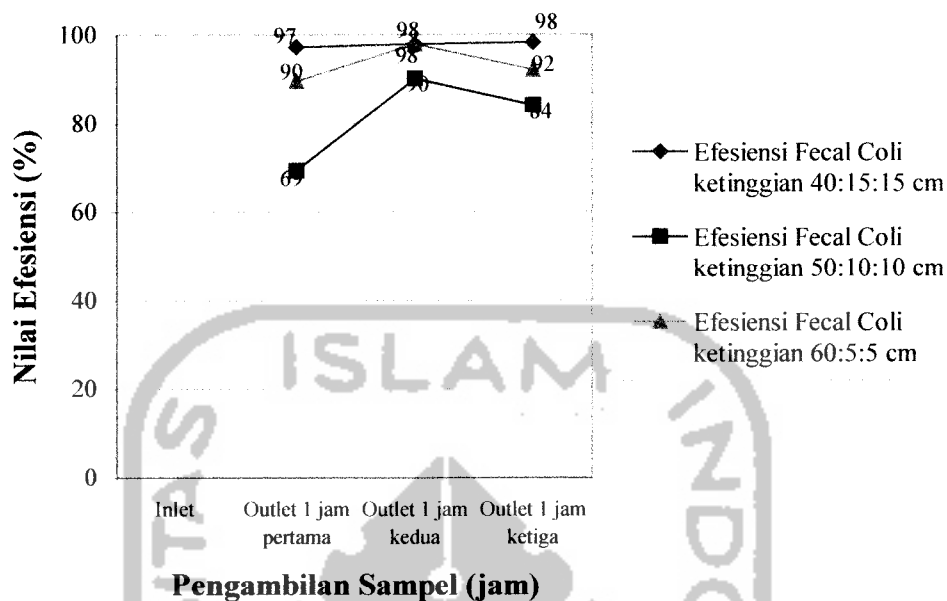
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan variasi ketinggian *E.Coli* ke-I

Perbandingan Variasi Ketinggian media untuk E.Coli II



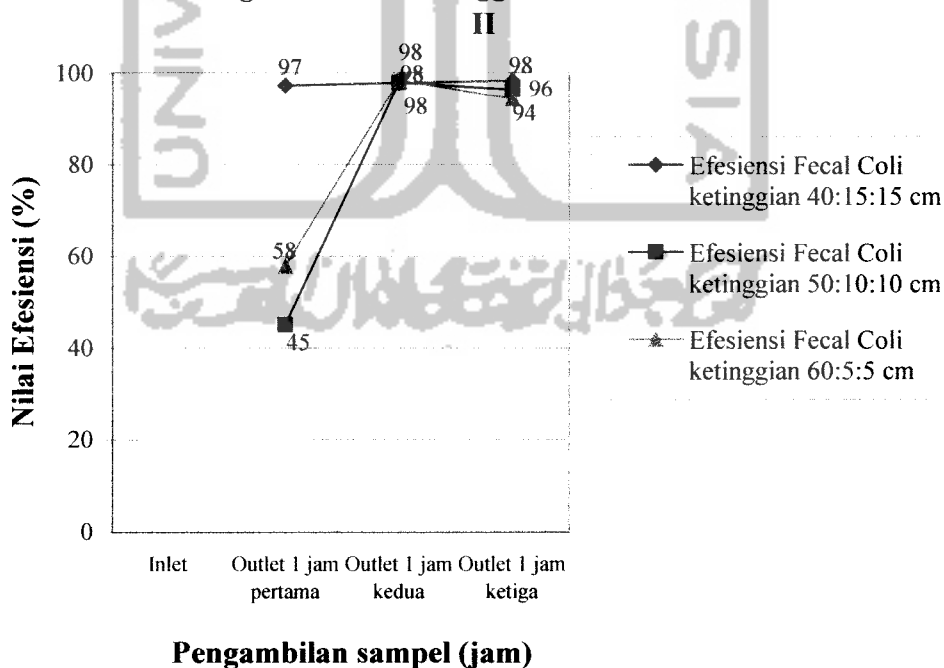
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan variasi ketinggian *E.Coli* ke-II

Perbandingan Variasi Ketinggian media untuk Fecal Coli I



Gambar 4.16 Grafik Perbandingan variasi ketinggian *Fecal Coli* Ke-I

Perbandingan Variasi Ketinggian media untuk Fecal Coli II



Gambar 4.17 Grafik Perbandingan variasi ketinggian *Fecal Coli* ke-II

Baerdasarkan Gambar 4.14 sampai dengan Gambar 4.17 dapat dilihat perbandingan variasi ketinggian antara ketinggian 40:15:15 cm , 50:10:10 cm, dan 60:5:5 cm. Dari variasi tersebut tidak mengalami perbedaan nilai efesiensi secara jauh. Hal ini dikarenakan luas permukaan *biofilm* pada *biosand filter* berukuran sama (30 x 30 cm). Sehingga untuk ketiga ketinggian ini cukup efektif dalam menurunkan kandungan bakteri *e.coli* dan *fecal coli* pada *biosand filter*. Namun akan lebih efektif apabila variasi bukan pada ketinggian, melainkan pada luas permukaan. Hal ini dikarenakan pertumbuhan *biofilm* yang berperan besar dalam menurunkan kandungan bakteri *E.Coli* dan *fecal Coli* pada *biosand filter*.

