

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Kadar Fe Total dan Mn pada air baku

Air baku yang akan digunakan sebagai objek penelitian ini diambil dari sumur gali yang terdapat di wilayah kampus terpadu, tepatnya di samping gedung Fakultas Psikologi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. 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. Setelah dilakukan beberapa kali pengujian, diketahui bahwa kandungan Fe maupun Mn yang terdapat dalam sumur gali di wilayah kampus terpadu sangat fluktuatif.

Berdasarkan analisis laboratorium yang dilakukan terhadap air baku yang diambil dari sumur gali di wilayah kampus terpadu, didapatkan data sebagai berikut :

Tabel. 4.1. Kadar Fe dan Mn yang digunakan Pada Reaktor *Biosand Filter*.

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa
1	Fe Total	mg/l	1.269
2	Mn	mg/l	0,383

(Sumber : Data Primer 2006)

4.1.2 Hasil Uji Lapisan Biofilm

Biofilm adalah cairan liat (*slime*) organik yang dihasilkan oleh bakteri yang hidup dalam perairan. Cairan liat ini melindungi mikroorganisme terhadap pengaruh faktor lingkungan yang membantu mikrobial tadi untuk melekat pada permukaan padat.

Sebelum melakukan pengambilan sampel, semua media harus dalam keadaan steril. Sterilisasi dilakukan dengan cara mencuci semua media yaitu pasir halus, pasir kasar, dan kerikil. Setelah semua media dianggap bersih, kemudian media disusun sesuai ketinggian yang diinginkan. Setelah disusun, Filter dijalankan secara *intermitten* maksudnya untuk menumbuhkan lapisan *biofilm*, air dijalankan setiap 2 hari, lalu hari berikutnya dimatikan. Kecepatan antara inlet dan outlet diatur dengan mempertahankan 5 cm air diatas media pasir halus, ini dimaksudkan agar mengurangi kecepatan air dari inlet sehingga lapisan biofilm yang tumbuh dipermukaan pasir tidak rusak. Oleh sebab itu maka diperlukan pemantauan secara rutin sampai terbentuk lapisan biofilm.

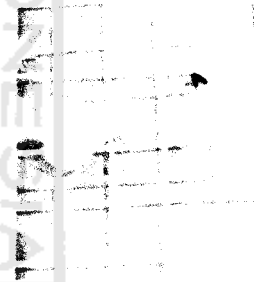
Untuk menumbuhkan lapisan biofilm diperlukan tempat agar lapisan biofilm tersebut dapat tumbuh dengan baik dan melekat pada media pasir. Untuk memastikan lapisan biofilm tersebut telah tumbuh pada *biosand filter* , maka perlu dilakukan pengujian terhadap lapisan tersebut dengan menggunakan Foto mikroskop yang dilakukan di Laboratorium Bio Manajemen Atmajaya Jogjakarta.

Tinggi lapisan biofilm sekitar 0.5-2 cm pada permukaan media pasir. Lapisan biofilm sangat mudah rusak karena terlalu tipis, pada saat pengambilan diperlukan

ketelitian dan kehati-hatian. Oleh sebab itu, pada saat pengambilan lapisan biofilm, air dari inlet harus dimatikan terlebih dahulu, ini dikarenakan apabila keran dihidupkan maka dapat mengganggu proses pengambilan lapisan biofilm. Pengambilan lapisan biofilm diambil dengan menggunakan pipet, lalu lapisan tersebut dipindahkan pada kaca objek yang kemudian dikeringkan, ini bertujuan Pada saat lapisan biofilm dikeringkan pada kaca objek, lapisan biofilm tidak akan berkembang biak lagi karena tidak adanya air sebagai nutrient.



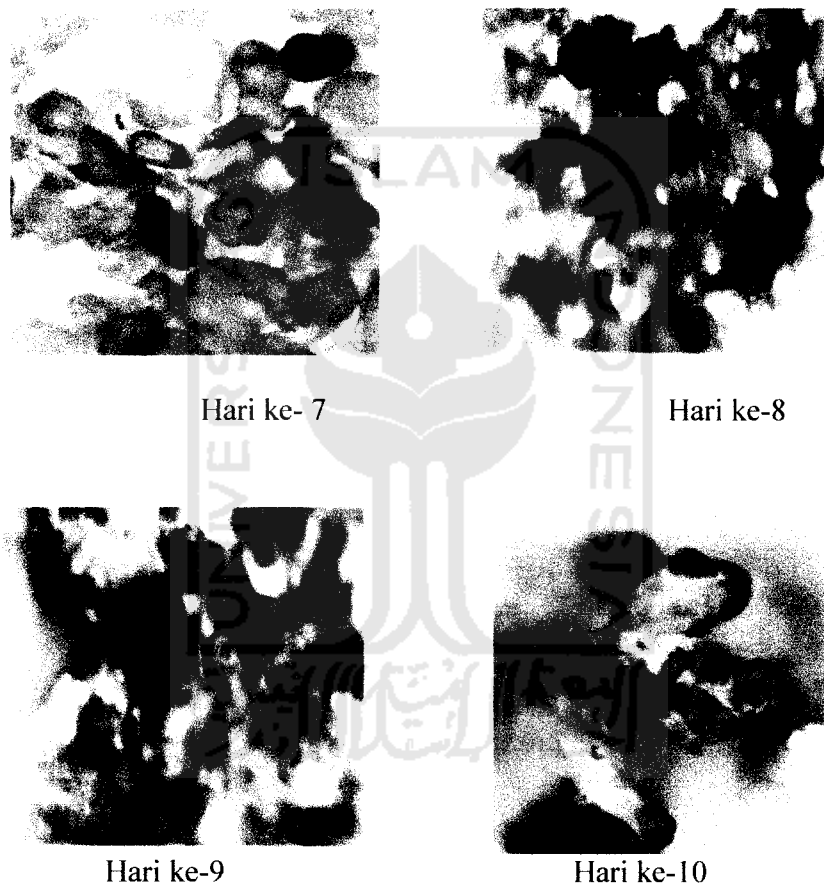
Gambar 4.1 Pengambilan *biofilm*



Gambar 4.2 Kaca Objek

Pengujian lapisan *biofilm* dilakukan setelah filter beroperasi selama 7 hari, Dari hasil foto mikroskop terlihat telah mulai terbentuk lapisan biofilm, tetapi *biofilm* hanya tumbuh di sebagian media pasir halus saja (terlihat pada hari ke- 7). Sedangkan yang diharapkan ialah bahwa lapisan biofilm terbentuk secara keseluruhan pada permukaan pasir halus. Pada hari ke-8, ke- 9, dan ke-10 hal yang sama pun dilakukan

yang mana perkembangan *biofilm* berubah tiap harinya (lapisan biofilm telah terbentuk secara keseluruhan). Pertumbuhan lapisan biofilm dapat terlihat pada gambar 4.1 dibawah ini :



Gambar 4.3 Pertumbuhan biofilm

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

ditempeli, kelembaban permukaan, makanan yang tersedia, ikatan ion, ikatan vanderweaals, tegangan serta kondisi permukaan (Tung K, 2003).

Pembentukan lapisan biofilm dapat tumbuh dengan sendirinya. Dapat dilihat secara fisik dari pertumbuhan lapisan biofilm tersebut, yaitu adanya lendir pada permukaan pasir serta terjadinya perubahan pada media pasir dari permukaan dari warna kuning muda, kemudian coklat muda, lalu menjadi merah kecoklatan merupakan tahap awal dari aktifitas mikroorganisme yang menjadi dasar pertumbuhan *biofilm*. Selain itu karena biofilm yang terdiri dari organisme predator amoeba dan metazoa yang berkembang setiap harinya, sebagian besar bakteri akan mati dalam lingkungan, dikarenakan meningkatnya kompetisi bakteri dalam lapisan biofilm tersebut sehingga dapat membantu mereduksi kadar besi dan mangan di dalam biosand filter.

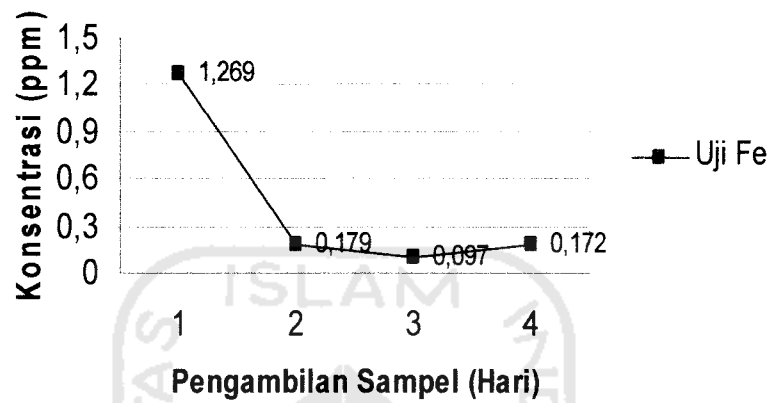
Proses oksidasi dan reduksi besi melibatkan bakteri sebagai mediator. Bakteri *kemosintesis* *thiobacillus* dan *ferrobacillus* memiliki sistem enzim yang dapat mentransfer elektron dari ion ferro kepada oksigen. Transfer elektron ini menghasilkan ion ferri, air, dan energi bebas yang digunakan untuk mensintesis bahan organik dari karbondioksida. Kecepatan oksidasi dan reduksi besi dan mangan dapat ditingkatkan dengan menggunakan katalisator, peranan akumulasi endapan besi, yaitu bakteria besi yang tumbuh pada media penyaring, dalam hal ini yaitu organisme predator amoeba dan metazoa yang berkembang setiap harinya pada butiran pasir unit biosand filter berlaku sebagai katalis untuk membantu mereduksi kadar besi dan mangan di dalam biosand filter.

Karena lapisan biofilm sudah terbentuk, lalu dilakukan pengambilan sampel untuk parameter Kadar Fe dan Mn Pada Reaktor *Biosand Filter*. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Air, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

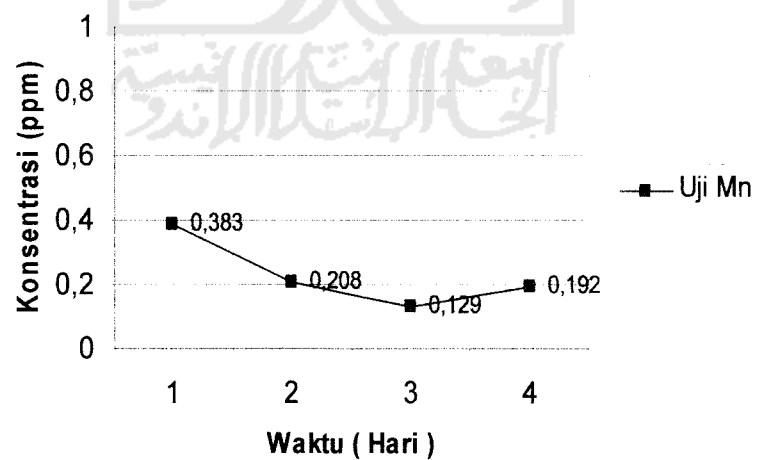
Dari hasil pengujian tersebut diperoleh bahwa terjadi penurunan kadar Fe dan Mn Pada Air Baku yang digunakan Pada Outlet air baku yang melewati Reaktor *Biosand Filter*.

4.2 Hasil Pengujian Fe Total Dan Mn dan dengan menggunakan *Biosand Filter*

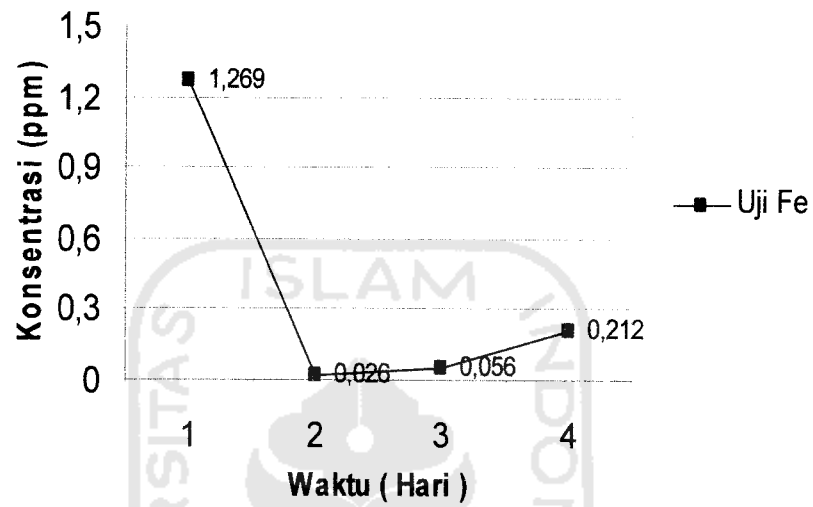
Adapun hasil pengujian dengan menggunakan proses *biosand filter* sebagaimana dapat dilihat pada Lampiran 3 (terlampir) diketahui bahwa kadar Fe dan Mn pada air baku mengalami penurunan setelah melalui *biosand filter* dengan variasi ketinggian media seperti terlihat pada Gambar 4.4 sampai Gambar 4.9 dibawah ini :
maka telah diketahui dari hasil analisa (terlampir) didapat data – data seperti pada grafik berikut :



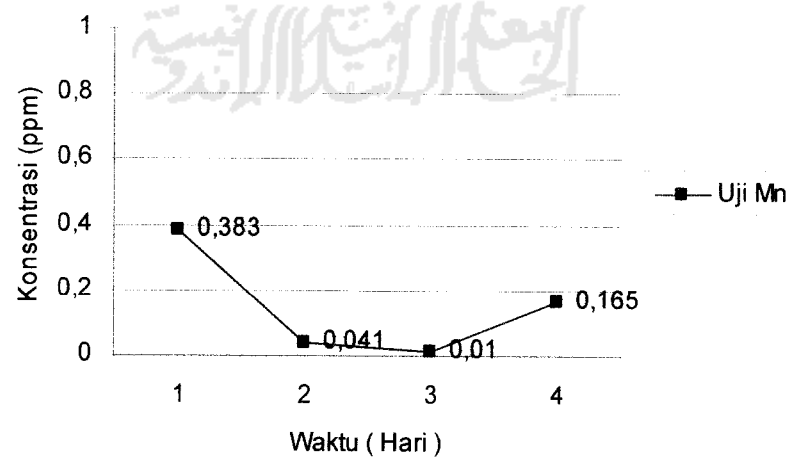
Gambar 4.4 Grafik Fe Total Variasi ketinggian media 40:15:15



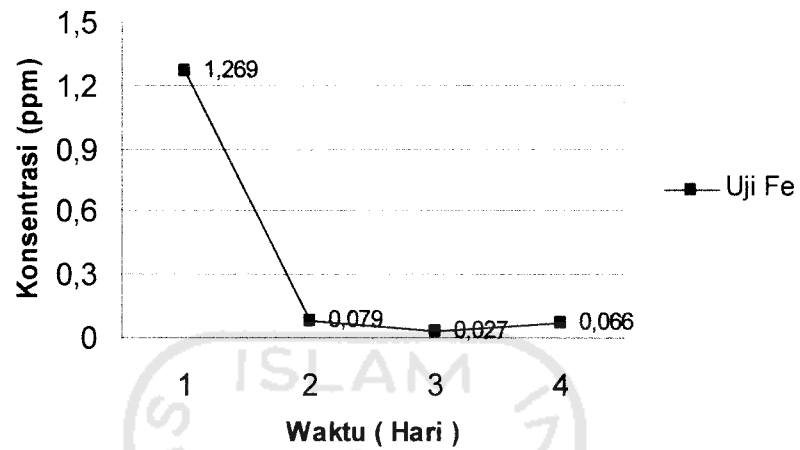
Gambar 4.5 Grafik Mn Variasi ketinggian media 40:15:15



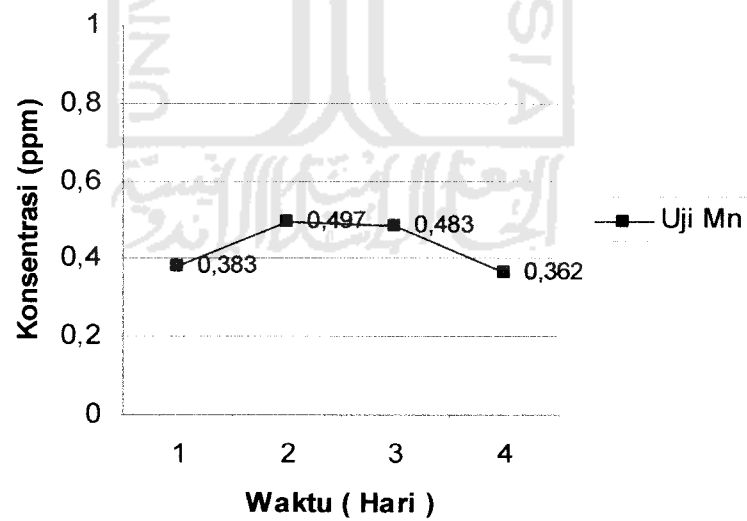
Gambar 4.6 Grafik Fe Total Variasi ketinggian media 50:10:10



Gambar 4.7 Grafik Mn Variasi ketinggian media 50:10:10



Gambar 4.8 Grafik Fe Total Variasi ketinggian media 60:5:5



Gambar 4.9 Grafik Mn Variasi ketinggian media 60:5:5

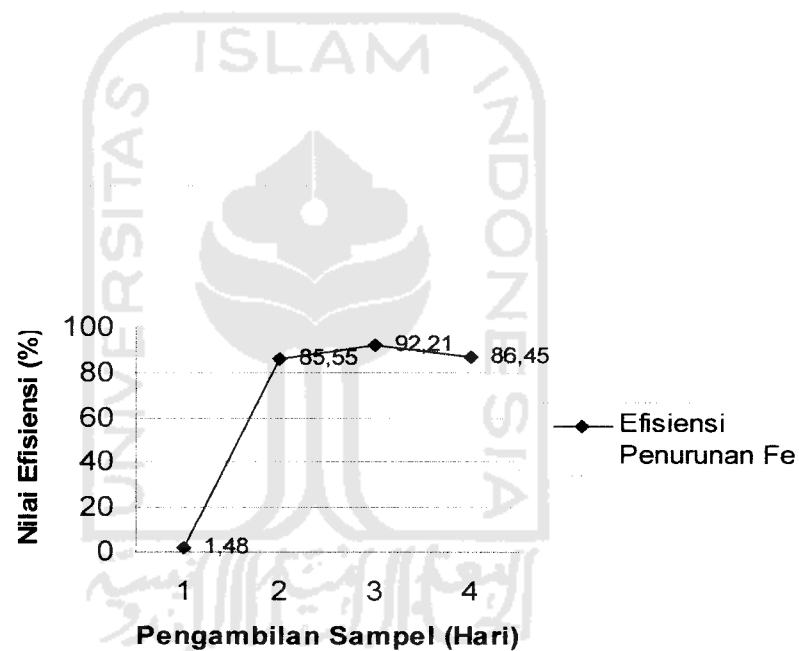
4.3 Pembahasan Fe Total Dan Mn

Berdasarkan tabel 4.1, diketahui bahwa kadar Fe yang terdapat pada sumur gali di wilayah kampus terpadu telah melebihi ambang batas yang ditetapkan dalam Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, No : 907/MENKES/SK/VII/2002. tentang persyaratan kualitas air minum yaitu sebesar 0,3 mg/l sehingga perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dimanfaatkan. Sedangkan kadar Mn masih berada dibawah ambang batas yang ditetapkan yakni sebesar 0.1 mg/l. Pemeriksaan dilakukan terhadap Fe total dan Mn total. Hal ini dikarenakan zat besi dan mangan dalam air berada dalam bentuk Fe^{2+} dan Mn^{2+} berupa senyawa yang larut dan tidak berwarna serta zat besi dan mangan yang berada dalam bentuk ion Fe^{3+} dan Mn^{3+} yang berupa partikel dan tidak larut dalam air. Senyawa – senyawa inilah yang menimbulkan bau tidak sedap dan air berwarna coklat.

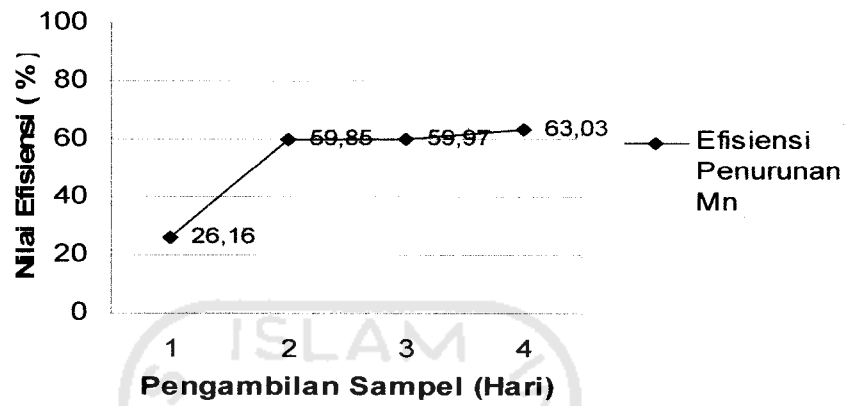
Setelah di dapat data analisa awal lokasi penelitian, maka reaktor *biosand filter* mulai dijalankan sesuai dengan variasi ketinggian yang di inginkan. Analisa pertama menggunakan variasi ketinggian media 40:15:15 cm, selanjutnya analisa yang kedua dengan variasi ketinggian media 50:10:10 cm dan kemudian analisa ketiga variasi ketinggian media 60:5:5 cm. Setiap variasi ketinggian, menggunakan perlakuan yang sama yaitu pengambilan sampel dilakuan setelah *biofilm* terbentuk dengan 3 kali perulangan.

Nilai efisiensi *biosand filter* dipengaruhi lamanya waktu pengambilan sampel, semakin lama pengambilan sampel, maka nilai efisiensi semakin meningkat. Hal ini disebabkan aliran air didalam *biosand filter* mengalir secara konstan yang dapat

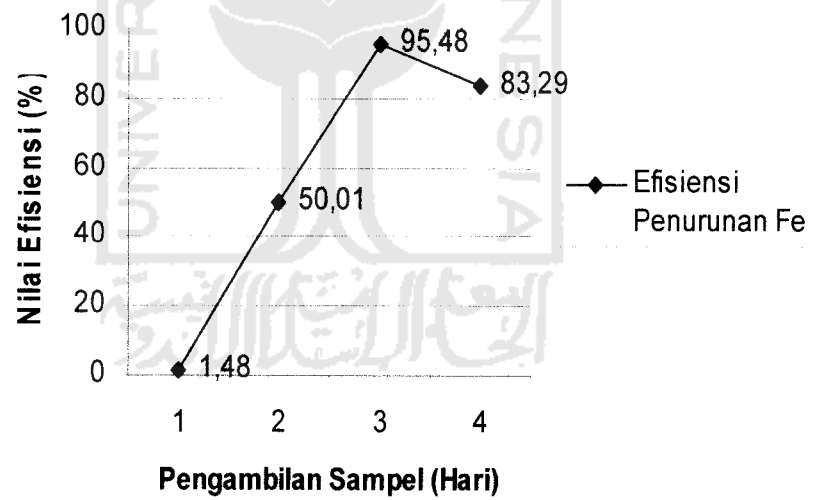
memberi pasokan oksigen pada biofilm, sehingga bakteri *kemosintesis thiobacillus* dan *ferrobacillus* yang memiliki sistem enzim yang dapat mentransfer elektron dan ion ferro kepada oksigen dapat menurunkan kadar Fe dan Mn . Adapun nilai efisiensi variasi ketinggian media 40:15:15 cm , 50:10:10 cm, dan 60:5:5 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.10 sampai dengan Gambar 4.15 dibawah ini.



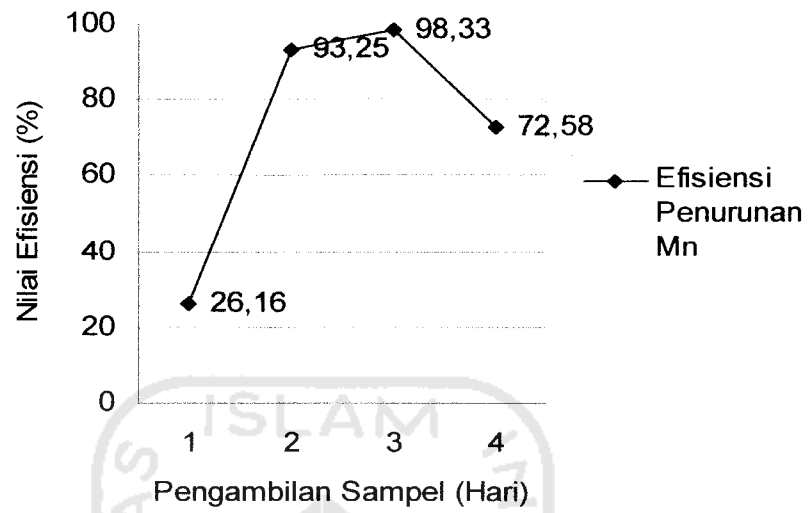
Gambar. 4.10 Efisiensi Fe Total variasi ketinggian media 40:15:15 cm



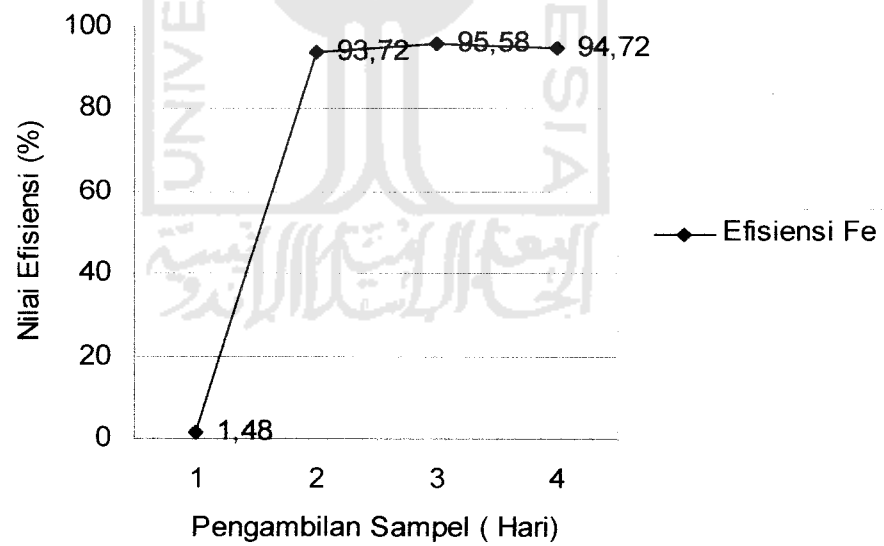
Gambar. 4.11 Efisiensi Mn variasi ketinggian media 40:15:15 cm



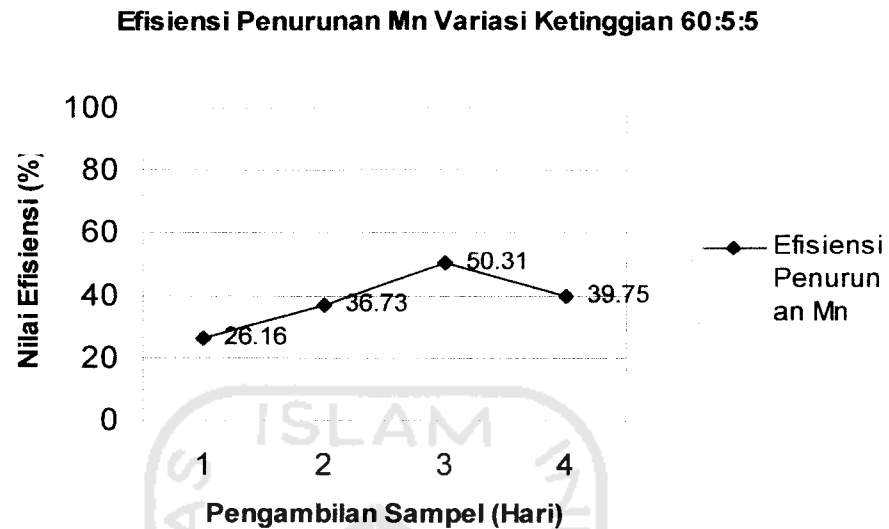
Gambar.4.12 Efisiensi Fe Total variasi ketinggian media 50:10:10 cm



Gambar. 4.13 Efisiensi Mn variasi ketinggian media 50:10:10 cm



Gambar. 4.14 Efisiensi Fe Total variasi ketinggian media 60:5:5 cm



Gambar. 4.15 Efisiensi Mn variasi ketinggian media 60:5:5 cm

Hasil analisa yang tersaji pada gambar 4.10 sampai gambar 4.15 diatas. Pada ketinggian 40:15:15 menunjukkan bahwa *biosand filter* mampu menurunkan kandungan Fe total dan Mn sebesar 92,21 % - 63,03%. Hal ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa *biosand filter* mampu menurunkan kandungan Besi (Fe) sebesar 95 % (Basu & Cleary, 2004). Selanjutnya ketinggian media 50:10:10 cm didapat hasil bahwa reaktor *biosand filter* mampu menurunkan kandungan Fe total sebesar 50,01 % - 95,48 % dan Mn sebesar 72,58% - 98,33%. Sedangkan ketinggian media 60:5:5 cm diperoleh hasil bahwa *biosand filter* mampu menurunkan kandungan Fe total sebesar 93,72% - 95,58 % dan Mn sebesar 36,73 % - 50,31 %.

Pada prinsipnya fenomena yang terjadi selama berlangsungnya proses penyaringan adalah sama pada variasi tiap – tiap media. Dimana proses tersebut meliputi :

1. *Mechanical Straining*, yaitu proses penyaringan partikel *suspended matter* yang terlalu besar untuk bisa lolos melalui lubang antara butiran pasir, yang berlangsung diseluruh permukaan saringan pasir dan sama sekali tidak bergantung pada kecepatan penyaringan.
2. Sedimentasi, akan mengendapkan partikel *suspended matter* yang lebih halus ukurannya dari lubang pori pada permukaan butiran. Proses pengendapan terjadi pada seluruh permukaan pasir.
3. *Adsorption* adalah proses yang paling penting dalam proses filtrasi. Proses adsorpsi dalam saringan pasir lambat terjadi akibat tumbukan antara partikel – partikel tersuspensi dengan butiran pasir saringan dan dengan bahan pelapis seperti gelatin yang pekat yang terbentuk pada butiran pasir oleh endapan bakteri dan partikel koloid. Proses ini yang lebih penting terjadi sebagai hasil daya tarik menarik elektrostatis, yaitu antara partikel – partikel yang mempunyai muatan listrik yang berlawanan.
4. Aktivitas kimia, beberapa reaksi kimia akan terjadi dengan adanya oksigen maupun bikarbonat.

Penurunan kadar Fe total dan Mn dengan *biosand filter* ini dipengaruhi oleh ketebalan dari lapisan biofilm yang melekat pada permukaan pasir dan lamanya masa operasi dari *BSF* itu sendiri. Lapisan biofilm yang melekat pada pasir ini berfungsi

sebagai oksidator yang akan menyebabkan Fe^{2+} yang terlarut dalam air baku mengalami reaksi oksidasi reduksi dengan bantuan bakteri *kemosintesis thiobacillus* dan *ferrobacillus* yang memiliki sistem enzim yang dapat mentransfer elektron dan ion ferro kepada oksigen. Dengan pembiakan setiap harinya maka menyebabkan biofilm yang ada dipermukaan media lebih besar menurunkan kandungan Fe dan Mn.

Dari hasil grafik penurunan efisiensi diatas, dapat diketahui bahwa besi (Fe) dan mangan (Mn) yang berada dalam air baku merupakan partikel terlarut. Partikel ini tidak dapat dipisahkan dengan cara penyaringan dan juga tidak dapat mengendap. Oleh karenanya, keberadaan bakteri dan Udara (O_2) berfungsi sebagai oksidator dalam lapisan *biofilm* akan mengubah besi (Fe) tersebut sehingga dapat diendapkan dan juga dihilangkan. Hal ini yang disebut dengan gejala presipitasi yakni gejala dimana besi (Fe) dan mangan (Mn) dalam air baku dapat dipisahkan menjadi endapan (Hari S Permana, 1994).

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 kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) pada hari ke-9 pengambilan sampel, seperti terlihat pada Gambar 4.10, sampai gambar 4.15.

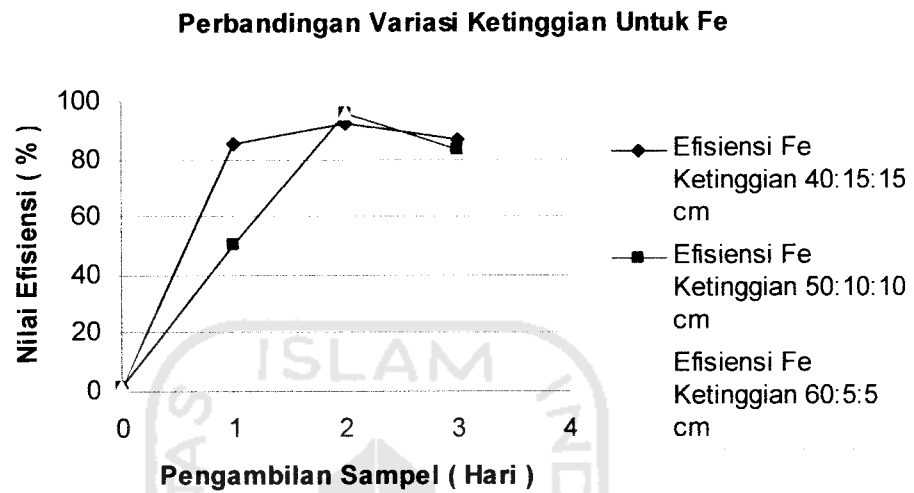
Kondisi ini menandakan meningkatnya kompetisi dan penumpukan zat-zat organik yang ada dipermukaan *biosand filter* tempat *biofilm* berada. Dengan bertambahnya waktu pengoperasian maka akan semakin bertambah juga tinggi muka air yang berada di atas permukaan media pasir. Sehingga pada *biosand filter* terjadi

clogging (penyumbatan). Menurut Brault & Monod (1991) penyumbatan pada celah-celah media pasir mengakibatkan terjadinya kenaikan kehilangan tekanan. Penyumbatan ini dapat menimbulkan terjadinya kondisi *anaerobik* pada lingkungan permukaan pasir, sehingga dapat menyebabkan bakteri - bakteri yang terdapat dalam *biofilm* reaktor *biosand filter* akan mati.

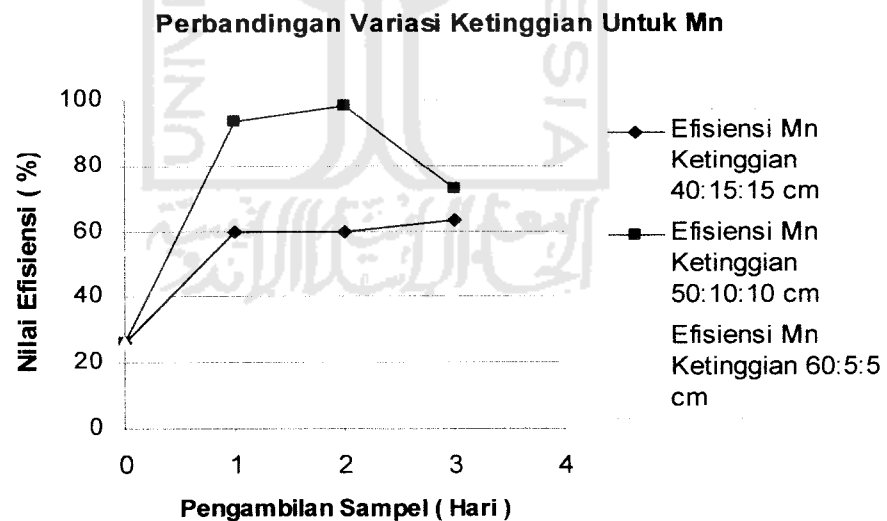
Apabila ruang antara butir penuh maka media penyaring akan jenuh dan tidak mampu meloloskan air baku lagi. Sehingga media penyaring tersebut perlu dilakukan pencucian. Selain pencucian kembali media penyaring pada *biosand filter*, salah satu alternatif untuk mengatasi terjadinya *clogging* pada *biosand 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 Besi (Fe) dan Mangan (Mn). Setelah mengetahui nilai efisiensi dari masing – masing ketinggian, maka untuk lebih jelas perbandingan antar ketinggian yang satu dengan yang lainnya dapat dilihat pada Gambar 4.16 sampai dengan Gambar 4.17 di bawah ini:



Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Variasi Ketinggian Fe



Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Variasi Ketinggian Mn

Berdasarkan Gambar 4.16 dan Gambar 4.17 dapat dilihat perbandingan variasi ketinggian antara ketinggian 40:15:15 cm , 50:10:10 cm, dan 60:5:5 cm.

Dapat ditarik kesimpulan bahwa dari data hasil analisa laboratorium yang ditunjukkan pada grafik diatas terlihat bahwa adanya O₂ dan aktifitas biologi yang disebabkan oleh bakteri dapat menurunkan kadar Fe dan Mn yang terkandung dalam *biosand filter*.

Dari variasi , terlihat bahwa ketiga variasi ketinggian media diatas cukup efektif dalam menurunkan kandungan Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada *biosand filter*. Diketahui dari adanya perbedaan nilai efisiensi, hal ini dapat terlihat dari hubungan antara variasi ketinggian media dengan efisiensi penurunan yang dihasilkan pada tiap –tiap variasi ketinggian. Efisiensi terbaik didapat pada ketinggian media 50:10:10 cm. Hal ini disebabkan oleh ketinggian *biosand filter* yang berbeda –beda, sehingga lapisan biofilm yang berperan besar dalam menurunkan kandungan Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada *biosand filter* yang berada dipermukaan pasir dapat tumbuh lebih dalam.