

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisa Hasil Penelitian

5.1.1 Kadar Fe total dan Mn pada air baku

Parameter air bersih yang dianalisa dalam penelitian ini adalah kadar Fe total dan Mn, air baku yang berasal dari air sumur Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia yang terletak di dekat Fakultas Psikologi, dan setelah menganalisa dari penelitian-penelitian sebelumnya maka diketahui bahwa kadar Fe dan Mn dari air sumur gali wilayah kampus terpadu sangat fluktuatif dimana kadar Fe dan Mn rendah apabila pada musim penghujan dan tinggi pada musim kemarau sehingga perbedaan kadar Fe dan Mn pada saat musim kemarau dan penghujan sangat drastis.

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

Tabel. 5.1 Kadar Fe total dan Mn pada air baku

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa
1	Fe total	mg/l	0.600
2	Mn	mg/l	0.178

(Sumber : Data Primer, 2006)

Dari data-data tersebut, dapat diketahui bahwa kadar Fe total pada air sumur gali di wilayah Kampus UII Terpadu telah melebihi baku mutu yang telah ditetapkan dalam Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, No :

907/MENKES/SK/VII/2002 tentang persyaratan kualitas air minum yaitu sebesar 0,3 mg/l, sedangkan untuk kadar Mn juga telah melampaui baku mutu yang ditetapkan yakni sebesar 0,1 mg/l sehingga perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dimanfaatkan atau dikonsumsi. Dalam penelitian ini dilakukan pengolahan air dengan menggunakan proses filtrasi, dimana filter menggunakan media zeolit alam yang banyak dijual di toko-toko kimia.

5.1.2 Pembuatan alat filtrasi

5.1.2.1 Pembuatan tabung filtrasi

Sebelum melakukan pengujian kadar Fe total dan Mn maka dilakukan pembuatan reaktor filter zeolit.

Dalam pembuatan reaktor filter zeolit dibagi menjadi beberapa tahap antara lain :

- a. Merencanakan dan menghitung dimensi reaktor sesuai dengan kriteria desain, rumus yang digunakan antara lain :

- Luas tabung filter $(A) = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$
- Debit $(Q) = v \text{ aliran} \times \text{Luas kolom}$
- Kecepatan aliran $v = 1,8 \times 10^{-3} \text{ m/s}$
- Kecepatan melalui pori saringan

$$v = \frac{Va}{e} \dots\dots\dots (7)$$

- b. Persiapan peralatan dan pembelian bahan-bahan.

- c. Pembuatan reaktor :

- Pemecahan zeolit untuk mencari diameter butiran 20 – 50 mesh.

Batuan zeolit yang dipakai merupakan batuan zeolit alam yang banyak dijual di pasaran maupun di toko-toko kimia, dan setelah itu dilakukan

pemecahan untuk mendapatkan butiran yang diinginkan dengan menggunakan palu secara manual.

- Pembuatan dudukan reaktor dan bak penampung menggunakan besi perancah dan papan kayu.
- Pembuatan dan perakitan tabung filtrasi sesuai dengan kriteria desain yang telah direncanakan.

5.1.2.2 Penentuan dan pembuatan media filtrasi

Media yang digunakan sebagai media penyaring adalah zeolit, dengan disesuaikan pada kriteria desain perencanaan Saringan Pasir Lambat (*Slow Sand Filtration*).

Data-data mengenai zeolit yang dipakai adalah sebagai berikut :

1. Jenis zeolit alam yang biasa dijual di pasaran.
2. Diameter butiran 0,2 – 0,5 mesh (Ali Masduqi & Agus Slamet, 2002).
3. Berat jenis zeolit 1,739 gram/ml (data primer 2006).
4. Faktor bentuk 0,85 (*T.H.Y Tebbut, 1990*).

Diameter butiran zeolit yang digunakan didapatkan melalui pemecahan manual dan analisis ayakan (*sieve analyze*) dengan menggunakan saringan 20 - 50 mesh. Sedangkan penentuan berat jenis pasir menggunakan pengukuran manual menggunakan gelas ukur, hasil pengukuran dapat dilihat pada lampiran.

5.1.2.3 Pengoperasian filter zeolit

Semua bahan yang telah dipersiapkan kemudian dirangkai menjadi 4 macam reaktor zeolit (ketebalan media masing-masing 20 cm, 40 cm, 60 cm, 80 cm) lengkap dengan sistem perpipaan dan reservoir, dengan arah aliran ke atas (*up flow*). Sebelum filter dijalankan untuk menganalisa air baku, terlebih dahulu

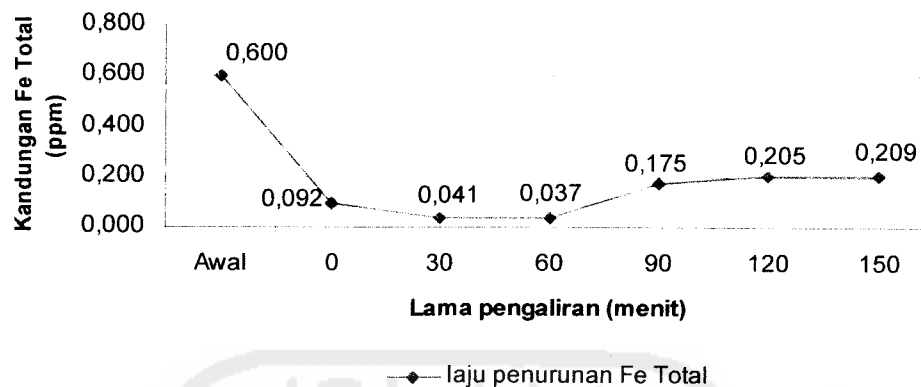
filter dialirkan air bersih (indikasi tidak terdapat Fe dan Mn), kemudian outletnya ditampung dan diukur sesuai dengan kecepatan yang diinginkan, setelah didapat kecepatan konstan maka reaktor siap digunakan. Dalam pengambilan sampel air dari outlet dilakukan setiap 30 menit hingga 150 menit.

5.2 Hasil Analisa Penurunan Fe total dan Mn pada Saringan Pasir Zeolit

Pengambilan sampel air dilakukan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan yaitu setiap 30 menit dan pengoperasian reaktor filter selama 150 menit dengan aliran kontinyu, kemudian dilanjutkan dengan analisa laboratorium.

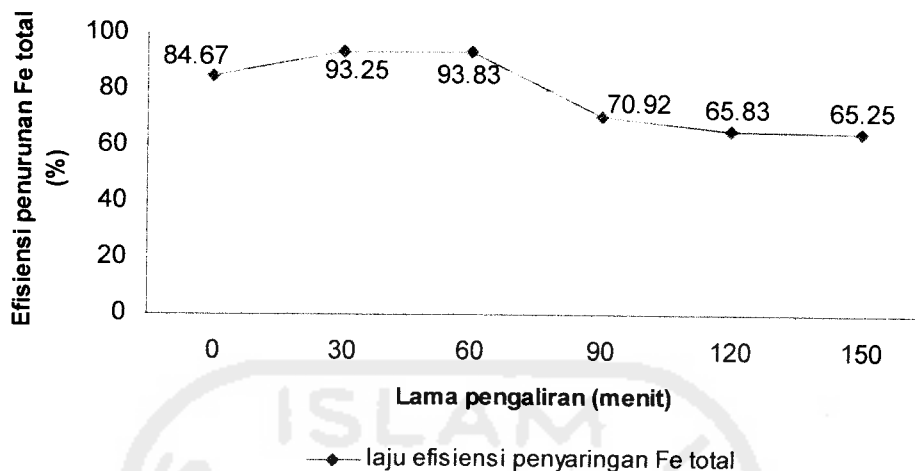
5.2.1 Fe Total

Dari data-data dan hasil analisa Fe total (lampiran) menunjukkan hasil perhitungan dari efisiensi penurunan kadar Fe total setelah proses filtrasi. Proses efisiensi penurunan terbesar terjadi pada ketebalan media zeolit 60 cm pada menit ke-90 yaitu mencapai 94,67 % dengan kadar Fe total sebesar 0,032 mg/l. Penurunan efisiensi terkecil terjadi pada ketebalan media zeolit 20 cm pada menit ke-150 sebesar 65,25 % dengan kadar Fe total sebesar 0,209 mg/l. Untuk lebih jelas akan dapat dilihat hubungan antara efisiensi penurunan kadar Fe total dan variasi ketebalan zeolit terhadap waktu setelah proses pengolahan, seperti dapat dilihat dalam gambar-gambar grafik berikut ini :



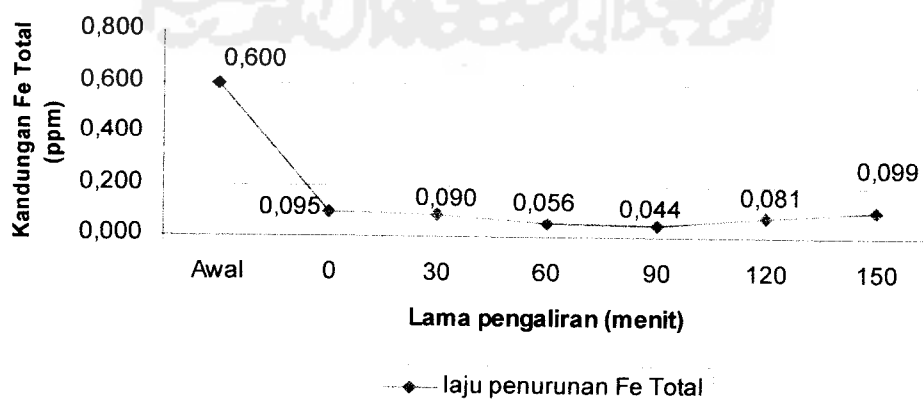
Gambar 5.1 Hubungan antara waktu pengaliran terhadap penurunan kadar Fe total untuk ketebalan media zeolit 20 cm.

Dari Gambar 5.1 dapat dilihat pada awal pengaliran menunjukkan kadar Fe total sebesar 0,6 ppm kemudian terjadi penurunan secara drastis pada awal pengaliran air baku sehingga menjadi 0,092 ppm dan mengalami penurunan lagi secara terus menerus hingga menit ke-60 kadar Fe total sebesar 0,037 ppm. Pada menit ke-90 kadar Fe total mengalami kenaikan hingga menit terakhir pengaliran yaitu ke-150 dengan kadar Fe total akhir sebesar 0,209 ppm. Dari Gambar 5.1 dapat dibuat grafik efisiensi penurunan kadar Besi total sebagai berikut :



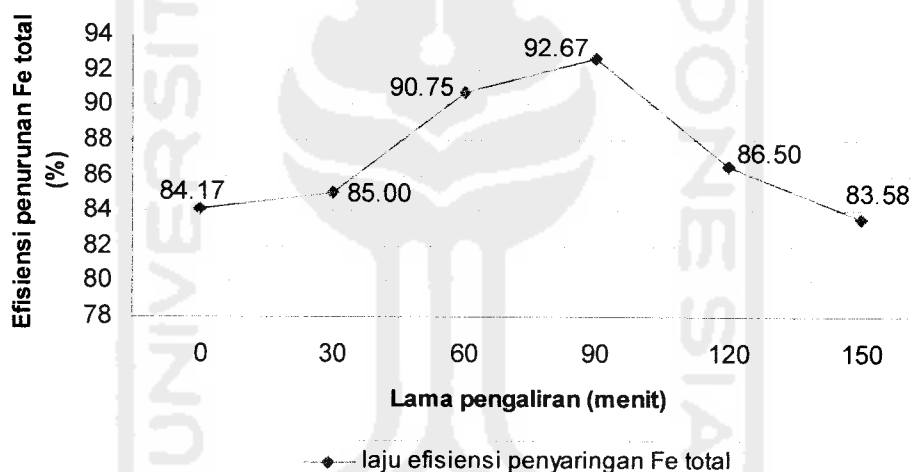
Gambar 5.2 Efisiensi penurunan kadar Fe total untuk ketebalan media zeolit 20 cm.

Dari Gambar 5.2 di atas dapat dilihat efisiensi penurunan menit pertama mencapai 84,67 % dan terus mengalami peningkatan hingga menit ke-60 sebesar 93,83 %, setelah menit ke-60 efisiensi mengalami penurunan secara terus menerus hingga menit terakhir yaitu menit ke-150 dengan efisiensi sebesar 65,25 %.



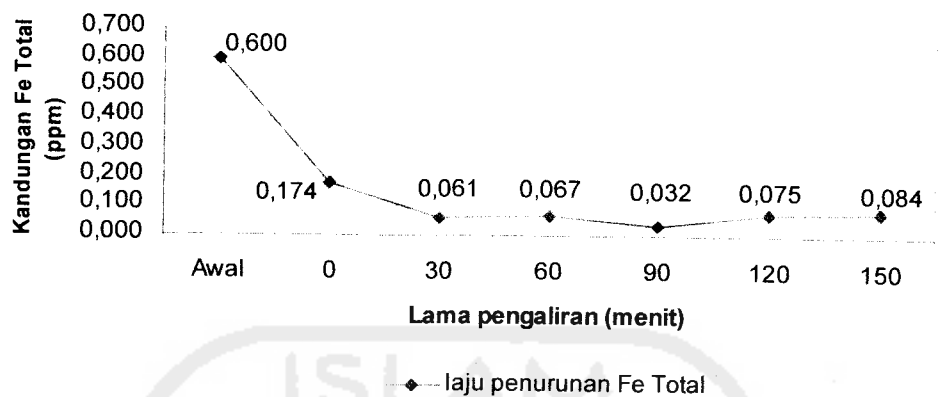
Gambar 5.3 Hubungan antara waktu pengaliran terhadap penurunan kadar Fe total untuk ketebalan media zeolit 40 cm.

Dari Gambar 5.3 juga dapat dilihat pada awal pengaliran menunjukkan kadar Fe total sebesar 0,6 ppm kemudian terjadi penurunan secara drastis pada awal pengaliran air baku sehingga menjadi 0,095 ppm dan mengalami penurunan lagi secara terus menerus hingga menit ke-90 dengan kadar Fe total sebesar 0,044 ppm. Pada menit ke-90 kadar Fe total mulai mengalami kenaikan hingga menit terakhir pengaliran yaitu menit ke-150 dengan kadar Fe total sebesar 0,099 ppm. Dari Gambar 5.3 juga dapat dibuat grafik efisiensi penurunan kadar Besi total sebagai berikut :



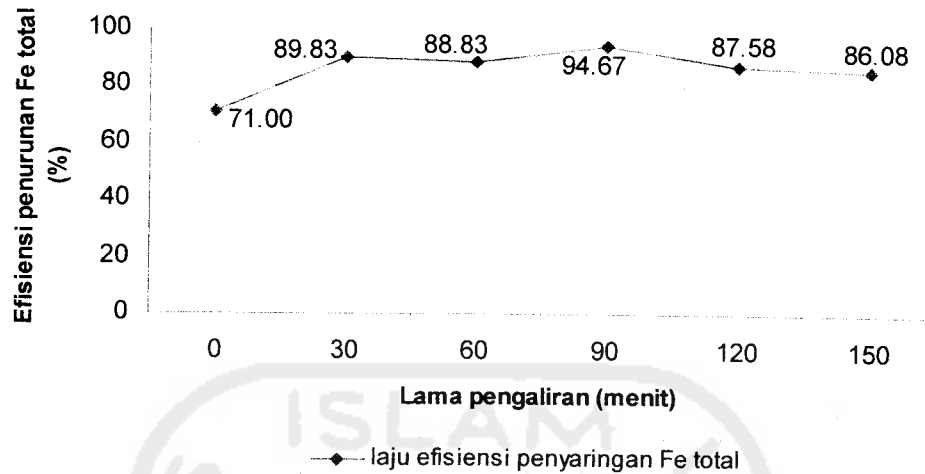
Gambar 5.4 Efisiensi penurunan kadar Fe total untuk ketebalan media zeolit 40 cm.

Dari Gambar 5.4 di atas dapat dilihat efisiensi penurunan menit pertama mencapai 84,17 % dan terus mengalami peningkatan efisiensi hingga menit ke-90 dengan efisiensi sebesar 92,67 %, setelah menit ke-90 efisiensi mulai mengalami penurunan secara terus menerus hingga menit terakhir yaitu menit ke-150 dengan efisiensi sebesar 83,58 ppm.



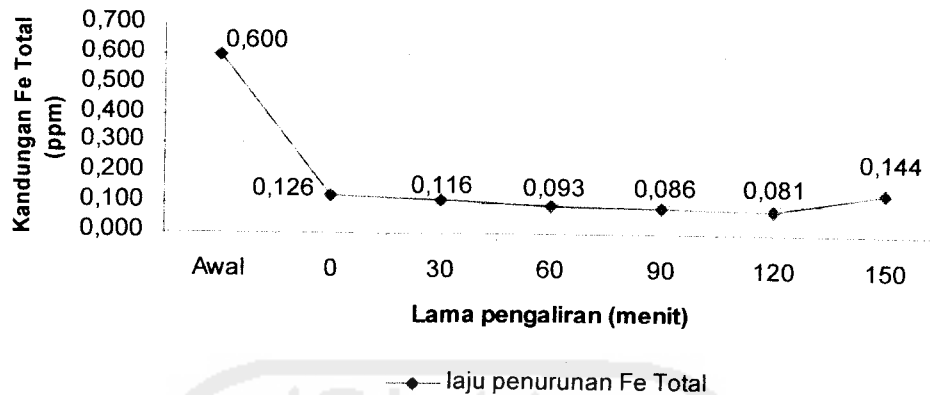
Gambar 5.5 Hubungan antara waktu pengaliran terhadap penurunan kadar Fe total untuk ketebalan media zeolit 60 cm.

Dari Gambar 5.5 juga dapat dilihat pada awal pengaliran menunjukkan kadar Fe total air baku sebesar 0,6 ppm kemudian setelah pengaliran terjadi penurunan kadar Fe total untuk menit pertama menjadi 0,174 ppm dan mengalami penurunan lagi secara terus menerus hingga menit ke-30 dengan kadar Fe total sebesar 0,061 ppm. Setelah menit ke-30 kadar Fe total mulai mengalami kenaikan hingga menit ke-60 dengan kadar Fe total sebesar 0,067 ppm dan setelah itu mengalami penurunan lagi sehingga pada menit ke-90 kadar Fe total sebesar 0,032 ppm, setelah itu untuk waktu berikutnya mengalami kenaikan lagi hingga menit terakhir pengaliran yaitu menit ke-150 dengan kadar Fe total sebesar 0,084 ppm. Dari Gambar 5.5 juga dapat dibuat grafik efisiensi penurunan kadar Besi total sebagai berikut :



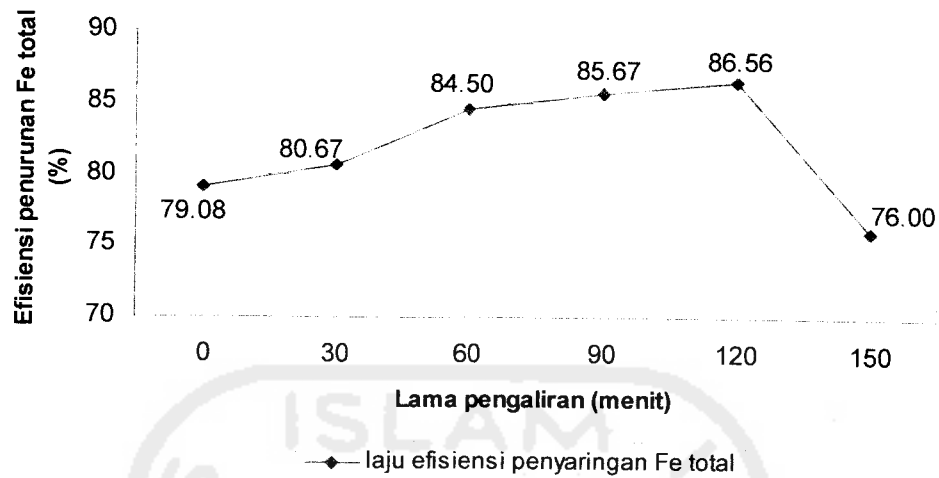
Gambar 5.6 Efisiensi penurunan kadar Fe total untuk ketebalan media zeolit 20 cm.

Dari Gambar 5.6 di atas dapat dilihat efisiensi penurunan menit pertama sebesar 71 % dan mengalami peningkatan efisiensi hingga menit ke-30, setelah menit ke-30 efisiensi mulai mengalami penurunan hingga pada menit ke-60 efisiensi mencapai 88,83 %, selanjutnya untuk menit ke-90 mengalami kenaikan lagi menjadi 94,67 %, setelah menit ke-90 secara terus menerus hingga menit terakhir yaitu menit ke-150 efisiensi mengalami penurunan mencapai 86,08 %.



Gambar 5.7 Hubungan antara waktu pengaliran terhadap penurunan kadar Fe total untuk ketebalan media zeolit 80 cm.

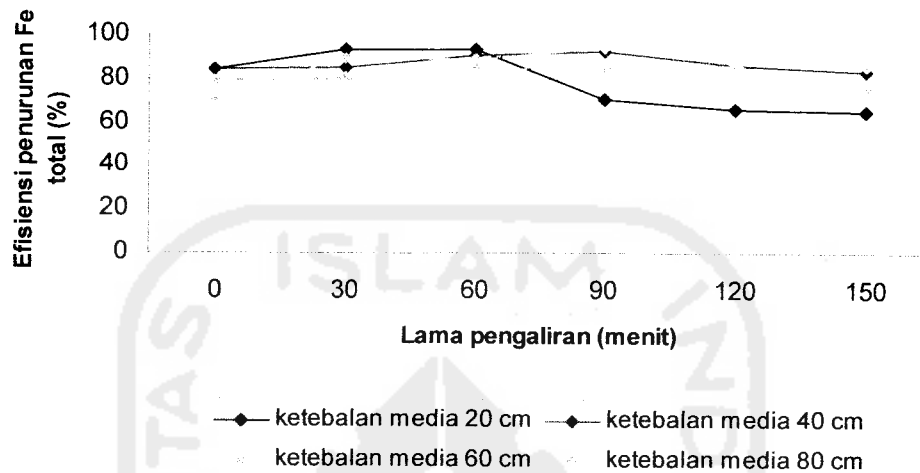
Dari Gambar 5.7 juga dapat dilihat pada awal pengaliran menunjukkan kadar Fe total sebesar 0,6 ppm kemudian terjadi penurunan pada awal pengaliran air baku sehingga menjadi 0,126 ppm dan mengalami penurunan lagi secara terus menerus hingga menit ke-120 dengan kadar Fe total sebesar 0,081 ppm. Pada menit ke-120 kadar Fe total mulai mengalami kenaikan hingga menit terakhir pengaliran yaitu menit ke-150 dengan kadar Fe total sebesar 0,144 ppm. Dari Gambar 5.7 juga dapat dibuat grafik efisiensi penurunan kadar Besi total sebagai berikut :



Gambar 5.8 Efisiensi penurunan kadar Fe total untuk ketebalan media zeolit 80 cm.

Dari Gambar 5.8 di atas dapat dilihat efisiensi penurunan pada menit pertama mencapai 79,08 % dan terus mengalami peningkatan efisiensi hingga menit ke-120 yaitu sebesar 86,56 %, setelah menit ke-120 efisiensi mulai mengalami penurunan hingga menit terakhir yaitu menit ke-150 dengan efisiensi sebesar 76 %.

Sehingga secara keseluruhan untuk grafik efisiensi penurunan Fe total dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 5.9 Efisiensi penurunan kadar Fe total pada filter zeolit.

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa pada menit awal hingga ke-0 mengalami kenaikan efisiensi sangat drastis, hal itu disebabkan karena kondisi media zeolit masih dalam keadaan bagus dalam arti hanya terdapat sedikit pengotor. Dari semua filter zeolit, efisiensi tertinggi dalam menurunkan kadar Fe total untuk menit terakhir terjadi pada filter dengan ketebalan media zeolit 60 cm, sedangkan efisiensi terendah untuk menit terakhir terjadi pada filter dengan ketebalan media zeolit 20 cm. Hal ini terjadi karena pada filter dengan media zeolit 20 cm telah mengalami penurunan kemampuan dalam menurunkan kadar Fe total pada menit ke-60 yang disebabkan karena terjadi kejenuhan media dalam mengadsorpsi ion-ion Fe dalam air, untuk itu efisiensi mengalami penurunan hingga menit terakhir. Sehingga untuk pemanfaatan filter kembali perlu

dilakukan pencucian media. Dari grafik di atas juga dapat diketahui bahwa ketebalan media zeolit dalam menurunkan kadar Fe total tidak sepenuhnya berpengaruh, terbukti untuk ketebalan media zeolit 80 cm untuk menit ke-150 bukan merupakan filter dengan efisiensi tertinggi namun ke-3 setelah ketebalan media 60 cm dan 40 cm. Dari analisa tersebut terbukti bahwa filter dengan ketebalan media zeolit 60 cm paling stabil dan efisien. Sehingga tingkatan efisiensi dari yang terbaik secara berurutan yaitu untuk ketebalan media 60 cm, 40 cm, 80 cm, dan terakhir efisiensi paling kecil untuk ketebalan media 20 cm.

5.2.1.1 Analisa Fe Total Berdasarkan Uji Anova

Untuk mengetahui apakah ada perbedaan efisiensi penurunan kadar Fe total yang signifikan, antara hasil penyaringan terhadap ketebalan media filter zeolit dan lama pengaliran maka dilakukan Uji Anova sebagai berikut :

Tabel 5.2 Analisa efisiensi Fe total

WAKTU (menit)	KETEBALAN MEDIA FILTER									
	A	A ²	B	B ²	C	C ²	D	D ²		
0	84.67	7168.44	84.17	7084.03	71.00	5041.00	79.08	6254.17		
30	93.25	8695.56	85.00	7225.00	89.83	8070.03	80.67	6507.11		
60	93.83	8804.69	90.75	8235.56	88.83	7891.36	84.50	7140.25		
90	70.92	5029.17	92.67	8587.11	94.67	8961.78	85.67	7338.78		
120	65.83	4334.03	86.50	7482.25	87.58	7670.84	86.56	7491.86		
STATISTIK	150	65.25	4257.56	83.58	6986.17	86.08	7410.34	76.00	5776.00	TOTAL (T)
nAi	6		6		6		6		N=24	
ΣX	473.75		522.67		518.00		492.47		2006.89	
ΣX^2	38289.47		45600.13		45045.35		40508.18		169443.11	
\bar{x}	78.96		87.11		86.33		82.08		334.48	
$(\Sigma X)^2/nAi$	37406.51		45530.07		44720.67		40421.48		168078.73	

Keterangan :

A = efisiensi penurunan kadar Fe total untuk filter dengan ketebalan media 20 cm, (%)

B = efisiensi penurunan kadar Fe total untuk filter dengan ketebalan media 40 cm, (%)

C = efisiensi penurunan kadar Fe total untuk filter dengan ketebalan media 60 cm, (%)

D = efisiensi penurunan kadar Fe total untuk filter dengan ketebalan media 80 cm, (%)

✓ **Jumlah kuadrat antar group (JK_A)**

$$\begin{aligned}
 JK_A &= \sum \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} - \frac{(\sum X_T)^2}{N} \\
 &= \left[\frac{(473,75)^2}{6} + \frac{(522,67)^2}{6} + \frac{(518)^2}{6} + \frac{(492,47)^2}{6} \right] - \frac{(2006,89)^2}{24} \\
 &= 168078,73 - 167816,79 \\
 &= 261,94
 \end{aligned}$$

✓ **Derajat kebebasan antar group (dk_A)**

$$\begin{aligned}
 dk_A &= A - 1 \\
 &= 4 - 1 \\
 &= 3
 \end{aligned}$$

✓ **Kuadrat Rerata Antar group (KR_A)**

$$\begin{aligned}
 KR_A &= \frac{JK_A}{dk_A} \\
 &= \frac{261,94}{3} \\
 &= 87,31
 \end{aligned}$$

✓ **Jumlah Kuadrat Dalam antar group (JK_D)**

$$\begin{aligned}
 JK_D &= \sum X_T^2 - \sum \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} \\
 &= (38289,47 + 45600,13 + 45045,35 + 40508,18) - \left[\frac{(473,75)^2}{6} + \frac{(522,67)^2}{6} + \frac{(518)^2}{6} + \frac{(492,47)^2}{6} \right] \\
 &= 169443,1142 - 168078,7328 \\
 &= 1364,38
 \end{aligned}$$

✓ **Derajat Kebebasan Dalam antar group (dk_D)**

$$\begin{aligned}
 dk_D &= N - A \\
 &= 24 - 4 \\
 &= 20
 \end{aligned}$$

✓ **Kuadrat Rerata Dalam antar group (KR_A)**

$$\begin{aligned} KR_D &= \frac{JK_D}{dk_D} \\ &= \frac{1364,38}{20} \\ &= 68,22 \end{aligned}$$

✓ **Nilai F_{hitung}**

$$\begin{aligned} F_{hitung} &= \frac{KR_A}{KR_D} \\ &= \frac{87,31}{68,22} \\ &= 1,28 \end{aligned}$$

✓ **Kaidah Pengujian**

Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$, maka tolak H_0 artinya signifikan

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$, maka terima H_0 artinya tidak signifikan

✓ **F_{tabel}**

$$F_{tabel} = F_{(1-\alpha)(dkA,dkD)}$$

$$F_{tabel} = F_{(1-0,05)(3,20)}$$

$$F_{tabel} = F_{(0,95)(3,20)}$$

$$F_{tabel} = 3,10$$

✓ **Perbandingan antara F_{hitung} dengan F_{tabel}**

Setelah dibandingkan ternyata didapat $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $1,28 < 3,10$, maka

tolak H_0 artinya tidak signifikan.

Tabel 5.3 Ringkasan Anava Satu Jalur

Sumber Variansi (SV)	derajat kebebasan (dk)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Rerata (KR)	F_{hitung}	F_{tabel}
Antar group (A)	3	261,94	87,31	1,28	3,10
Dalam group (D)	20	1364,38	68,22	Keterangan : 1,28 < 3,10, tidak signifikan	
Total	23	1626,32	-		

✓ Kesimpulan

Ternyata F_{hitung} lebih kecil dari F_{tabel} atau $1,28 < 3,10$, maka H_0 dan H_a tidak diterima artinya tidak ada perbedaan efisiensi yang signifikan antara hasil penyaringan pada filter dengan ketebalan media zeolit 20 cm, 40 cm, 60 cm dan 80 cm berdasarkan lama pengaliran air baku dalam menurunkan kadar Fe total. Hal tersebut terjadi karena masih terdapat zat pengotor pada media zeolit sehingga proses adsorpsi kurang merata pada tiap-tiap tabung filter dan kurang maksimal.

siswa khlor $\geq 0,2$ mg/l, dilakukan pemeriksaan sebanyak satu sampel per 15.000 M³ produksi air minum.

- Total Bakteri Coliforms/E. Coli, dilakukan pemeriksaan sebanyak satu sampel per 15.000 M³ produksi air minum
- pH, Daya Hantar Listrik (DHL), Kekeruhan, dilakukan pemeriksaan sebanyak satu sampel per 15.00 M³ produksi air minum.

3. Kualitas Air Baku :

Pemeriksaan kualitas air baku air minum dilakukan minimal dua kali per tahun, meliputi parameter :

- Total Bakteri Coliforms/E. Coli
- pH, DO, Bahan Organik , Alkalinitas, Kesadahan Total, CO₂ agresif, Suhu, DHL.
- Besi dan Mangan, dilakukan bila menjadi masalah.

Langkah-langkah menjamin kualitas air minum oleh pengelola penyediaan air minum melalui sistem perpipaan, diantaranya

- a) Memperbaiki dan menjaga kualitas air sesuai petunjuk yang diberikan Dinas Kesehatan berdasarkan hasil pemeriksaan yang telah dilakukan.
- b) Melakukan pemeliharaan jaringan perpipaan dari kebocoran dan melakukan usaha-usaha untuk mengatasi korosifitas air di dalam jaringan perpipaan secara rutin.
- c) Membantu petugas Dinas Kesehatan setempat dalam pelaksanaan pengawasan kualitas air dengan memberi kemudahan petugas memasuki tempat-tempat dimana tugas pengawasan kualitas air dilaksanakan.
- d) Mencatat hasil pemeriksaan setiap sampel air, meliputi tempat pengambilan sampel (permukiman, jalan, nomor rumah, titik sampling), waktu pengambilan, hasil analisa pemeriksaan laboratorium termasuk metode yang dipakai, dan penyimpangan parameter.
- e) Mengirimkan duplikat pencatatan kepada Dinas Kesehatan setempat.
Dokumen ini harus disimpan arsipnya untuk masa selama minimal 5 tahun.

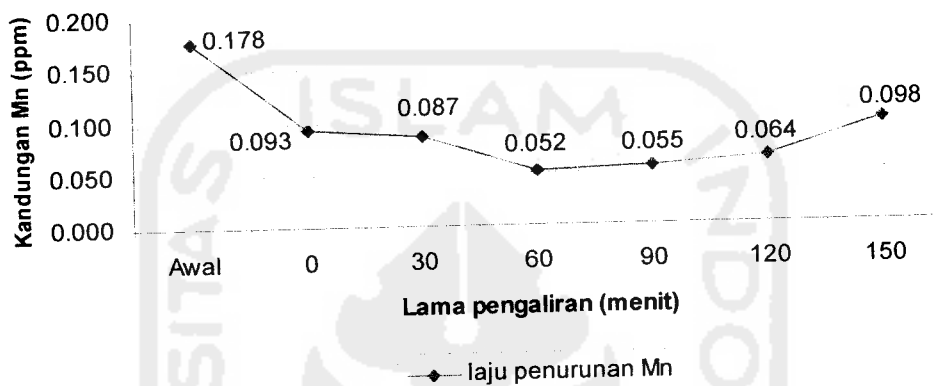
MENTERI KESEHATAN RI,

ttd.

Dr. ACHMAD SUJUDI

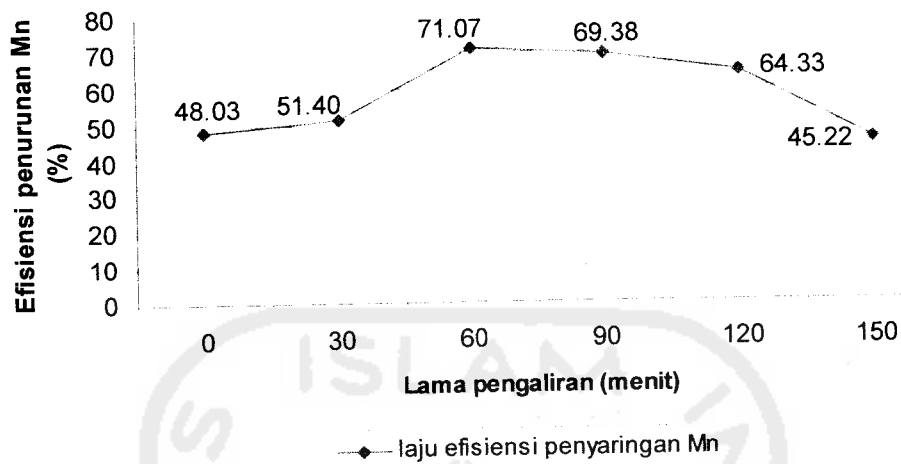
5.2.2 Mn

Dari data-data dan hasil analisa Mn (lampiran) maka akan dapat dilihat grafik penurunan kadar Mn dan efisiensi penurunannya berdasarkan ketebalan masing-masing filter sebagai berikut :



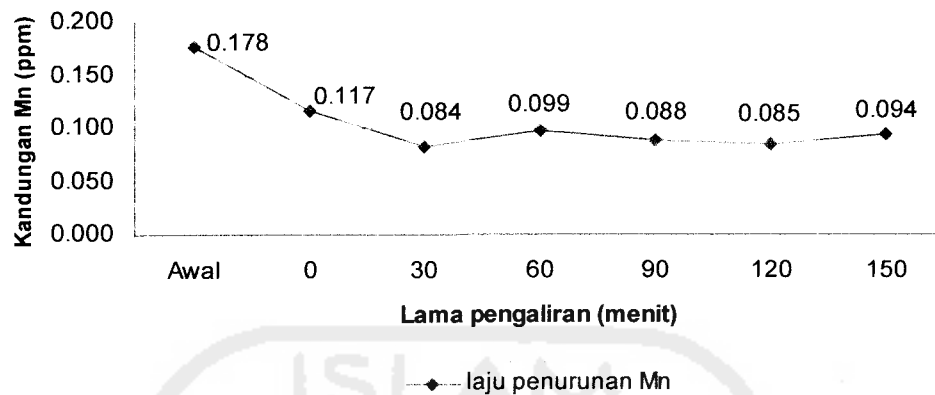
Gambar 5.10 Hubungan antara waktu pengaliran terhadap penurunan kadar Mn untuk ketebalan media zeolit 20 cm.

Dari Gambar 5.9 dapat dilihat pada awal pengaliran air baku menunjukkan kadar Mn sebesar 0,178 ppm, kemudian terjadi penurunan pada awal pengaliran untuk menit ke-0 sehingga menjadi 0,093 ppm dan mengalami penurunan lagi secara terus menerus hingga menit ke-60 dengan kadar Mn sebesar 0,052 ppm. Setelah menit ke-60 kadar Mn mulai mengalami kenaikan hingga pada menit terakhir pengaliran yaitu pada menit ke-150 dengan kadar Mn akhir sebesar 0,098 ppm. Dari Gambar 5.9 dapat dibuat grafik efisiensi penurunan kadar Mn sebagai berikut :



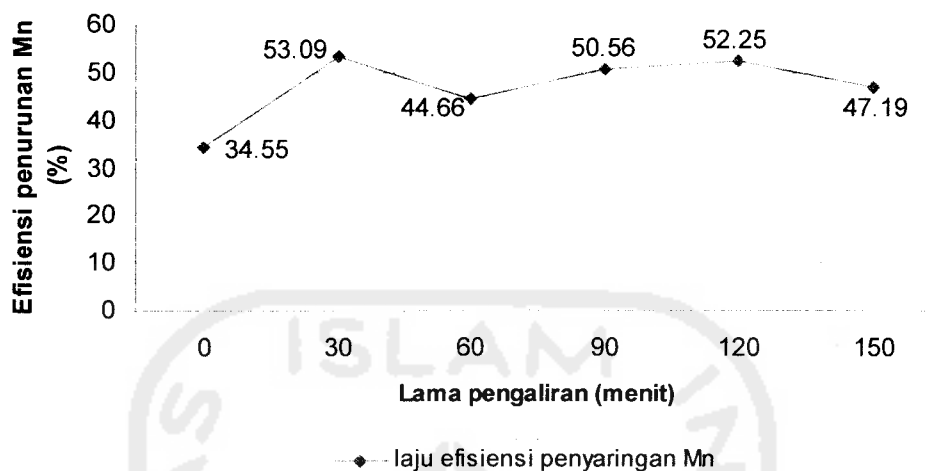
Gambar 5.11 Efisiensi penurunan kadar Mn untuk ketebalan media zeolit 20 cm.

Dari gambar 5.10 di atas dapat dilihat efisiensi penurunan menit pertama mencapai 48,03 % dan terus mengalami peningkatan hingga menit ke-60 hingga mencapai 71,07 %, setelah menit ke-60 efisiensi mengalami penurunan secara terus menerus hingga menit terakhir yaitu menit ke-150 dengan efisiensi sebesar 45,22 %.



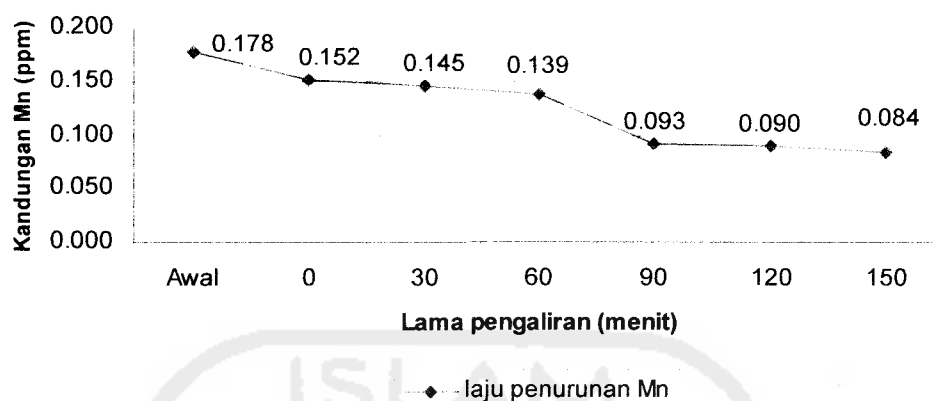
Gambar 5.12 Hubungan antara waktu pengaliran terhadap penurunan kadar Mn untuk ketebalan media zeolit 40 cm.

Dari gambar 5.11 dapat dilihat pada awal pengaliran air baku menunjukkan kadar Mn sebesar 0,178 ppm, kemudian terjadi penurunan pada awal pengaliran untuk menit ke-0 hingga menit ke-30 kadar Mn menjadi 0,084 ppm dan mengalami kenaikan hingga menit ke-60 dengan kadar Mn sebesar 0,099 ppm. Setelah menit ke-60 kadar Mn mulai mengalami penurunan hingga pada menit ke-120 kadar Mn sebesar 0,085 ppm, kemudian mengalami kenaikan lagi hingga menit terakhir pengaliran yaitu pada menit ke-150 dengan kadar Mn akhir sebesar 0,094 ppm. Dari Gambar 5.11 dapat dibuat grafik efisiensi penurunan kadar Mn sebagai berikut :



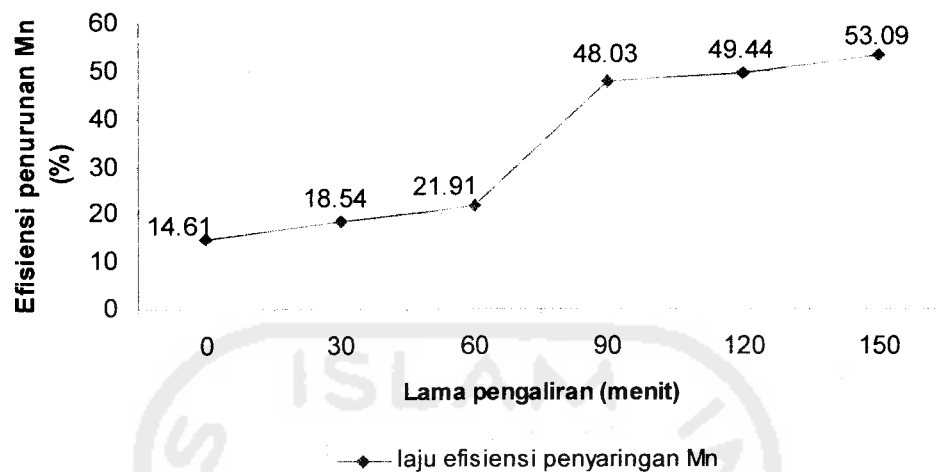
Gambar 5.13 Efisiensi penurunan kadar Mn untuk ketebalan media zeolit 40 cm.

Dari gambar 5.12 juga dapat dilihat efisiensi penurunan pada menit ke-0 hingga ke-30 mengalami kenaikan hingga mencapai 53,09 % dan selanjutnya pada menit ke-60 mengalami penurunan sebesar 44,66 % kemudian setelah itu mengalami peningkatan lagi hingga menit ke-120 dengan efisiensi penurunan kadar Mn sebesar 52,25 %, setelah menit ke-120 efisiensi mengalami penurunan lagi hingga menit terakhir yaitu menit ke-150 dengan efisiensi penurunan kadar Mn akhir sebesar 47,19 %.



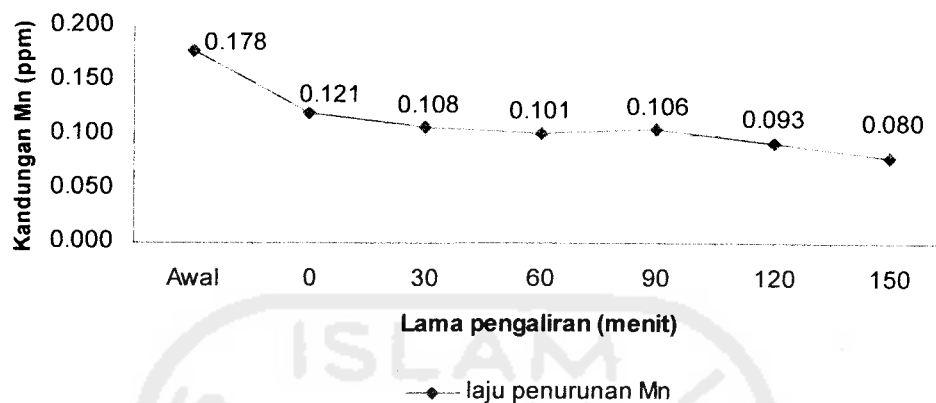
Gambar 5.14 Hubungan antara waktu pengaliran terhadap penurunan kadar Mn untuk ketebalan media zeolit 60 cm.

Dari gambar 5.13 dapat dilihat pada awal pengaliran air baku menunjukkan kadar Mn sebesar 0,178 ppm, kemudian terjadi penurunan pada awal pengaliran untuk menit ke-0 secara terus menerus hingga menit terakhir yaitu ke-150 kadar Mn menjadi 0,084 ppm, tetapi pada menit ke-60 hingga menit ke-90 terjadi suatu penurunan kadar Mn secara drastis yaitu dari 0,139 ppm hingga 0,093 ppm. Dari Gambar 5.13 dapat dibuat grafik efisiensi penurunan kadar Mn sebagai berikut :



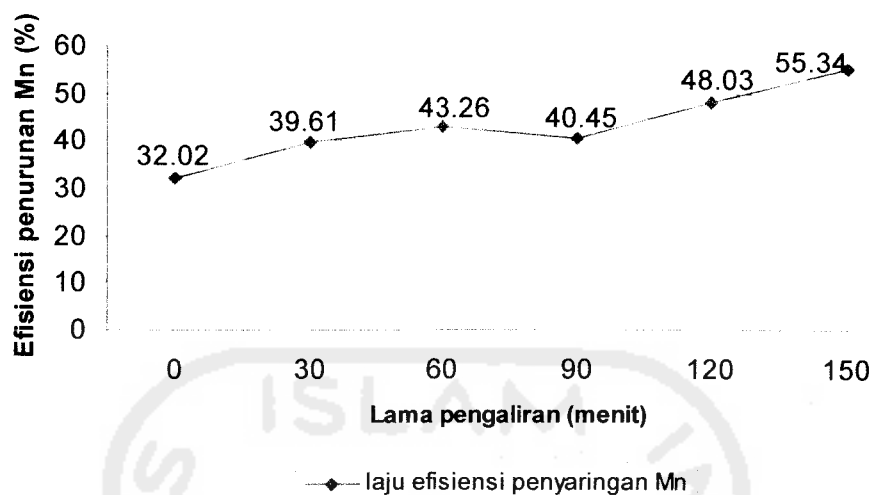
Gambar 5.15 Efisiensi penurunan kadar Mn untuk ketebalan media zeolit 60 cm.

Dari gambar 5.14 dapat dilihat telah terjadi kenaikan efisiensi penurunan kadar Mn pada menit ke-0 hingga menit ke-150 dengan kadar Mn akhir mencapai 53,09 %, akan tetapi pada menit ke-60 hingga menit ke-90 terjadi kenaikan efisiensi secara drastis yaitu dari 21,91 % hingga 48,03 %.



Gambar 5.16 Hubungan antara waktu pengaliran terhadap penurunan kadar Mn untuk ketebalan media zeolit 80 cm.

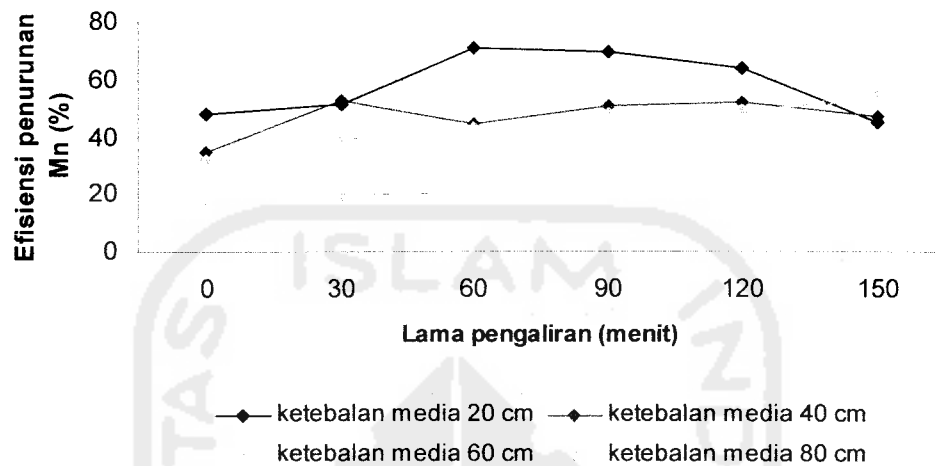
Dari gambar 5.15 dapat dilihat pada awal pengaliran air baku menunjukkan kadar Mn sebesar 0,178 ppm, kemudian terjadi penurunan pada awal pengaliran untuk menit ke-0 secara terus menerus hingga menit ke-60 dengan kadar Mn sebesar 0,101 ppm, kemudian setelah menit ke-60 mengalami kenaikan hingga menit ke-90 dengan kadar Mn sebesar 0,106 ppm dan dari menit ke-90 hingga menit terakhir yaitu menit ke-150 kadar Mn mengalami penurunan secara terus menerus menjadi 0,08 ppm. Di samping itu juga dapat dilihat pada awal pengaliran hingga menit ke-0 terjadi suatu penurunan kadar Mn secara drastis yaitu dari 0,178 ppm hingga 0,121 ppm. Dari Gambar 5.15 dapat dibuat grafik efisiensi penurunan kadar Mn sebagai berikut :



Gambar 5.17 Efisiensi penurunan kadar Mn untuk ketebalan media zeolit 80 cm.

Dari gambar 5.16 dapat dilihat telah terjadi kenaikan efisiensi penurunan kadar Mn pada menit ke-0 hingga menit ke-60, yaitu mencapai 43,26 %, akan tetapi pada menit ke-60 hingga menit ke-90 terjadi penurunan mencapai 40,45 %, setelah menit ke-90 efisiensi mengalami kenaikan lagi hingga menit terakhir yaitu ke-150 dengan efisiensi penurunan Mn terakhir sebesar 55,34 %.

Secara keseluruhan untuk grafik efisiensi penurunan Mn dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 5.18 Efisiensi penurunan kadar Mn pada media zeolit.

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa efisiensi tertinggi untuk menit terakhir terlihat pada filter dengan ketebalan media zeolit 80 cm, hal itu terjadi karena adanya kontak antara ion-ion Mn dengan media zeolit lebih lama jika dibandingkan dengan filter yang lain sehingga terjadi proses adsorpsi yang lebih lama pula, sedangkan efisiensi terendah pada menit terakhir terlihat pada filter dengan ketebalan media 20 cm, yang dikarenakan untuk media zeolit dengan ketebalan terkecil yaitu 20 cm dalam mengadsorpsi ion-ion Mn dan akan lebih cepat mengalami kejenuhan. Hal tersebut membuktikan bahwa besarnya volume media zeolit berpengaruh terhadap efisiensi penyerapan, semakin besar volumenya maka efisiensi semakin tinggi dan sebaliknya semakin kecil volume media penyaring maka efisiensi semakin rendah. Akan tetapi untuk menit-menit 0

– 120 untuk filter dengan ketebalan media zeolit 20 cm mengalami efisiensi paling bagus dibandingkan dengan filter yang lain, hal tersebut membuktikan terjadinya suatu kesalahan analisis laboratorium atau kesalahan teknis yang lain. Dari analisa di atas dapat diketahui bahwa ketebalan media zeolit dalam filter sangat berpengaruh menentukan efisiensi penurunan kadar Mn dalam air tanah. Sehingga dapat disimpulkan tingkatan efisiensi pada menit terakhir dari yang terbaik secara berurutan yaitu untuk ketebalan media 80 cm, 60 cm, 40 cm, dan terakhir efisiensi paling kecil untuk ketebalan media 20 cm.

5.2.2.1 Analisa Mn Berdasarkan Uji Anova

Untuk mengetahui apakah ada perbedaan efisiensi penurunan kadar Mn yang signifikan, antara hasil penyaringan terhadap ketebalan media filter zeolit dan lama pengaliran maka dilakukan Uji Anova sebagai berikut :

Tabel 5.4 Analisa efisiensi Mn

WAKTU (menit)	KETEBALAN MEDIA FILTER									
	A	A ²	B	B ²	C	C ²	D	D ²		
0	48.03	2307.24	34.55	1193.74	14.61	213.36	32.02	1025.44		
30	51.40	2642.42	53.09	2818.54	18.54	343.71	39.61	1568.69		
60	71.07	5050.58	44.66	1994.78	21.91	480.05	43.26	1871.29		
90	69.38	4813.87	50.56	2556.50	48.03	2307.24	40.45	1636.16		
120	64.33	4137.81	52.25	2729.77	49.44	2444.14	48.03	2307.24		
STATISTIK	150	45.22	2045.28	47.19	2226.99	53.09	2818.54	55.34	3062.19	TOTAL (T)
nAi	6		6		6		6		N=24	
ΣX	349.44		282.30		205.62		258.71		1096.07	
ΣX^2	20997.19		13520.31		8607.03		11471.01		54595.54	
\bar{x}	58.24		47.05		34.27		43.12		182.68	
$(\Sigma X)^2/nAi$	20351.18		13282.53		7046.46		11154.96		51835.13	

Keterangan :

A = efisiensi penurunan kadar Mn untuk filter dengan ketebalan media 20 cm, (%).

B = efisiensi penurunan kadar Mn untuk filter dengan ketebalan media 40 cm, (%).

C = efisiensi penurunan kadar Mn untuk filter dengan ketebalan media 60 cm, (%).

D = efisiensi penurunan kadar Mn untuk filter dengan ketebalan media 80 cm, (%).

➤ **Jumlah kuadrat antar group (JK_A)**

$$\begin{aligned}
 JK_A &= \sum \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} - \frac{(\sum X_T)^2}{N} \\
 &= \left[\frac{(349,44)^2}{6} + \frac{(282,30)^2}{6} + \frac{(205,62)^2}{6} + \frac{(258,71)^2}{6} \right] - \frac{(1096,07)^2}{24} \\
 &= 51835,13 - 50056,82 \\
 &= 1778,30
 \end{aligned}$$

➤ **Derajat kebebasan antar group (dk_A)**

$$\begin{aligned}
 dk_A &= A - 1 \\
 &= 4 - 1 \\
 &= 3
 \end{aligned}$$

➤ **Kuadrat Rerata Antar group (KR_A)**

$$\begin{aligned}
 KR_A &= \frac{JK_A}{dk_A} \\
 &= \frac{1778,30}{3} \\
 &= 592,77
 \end{aligned}$$

➤ **Jumlah Kuadrat Dalam antar group (JK_D)**

$$\begin{aligned}
 JK_D &= \sum X_T^2 - \sum \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} \\
 &= (20997,19 + 13520,31 + 8607,03 + 11471,01) - \left[\frac{(349,44)^2}{6} + \frac{(282,30)^2}{6} + \frac{(205,62)^2}{6} + \frac{(258,71)^2}{6} \right] \\
 &= 54595,5372 - 51835,1271 \\
 &= 2760,41
 \end{aligned}$$

➤ **Derajat Kebebasan Dalam antar group (dk_D)**

$$\begin{aligned}
 dk_D &= N - A \\
 &= 24 - 4 \\
 &= 20
 \end{aligned}$$

➤ **Kuadrat Rerata Dalam antar group (KR_A)**

$$\begin{aligned} KR_D &= \frac{JK_D}{dk_D} \\ &= \frac{2760,41}{20} \\ &= 138,02 \end{aligned}$$

➤ **Nilai F_{hitung}**

$$\begin{aligned} F_{hitung} &= \frac{KR_A}{KR_D} \\ &= \frac{592,77}{138,02} \\ &= 4,29 \end{aligned}$$

➤ **Kaidah Pengujian**

Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$, maka tolak H_0 artinya signifikan

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$, maka terima H_0 artinya tidak signifikan

➤ **F_{tabel}**

$$F_{tabel} = F_{(1 - \alpha)(dk_A, dk_D)}$$

$$F_{tabel} = F_{(1 - 0,05)(3,20)}$$

$$F_{tabel} = F_{(0,95)(3,20)}$$

$$F_{tabel} = 3,10$$

➤ **Perbandingan antara F_{hitung} dengan F_{tabel}**

Setelah dibandingkan ternyata didapat $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau $4,29 > 3,10$, maka tolak H_0 artinya signifikan.

Tabel 5.5 Ringkasan Anava Satu Jalur

Sumber Variansi (SV)	derajat kebebasan (dk)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Rerata (KR)	F_{hitung}	F_{tabel}
Antar group (A)	3	1778,30	592,77	4,29	3,10
Dalam group (D)	20	2760,41	138,02	Keterangan : 4,29 > 3,10 signifikan	
Total	23	4538,71	-		

➤ Kesimpulan

Ternyata F_{hitung} lebih kecil dari F_{tabel} atau $4,29 < 3,10$, maka H_0 dan H_a diterima artinya ada perbedaan efisiensi yang signifikan antara hasil penyaringan pada filter dengan ketebalan media zeolit 20 cm, 40 cm, 60 cm dan 80 cm berdasarkan lama pengaliran air baku dalam menurunkan kadar Mn.

5.3 Mekanisme Penurunan Fe Total Dan Mn Yang Terjadi Dalam Media Filter Zeolit

Dari penelitian yang telah dilakukan diperlihatkan bahwa ketebalan media dan lama pengaliran sangat berpengaruh dalam penurunan kadar Fe total maupun Mn dalam air baku. Pada proses penyaringan, dalam media filter zeolit terjadi kontak antara butiran zeolit dengan air baku, sehingga ion-ion Fe dan Mn terserap oleh pori-pori zeolit dan terjadi proses adsorpsi.

Dimana menurut (Reynold,1982) proses adsorpsi dibagi menjadi 2 yaitu adsorpsi fisik dan kimia. Adsorpsi fisik terjadi karena adanya gaya Van Der Waals, yaitu apabila gaya tarik antara molekul zat terlarut dengan adsorben lebih besar daripada gaya tarik antara molekul zat terlarut dengan pelarutnya, maka zat terlarut tersebut akan diadsorpsi. Akan tetapi ikatan tersebut sangat lemah sehingga mudah diputuskan apabila kadar zat terlarut yang teradsorpsi diubah. Jadi proses ini berlangsung bolak-balik. Sedangkan pada proses adsorpsi kimia ikatan antara zat terlarut yang teradsorpsi dan adsorben sangat kuat, sehingga sulit untuk dilepaskan dan proses hampir tidak mungkin untuk bolak-balik.

Dalam hal ini juga dapat dijelaskan tentang mekanisme pertukaran ion yang terjadi dalam media zeolit, yaitu merupakan suatu proses dimana ion-ion yang terjerap pada suatu permukaan media filter ditukar dengan ion-ion lain yang berada dalam air. Proses ini terjadi melalui suatu fenomena tarik-menarik antara permukaan media bermuatan dengan molekul-molekul bersifat polar. Apabila suatu molekul bermuatan menyentuh suatu permukaan yang memiliki muatan berlawanan maka molekul tersebut akan terikat secara kimiawi pada permukaan

tersebut. Pada kondisi tertentu molekul-molekul ini dapat ditukar posisinya dengan molekul lain yang berada dalam air yang memiliki kecenderungan lebih tinggi untuk diikat.

Zeolit memiliki ruang pori sangat banyak dengan ukuran tertentu, pori-pori ini yang nantinya akan menyerap ion-ion Fe maupun Mn dan menahannya. Semakin banyak pori-pori yang ada di dalam zeolit maka luas permukaan total pori zeolit tersebut menjadi sangat besar. Dengan semakin besar luas permukaan pori maka akan semakin efektif untuk menyerap ion-ion Fe dan Mn. Pada akhirnya pori-pori yang terdapat dalam zeolit akan terisi penuh oleh partikel-partikel yang diserap, sehingga terciptalah kondisi jenuh dalam arti tidak terjadi lagi mekanisme adsorpsi maupun pertukaran ion.

Setelah dilakukan analisa seperti pada grafik efisiensi filter zeolit dan dari hasil uji Anova tentang penurunan kadar Fe total dan Mn, hasil penyaringan atau efisiensi dari filter pada penelitian ini tidak sesuai dengan hipotesa, pada beberapa penelitian-penelitian sebelumnya telah diketahui bahwa semakin tebal media penyaring maka efisiensi penyaringan semakin bagus, begitu pula berdasarkan lama waktu kontak antara air baku dengan media filter maka efisiensi semakin bagus. Pada penelitian ini untuk analisis Fe total, efisiensi tertinggi pada filter dengan ketebalan media zeolit 60 cm, hal ini terjadi karena dalam media filter masih terdapat kotoran yang menyumbat pori-pori zeolit. Sedangkan untuk analisis Mn, efisiensi tertinggi pada filter dengan ketebalan media zeolit 80 cm.