

# KINERJA MIKROFILTRASI DALAM PENYISIHAN BESI DAN MANGAN (Studi Kasus Air Tanah Di Kampus Universitas Kebangsaan)

Edi Nurrochman<sup>1</sup>, Ahmad Junaedi<sup>2</sup>

Universitas Kebangsaan  
edinurrochmannmil@gmail.com

## ABSTRAK

Air tanah Universitas Kebangsaan mengandung unsur besi yang cukup tinggi untuk memenuhi standar air minum, air tanah tersebut harus dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan konsentrasi besi dalam air tanah Universitas Kebangsaan dengan adsorpsi *batch reactor* dan *continuous reactor*. Adsorban yang digunakan adalah arang aktif dari kayu nangka yang diaktivasi secara kimia dengan larutan  $\text{KMnO}_4$  0,1N. Penelitian secara *batch* dilakukan dengan variasi massa adsorban 2, 4, 6, 8, 10 dengan variasi pH 5, 7 dan 9. Penelitian *continue reactor* aliran *upflow* dengan variasi debit 2,77 L/jam dan 3,17 L/jam. Hasil diuji dengan spektrofotometer metoda phenantrolin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi optimum penyisihan besi terjadi pada pH 5 dengan efisiensi penyisihan 70,30%. Persamaan isotherm Freundlich didapat nilai K pada pH 5 bernilai (1,69), pH 7 bernilai (-2,45), pH 9 bernilai (-0,37) dan nilai n pada pH 5 bernilai (0,09), pH 7 bernilai (0,26), pH 9 bernilai (0,102). Pada *continuous reactor* aliran *upflow*, efisiensi penyisihan besi optimum terjadi pada debit 2,77 L/jam sebesar 92,09%.

Kata kunci: *adsorpsi, batch reactor, continuous reactor, upflow, kayu nangka*

## ABSTRACT

*The ground water of Universitas Kebangsaan contains iron which is high enough to meet drinking water standards, the groundwater must be done. This study aims to reduce the concentration of iron in the University of Kebangsaan groundwater by adsorption of batch reactors and continuous reactors. The Adsorban used is activated charcoal from jackfruit wood which is chemically activated with a 0.1N  $\text{KMnO}_4$  solution. Batch studies were carried out with mass variations of adsorbants 2, 4, 6, 8, 10 with variations in pH 5, 7 and 9. Research continued upflow flow reactors with variations in discharge of 2.77 L/hr and 3.17 L/hr. The results were tested with phenantrolin method spectrophotometer. The results showed that the optimum efficiency of iron removal occurred at pH 5 with removal efficiency of 70.30%. The Freundlich isotherm equation obtained a value of K at pH 5 value (1.69), pH 7 value (-2.45), pH 9 value (-0.37) and the value of n at pH 5 value (0.09), pH 7 value (0.26), pH 9 is worth (0.102). In upflow continuous reactor flow, the optimum iron removal efficiency occurs at 2.77 L/hour discharge at 92.09%.*

Keywords: *adsorption, batch reactor, continuous reactor, upflow, jackfruit wood*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Air adalah kebutuhan utama umat manusia di dunia ini yang tidak bisa digantikan oleh benda lain. Dalam kehidupan sehari-hari, dari mulai bangun pagi sampai tidur kita akan memerlukan air seperti untuk mandi, memasak, mencuci, minum dan keperluan lainnya. Sehingga kita beranggapan bahwa kita tidak bisa hidup tanpa ada air.

Permasalahan utama yang kita hadapi dalam kehidupan sehari-hari adalah air minum yang kualitasnya kurang baik. Padahal air minum yang ideal seharusnya jernih, tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau, tidak mengandung kuman *phatogen* dan segala makhluk hidup yang membahayakan kesehatan manusia, tidak mengandung zat kimia yang dapat mengubah fungsi tubuh, tidak korosif, tidak meninggalkan endapan pada seluruh jaringan distribusinya yang diakibatkan oleh konsentrasi besi. Seperti anjuran pemerintah yang terbaru dalam Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor : 907/MENKES/SK/VII/2002 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum.

Dewasa ini sangat sulit untuk menemukan air di alam yang layak diminum, dan walaupun ada jumlahnya sangat terbatas, sehingga diperlukan upaya penelitian

dan perbaikan kualitas berupa penerapan teknologi pengolahan air.

Beberapa faktor yang menyebabkan diperlukan pengolahan/perbaikan air antara lain :

#### 1. Pertumbuhan penduduk

Pertumbuhan penduduk telah menyebabkan kebutuhan air minum turut meningkat sehingga air yang tersedia tidak mencukupi.

#### 2. Pencemaran air

Meningkatnya pembangunan di segala bidang terutama di bidang industri dan pertanian yang menyebabkan tekanan terhadap lingkungan makin meningkat sehingga terjadi pencemaran air yang mengakibatkan penurunan kualitas air.

#### 3. Perubahan tata guna lahan

Perubahan tata guna lahan pada daerah resapan air tanah menyebabkan pengisian (*recharge*) air tanah makin berkurang yang mengakibatkan volume air jadi berkurang. Perubahan tata guna lahan sepanjang daerah aliran sungai menyebabkan penurunan kualitas air permukaan di sepanjang aliran sungai.

Pada saat ini ada beberapa teknologi yang dapat dipakai untuk memperbaiki kualitas air seperti proses kimia dan proses fisika. Proses kimia yang sering dipakai adalah

dengan penambahan koagulan seperti aluminium sulfat (tawas), *Polyaluminium Chlorida* (PAC) dan kaporit, sedangkan proses fisika yang sering dipakai adalah dengan cara filtrasi konvensional menggunakan *sand filter*, pasir aktif dan karbon aktif. Sedangkan proses filtrasi yang sedang marak digunakan di masyarakat sekarang ini adalah dengan menggunakan teknologi membran seperti mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi dan *reverse osmosis*.

**METODE PENELITIAN**

Dalam penelitian ini alat yang digunakan adalah alat mikrofiltrasi (skala laboratorium) dengan memakai membran berpori sangat kecil (mikro) yang terbuat dari bahan *polypropilene* (PP), membran polipropilen ini sangat mudah didapat di pasaran dan memiliki stabilitas kimia dan *thermal* yang baik. Polipropilen menjadi cukup sulit untuk melarutkan zat *insoluble* dan reagen-reagen kimia agak sulit untuk masuk ke dalamnya (Mulder, 1996). Prinsip kerja dari alat mikrofiltrasi ini dengan cara melewatkan air sampel yang kualitasnya buruk terutama konsentrasi besi ke dalam membran mikrofiltrasi, presipitat besi akan tertahan dalam pori-pori membran yang dinamakan *konsentrat* dan air yang bersih akan keluar melalui membran yang dinamakan *permeat*.

Dalam penelitian ini dilakukan 3 tahap penelitian yaitu :

- penelitian pertama dilakukan untuk melihat efektivitas mikrofiltrasi dengan menggunakan variasi kerapatan pori-pori membran mulai 0.1 µm, 1 µm, 5 µm, dan 10 µm.
- Penelitian kedua adalah lanjutan dari penelitian pertama, filtrasi yang paling efektif kita lanjutkan dengan melihat pengaruh dari variasi debit air yang masuk ke membran mikrofiltrasi. Adapun debit yang dipakai adalah 0.02 liter/detik, 0.04 liter/detik, 0.08 liter/detik, dan 0.16 liter/detik.
- Penelitian ketiga adalah penelitian untuk melihat pengaruh waktu filtrasi terhadap debit permeat, tekanan operasi dan penyisihan konsentrasi besi dan.

Variabel-variabel dalam penelitian ini adalah :

1. variabel independen atau variabel bebas, yaitu variabel yang akan dilihat pengaruhnya terhadap variabel yang tidak bebas. Pada penelitian ini variabel independen adalah mikrofiltrasi memakai kerapatan pori-pori membran 0.1 µm, 1 µm, 5 µm, 10 µm pada variasi debit 0.02 liter/detik, 0.04 liter/detik, 0.08 liter/detik, dan 0.16 liter/detik.
2. variabel dependen atau variabel yang dipengaruhi, adalah konsentrasi besi

**Tahapan penelitian**

1. Persiapan

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air tanah yang ada di lingkungan kampus Universitas Kebangsaan (UK) yang mengandung konsentrasi besi sebanyak 1.15 mg/l dan 1.7 mg/l (seperti dalam hasil analisa air sampel).

2. Persiapan alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah

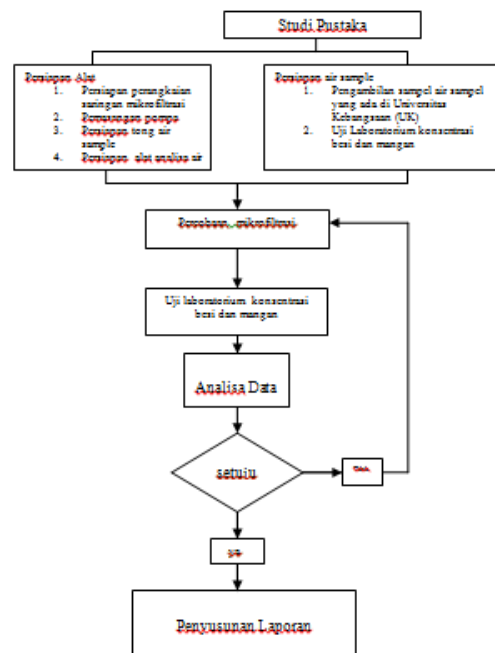
- i. membran mikrofiltrasi yang mempunyai kerapatan 0.1µm, 1µm, 5µm, 10µm, yang mempunyai panjang 25cm dan diameter 5cm.
  - ii. pompa air yang mempunyai daya 100watt sebanyak satu buah
  - iii. tong plastik yang mempunyai volume 150liter untuk tempat air yang akan diteliti sebanyak 3 buah.
  - iv. *spektrofotometer HACH 890* untuk analisa konsentrasi besi dan mangan.
  - v. beaker gelas 500 ml
  - vi. stop watch
  - vii. botol sampel
3. Prosedur tahapan pelaksanaan proses mikrofiltrasi
    - Masukkan air sampel ke dalam tong penampungan awal sesuai dengan kebutuhan penelitian.
    - Siapkan pompa dan sambungkan selang penghubung antara tong penampungan sampel awal dengan pompa, dan selang penghubung pompa dengan alat mikrofiltrasi.
    - Pengamatan yang dilakukan dalam filtrasi ini selama 2 jam dengan melakukan kegiatan :
    - Pengambilan air sampel dilakukan pada permeat yang keluar dari mikrofiltrasi setiap 30 menit untuk analisa di laboratorium.
    - Pengukuran debit air yang keluar dari membran mikrofiltrasi pada setiap 30 menit filtrasi.

*Pengukuran fluks/debit dilakukan dengan jalan menampung permeat yang dihasilkan pada suatu gelas ukur dalam selang waktu tertentu.*

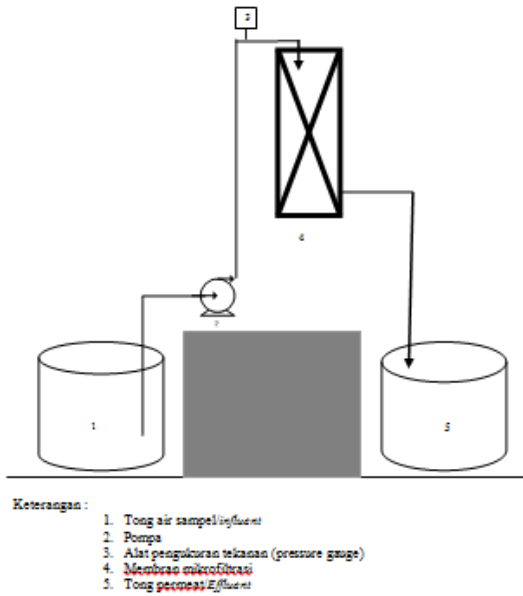
Parameter penelitian ini adalah konsentrasi besi sebelum filtrasi dan sesudah filtrasi dengan menggunakan membran mikrofiltrasi dengan kerapatan pori-pori membran 0.1µm, 1µm, 5 µm, 10 µm pada variasi debit 0.02 liter/detik, 0.04 liter/detik, 0.08 liter/detik, dan 0.16 liter/detik.

**Diagram alir tahapan penelitian**

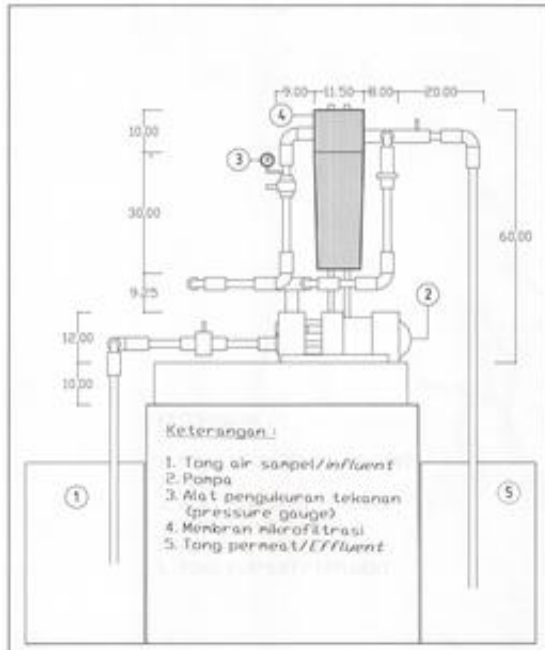
Diagram alir tahapan penelitian yang dilakukan adalah seperti gambar di bawah ini :



**Gambar 1.** Diagram alir tahapan penelitian



Gambar 2. Skema aliran proses mikrofiltrasi



Gambar 3. Foto alat mikrofiltrasi

Pemeriksaan kualitas air dilakukan di laboratorium untuk mengetahui parameter-parameter yang diisyaratkan oleh kriteria kualitas air minum sesuai Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor : 907/MENKES/SK/VII/2002. Parameter pendukung yang diuji dapat dilihat di tabel berikut ini:

Parameter	Metode*
Zat padat tersuspensi	Spektrofotometer DR 890
Kekeruhan	Spektrofotometer DR 890
Warna	Spektrofotometer DR 890

\* Sumber: Spektrofotometer HACH DR 890, HACH company

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik awal air sampel

Air sampel dalam penelitian ini adalah air tanah yang ada di lingkungan kampus Universitas Kebangsaan (UK) di mana air tanah yang ada ini mempunyai konsentrasi besi dan mangan dilakukan di laboratorium UK dengan metoda spektrofotometer HACH DR 890.

Tabel 1. Karakteristik awal air sampel

No	Parameter	Satuan	Standar	Hasil Analisa
1.	Fe total	mg / L	0.3	1.15
2.	Mn Total	mg / L	0.1	1.7

\* Sumber hasil analisa di laboratorium

Hasil analisa di atas menunjukkan bahwa air tanah di kampus Universitas Kebangsaan Bandung banyak mengandung besi dan mangan, hal ini diakibatkan oleh adanya :

- unsur besi di dalam tanah yang berbentuk endapan besi (III) oksida, dan besi sulfida (*pyrite*) yang tereduksi dalam suasana *anaerob* sehingga terlarut ke dalam air maupun besi (II) karbonat yang terlarut ke dalam air yang mengandung cukup karbon dioksida (Sawyer, 1994).
- materi organik yang mengendap dalam tanah yang melepaskan besi dan mangan ke air pada kondisi *anaerob* (Sawyer, 1994).

### Hasil proses mikrofiltrasi

Penelitian awal dilakukan untuk mendapatkan kerapatan pori-pori membran dan debit yang optimum dalam penyisihan besi dan mangan, lanjutkan untuk melihat pengaruh waktu filtrasi terhadap lama fouling yang ditimbulkan terhadap debit permeat, tekanan operasi, dan penyisihan besi dan mangan.

### Proses mikrofiltrasi dengan variasi kerapatan pori-pori membran.

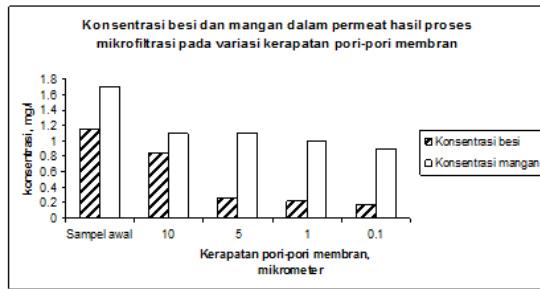
Dalam proses filtrasi dengan menggunakan membran mikrofiltrasi pada variasi kerapatan pori-pori membran ini bertujuan untuk mendapatkan kerapatan pori-pori membran yang terbaik dalam permselektivitas (koefisien rejeksi). Variasi kerapatan pori-pori membran yang dipilih adalah 10 µm, 5 µm, 1 µm, 0.1 µm. Debit yang masuk ke dalam membran mikrofiltrasi ini kita buat tetap/konstan yaitu 0.02 liter/detik selama 2 jam filtrasi.

Dalam penelitian awal ini pengaruh tekanan abaikan tetapi *fluks kritik* yang tidak mengalami penurunan sepanjang operasi karena kecepatan deposisi dan pelepasan solut yang sama pada membran, polarisasi dan fouling pada kondisi ini sangat lemah dan dapat di atasi oleh tegangan geser yang diberikan oleh fluida kepada partikel.

Tabel 2 Parameter permeat hasil proses mikrofiltrasi dengan variasi kerapatan pori-pori membran :

No	Parameter	Konsentrasi Awal (mg/l)	Kerapatan pori-pori membran, μm			
			10	5	1	0.1
			Konsentrasi permeat (mg/l)			
1.	Fe total	1.15	0.85	0.26	0.22	0.18
2.	Mn Total	1.7	1.1	1.1	1.0	0.9

Gambar 4.1 Grafik konsentrasi besi dan mangan dalam permeat hasil proses mikrofiltrasi pada variasi kerapatan pori-pori membran



Permeabilitas dari konsentrasi besi setelah dilakukan proses mikrofiltrasi memakai kerapatan pori-pori membran 10 μm, 5 μm, 1 μm, 0.1 μm, mengalami penurunan secara berurutan menjadi 0.85 mg/L, 0.26 mg/L, 0.22 mg/L, 0.18 mg/L permeabilitas dari konsentrasi mangan setelah dilakukan proses mikrofiltrasi memakai kerapatan pori-pori membran 10 μm, 5 μm, 1 μm, 0.1 μm, mengalami penurunan secara berurutan menjadi 1.1 mg/L, 1.1 mg/L, 1.0 mg/L, 0.9 mg/L.

Hasil menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi besi dan mangan sangat signifikan seiring dengan kerapatan pori-pori membran makin kecil pori-pori membran dan debit yang masuk mikrofiltrasi maka makin besar pula partikel-partikel yang tertahan dalam membran dan menurut (Oktavianus, 1997) semakin kecil debit/permeabilitas membran, penyisihan yang dihasilkan semakin besar karena ukuran pori-pori membran semakin kecil akibat *fouling*.

Efektivitas proses mikrofiltrasi dari persentase penyisihan dengan menggunakan rumus koefisien rejeksi:

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_f} \times 100\%$$

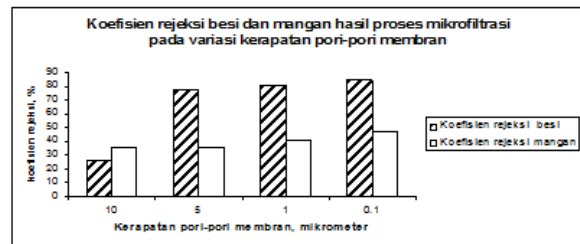
- R : Koefisien rejeksi
- C<sub>p</sub> : Konsentrasi zat terlarut dalam permeat
- C<sub>f</sub> : Konsentrasi zat terlarut dalam umpan/*feed*

Hasil koefisien rejeksi dari masing – masing membran tersebut:

Tabel 4. Koefisien rejeksi konsentrasi besi dan mangan hasil proses mikrofiltrasi pada variasi kerapatan pori-pori membran

No	Parameter	Satuan	Kerapatan pori-pori membran, μm			
			10	5	1	0.1
			1.	Koefisien rejeksi besi	%	26.1
2.	Koefisien rejeksi mangan	%	35.3	35.3	41.2	47.1

Gambar 4.2 Grafik koefisien rejeksi konsentrasi besi dan mangan hasil proses mikrofiltrasi pada variasi kerapatan pori-pori membran



Koefisien rejeksi konsentrasi besi yang terbaik kerapatan pori-pori membran 1 μm yang mencapai 80.9 % dan kerapatan pori-pori membran 0.1 μm bisa mencapai 84.3 %. Sedangkan koefisien rejeksi konsentrasi mangan kerapatan pori-pori membran 1 μm yang mencapai koefisien rejeksi mencapai 41.3 %, dan Kerapatan pori-pori membran 0.1 μm mencapai koefisien rejeksi 47.1 %. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besi dan mangan dalam permeat masih dalam bentuk besi terlarut dan mangan terlarut sehingga belum bisa semuanya disisihkan oleh membran mikrofiltrasi ini sesuai dengan hasil penelitian (Manurung, 1999) yang hanya mencapai 87.6 %, hal ini menunjukkan bahwa besi masih dalam bentuk besi terlarut yang mempunyai ukuran 0.001 μm sampai 0.01 μm. (Alaert, et al, 1987)

Penyisihan besi lebih mudah dibanding mangan, dikarenakan keadaan mangan dalam air masih banyak dalam kondisi terlarut mangan (II) yang lebih sulit teroksidasi menjadi tidak terlarut (IV) (Sawyer, 1994).

**Proses mikrofiltrasi dengan variasi debit (fluks)**

Proses mikrofiltrasi dengan menggunakan variasi debit (fluks) bertujuan untuk mengetahui pengaruh terhadap penyisihan konsentrasi besi dan mangan dalam proses filtrasi selama 120 menit.

Adapun variasi debit yang dilakukan:

Pengamatan ke	Debit, liter/detik
1	0.02
2	0.04
3	0.08
4	0.16

Tabel 4.4 Pengamatan proses hasil mikrofiltrasi dengan variasi debit awal 0.02 liter/detik

No	Waktu Operasi (menit)	Debit liter/detik	Konsentrasi awal		Konsentrasi permeat	
			Besi	Mangan	Besi	Mangan
1	30	0.02	1.15	1.7	0.23	1.0
2	60	0.02			0.22	1.0
3	90	0.02			0.20	1.0
4	120	0.02			0.19	0.95
Rata-rata		0.02			0.21	1.0

Tabel 4.5 Pengamatan hasil proses mikrofiltrasi dengan variasi debit awal 0.04 liter/detik

No	Waktu Operasi (menit)	Debit liter/detik	Konsentrasi awal		Konsentrasi permeat	
			Besi	Mangan	Besi	Mangan
1	30	0.04	1.15	1.7	0.23	1.1
2	60	0.04			0.22	1.1
3	90	0.04			0.22	1.1
4	120	0.04			0.22	1.0
Rata-rata		0.04			0.22	1.1

Tabel 4.5 Pengamatan hasil proses mikrofiltrasi dengan variasi debit awal 0.08 liter/detik

No	Waktu Operasi (menit)	Debit liter/detik	Konsentrasi awal		Konsentrasi permeat	
			Besi	Mangan	Besi	Mangan
1	30	0.08	1.15	1.7	0.32	1.3
2	60	0.08			0.32	1.3
3	90	0.08			0.31	1.2
4	120	0.08			0.31	1.2
Rata-rata		0.08			0.315	1.25

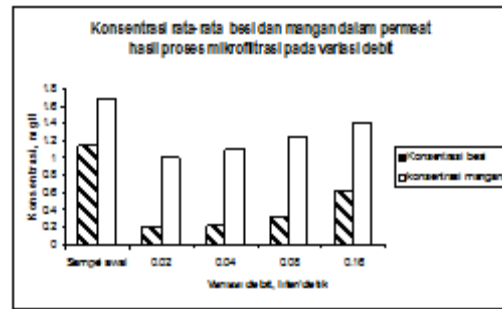
Tabel 4.7 Pengamatan hasil proses mikrofiltrasi dengan variasi debit awal 0.16 liter/detik

No	Waktu Operasi (menit)	Debit liter/detik	Konsentrasi awal		Konsentrasi permeat	
			Besi	Mangan	Besi	Mangan
1	30	0.16	1.15	1.7	0.65	1.4
2	60	0.16			0.63	1.4
3	90	0.16			0.63	1.4
4	120	0.16			0.61	1.4
Rata-rata		0.16			0.625	1.4

Tabel 4.8 Hasil rata-rata permeat hasil proses mikrofiltrasi pada variasi debit

No	Parameter	Konsentrasi Awal (mg/l)	Variasi debit permeat, liter/detik			
			0.02	0.04	0.08	0.16
1.	Besi	1.15	0.21	0.22	0.315	0.625
2.	Mangan	1.7	1.0	1.1	1.25	1.4

Gambar 4.3 Grafik konsentrasi rata-rata besi dan mangan dalam permeat hasil proses mikrofiltrasi pada variasi debit



Tabel 4.9 Hasil rata-rata koefisien rejeksi besi dan mangan hasil proses mikrofiltrasi pada variasi debit

No	Parameter	Satuan	Variasi debit, liter/detik			
			0.02	0.04	0.08	0.16
1.	Koefisien rejeksi besi	%	80.3	80.9	73.0	44.3
2.	Koefisien rejeksi mangan	%	41.2	35.3	26.5	17.6

Gambar 4.4 Grafik hasil rata-rata koefisien rejeksi besi dan mangan hasil proses mikrofiltrasi pada variasi debit



Dari hasil rata-rata penyisihan besi dan mangan dapat disimpulkan bahwa semakin besar debit yang masuk ke dalam mikrofiltrasi maka semakin kecil penyisihannya/koefisien rejeksi dikarenakan adanya besi dan mangan yang tidak tertahan/melewati membran, (Wenten, 1996) semakin besar fluks/permeat suatu mikrofiltrasi maka semakin banyak pula *solute* yang akan dilewatkan oleh membran tersebut. (Oktavianus, 1997) peningkatan laju alir akan memperkecil persentasi penyisihan. Hal ini disebabkan karena turbulensi semakin besar dengan meningkatnya tekanan yang dapat mengganggu stabilitas lapisan polarisasi pada konsentrasi permukaan membran sehingga *solute*/kotoran dapat melewati membran. Sedikit bertolak belakang dengan hasil penelitian pada debit filtrat 10, 11, dan 12M<sup>3</sup>/jam memberikan efisiensi penyisihan besi masing-masing sebesar 87.6% dengan waktu operasi 60 menit, 92.4% dengan waktu operasi 40 menit, dan 90.17 dengan waktu operasi 30 menit. makin besar debit maka pori-pori membran akan cepat tertutup oleh kotoran atau *fouling* dan hal ini yang mengakibatkan pori membran menyempit

sehingga partikel partikel besi/kotoran menjadi lebih sukar untuk menembus membran.

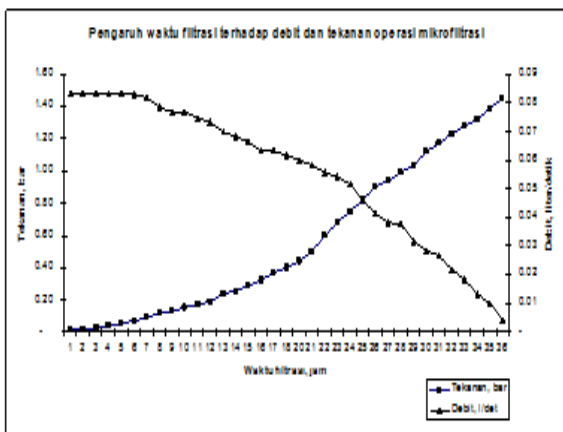
**Pengaruh waktu filtrasi terhadap lama fouling pada proses mikrofiltrasi**

Pengamatan waktu filtrasi terhadap lama *fouling* pada proses mikrofiltrasi di bawah ini dilakukan dengan memakai debit 0.08 liter/det dengan tekanan awal 0.01 bar dan kerapatan pori-pori membran 1µm.

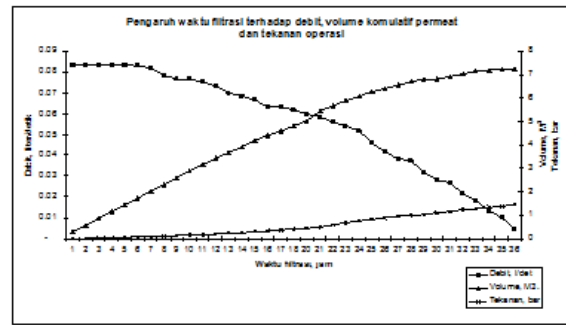
**Tabel 4.10** Hasil pengamatan waktu filtrasi dalam proses mikrofiltrasi

Waktu (jam)	Debit (l/detik)	Volume permeat		Tekanan (bar)	Konsentrasi, mg/l	
		Volume Permeat liter/jam	Volume Kumulatif (liter)		Fe total	Mn Total
1	0.08	288	288	0.01	0.28	1.3
2	0.08	288	576	0.01		
3	0.08	288	864	0.03	0.28	1.3
4	0.08	288	1.152	0.04		
5	0.08	288	1.440	0.05		
6	0.08	288	1.728	0.07	0.27	1.25
7	0.08	288	2.016	0.09		
8	0.08	288	2.304	0.12		
9	0.08	288	2.592	0.13	0.26	1.25
10	0.08	288	2.880	0.15		
11	0.08	288	3.168	0.17		
12	0.07	252	3.420	0.19	0.26	1.23
13	0.07	252	3.672	0.24		
14	0.07	252	3.924	0.25		
15	0.07	252	4.176	0.29	0.24	1.2
16	0.06	216	4.392	0.32		
17	0.06	216	4.608	0.37		
18	0.06	216	4.824	0.40	0.24	1.2
19	0.06	216	5.040	0.44		
20	0.06	216	5.256	0.50		
21	0.06	216	5.472	0.53	0.23	1.15
22	0.06	216	5.688	0.60		
23	0.06	216	5.904	0.66		
24	0.05	180	6.084	0.75	0.23	1.12
25	0.05	180	6.264	0.82		
26	0.04	144	6.408	0.90		
27	0.04	144	6.552	0.94		
28	0.04	144	6.696	0.99		
29	0.03	108	6.804	1.04		
30	0.03	108	6.912	1.12	0.23	1.13
31	0.03	108	7.020	1.17		
32	0.02	72	7.092	1.23		
33	0.02	72	7.164	1.28		
34	0.01	36	7.200	1.32		
35	0.01	36	7.236	1.39		
36	0	0	7.236	1.45	0.23	1.12
Volume kumulatif permeat (liter)		7.236		(7.236 M <sup>3</sup> /36 jam)		

**Gambar 4.5** Grafik pengaruh waktu filtrasi terhadap debit dan tekanan operasi proses mikrofiltrasi



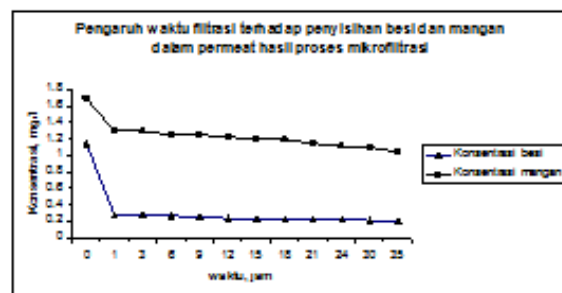
**Gambar 4.6** Grafik pengaruh waktu filtrasi terhadap debit, volume kumulatif permeat, dan tekanan operasi mikrofiltrasi



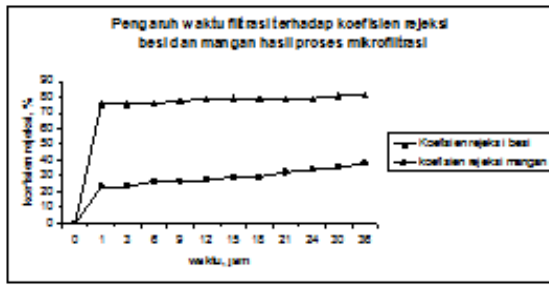
Dari hasil di atas menunjukkan bahwa kinerja mikrofiltrasi pada jam ke-1 sampai jam ke-7 menghasilkan debit *permeat* yang relatif stabil, tetapi setelah jam ke-8 menghasilkan debit *permeat* yang terus menurun hingga akhirnya tampak penurunan yang tajam mulai jam ke-30 sampai jam ke-35 sampai akhirnya berhenti pada jam ke-36. Hal ini sesuai dengan teori (Fane, 1983) berusaha menjelaskan keadaan yang terjadi pada awal operasi dengan teradsorpsinya molekul-molekul yang yang seharusnya menembus pori-pori membran akan tetapi terperangkap di dalam struktur pori-pori membran. Peningkatan selektivitas membran di akhir operasi umumnya disebabkan oleh lapisan *fouling* yang terbentuk di dalam maupun di permukaan membran.

Seperti dalam pengaruh waktu filtrasi terhadap debit *permeat*, maka dalam pengaruhnya terhadap tekanan operasi juga menggambarkan hal yang relatif sama. Pada awal-awal operasi tekanan operasi relatif stabil mulai jam ke-1 sampai jam ke-12 tetapi mulai jam ke-13 tekanan berangsur naik tajam sampai jam ke-24 yang akhirnya tekanan berhenti pada akhir operasi yaitu pada jam ke-36, di mana pada jam tersebut *permeat* sudah tidak bisa mengalir lagi. Hal ini menunjukkan semakin banyak polutan tertahan dalam pori-pori membran maka tekanan akan meningkat karena semakin sulit air melewati pori-pori membran yang tertutup oleh *fouling*. Menurut Wenten (1996) tekanan operasi yang ada (muncul) adalah tekanan yang digunakan untuk mengatasi hambatan melewati membran, semakin tinggi tekanan operasi berarti semakin tinggi hambatan melewati membran tersebut.

**Gambar 4.7** Grafik pengaruh waktu filtrasi terhadap penyisihan besi dan mangan hasil proses mikrofiltrasi



Gambar 4.8 Grafik pengaruh waktu filtrasi terhadap koefisien rejeksi besi dan mangan hasil proses mikrofiltrasi



Dari kedua grafik di atas dapat kita lihat bahwa selektivitas meningkat tajam pada awal operasi yang kemudian diikuti oleh keadaan sedikit stabil dan akhirnya selektivitas meningkat dengan waktu. Fane (1983) berusaha menjelaskan keadaan yang terjadi pada awal operasi dengan teradsorpsinya molekul-molekul yang seharusnya menembus pori-pori membran akan tetapi terperangkap di dalam struktur pori-pori membran. Peningkatan selektivitas membran di akhir operasi umumnya disebabkan oleh lapisan *fouling* yang terbentuk di dalam maupun di permukaan membran. dan Pengaruh waktu filtrasi terhadap fluks permeat menunjukkan bahwa permeabilitas membran makin menurun seiring dengan waktu filtrasi berjalan namun permealtektivitas makin tinggi.

Menurut Wenten (1996) kecenderungan peningkatan selektivitas di akhir operasi mengindikasikan sudah terjadinya deposisi partikel besi/kotoran permanen yang membentuk lapisan *fouling*, hal ini mengakibatkan pori membran menyempit sehingga partikel-partikel (kotoran) menjadi lebih sukar untuk menembus membran.

**Parameter pendukung air sampel awal**

Tabel 4.11 Parameter pendukung air sampel awal

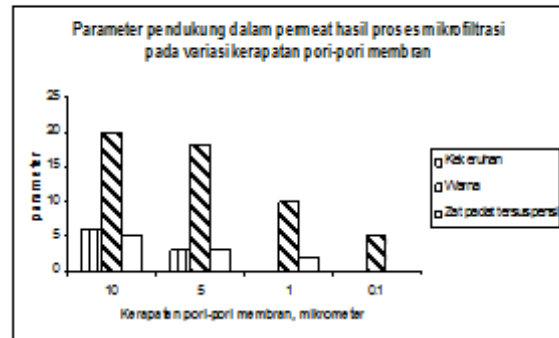
No	Parameter	Satuan	Standar	Hasil Analisa
1.	pH	-	6.5 – 8.5	7.12
2.	Zat padat Tersuspensi	mg / L	-	19
3.	Warna	Pt Co (Mangan Cobalt)	15	143
4.	Kekeruhan	FAU (Formazin Attenuation Unit)	5	18

\* sumber hasil analisa di laboratorium

Tabel 4.12 Parameter pendukung dalam permeat hasil proses mikrofiltrasi pada variasi kerapatan pori-pori membran

No	Parameter	Satuan	Kerapatan pori-pori membran, $\mu\text{m}$			
			10	5	1	0.1
1.	Zat padat tersuspensi	Mg / L	5	3	2	0
2.	Warna	Pt Co (Pt Co)	20	18	10	5
3.	Kekeruhan	FAU Turbidity	6	3	0	0

Gambar 4.9 Grafik parameter pendukung dalam permeat hasil proses mikrofiltrasi pada variasi kerapatan pori-pori membran



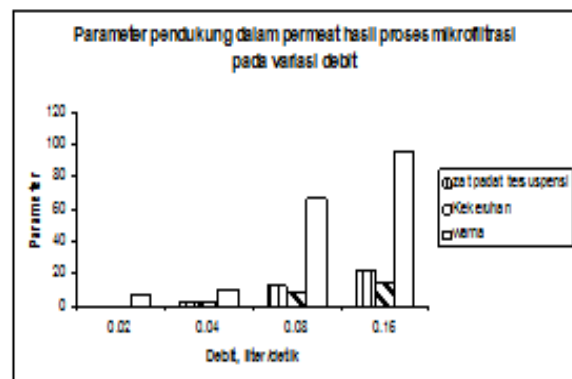
**4.3.3 Parameter pendukung dalam permeat hasil proses mikrofiltrasi pada variasi debit**

Tabel 4.14 Parameter pendukung parameter pendukung dalam permeat hasil proses mikrofiltrasi pada variasi debit

No	Parameter	Satuan	Variasi debit, liter/detik			
			0.02	0.04	0.08	0.16
1.	Zat padat tersuspensi	Mg/L	0	3	7	15
2.	Warna	Pt Co (Pt Co)	7	10	66	96
3.	Kekeruhan	FAU Turbidity	0	2	8	14

Gambar 4.11 Grafik parameter pendukung dalam permeat hasil proses mikrofiltrasi pada variasi debit.

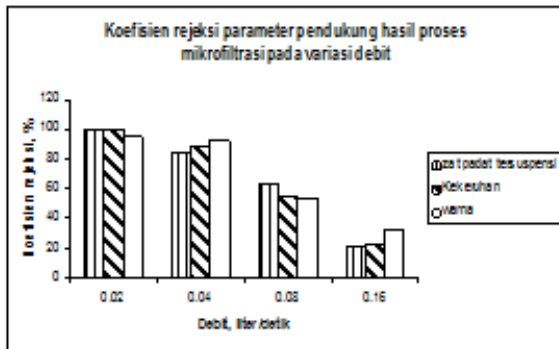
Gambar 4.11 Grafik parameter pendukung dalam permeat hasil proses mikrofiltrasi pada variasi debit.



Tabel 4.15 Hasil koefisien rejeksi parameter pendukung hasil proses mikrofiltrasi pada variasi debit

No	Parameter	Satuan	Variasi debit, liter/detik			
			0.02	0.04	0.08	0.16
1.	Koefisien rejeksi kekeruhan	%	100	84.2	63.2	21.1
2.	Koefisien rejeksi warna	%	95.1	93.0	53.8	32.9
3.	Koefisien rejeksi zat tersuspensi	%	100	88.9	55.6	22.2

Gambar 4.12 Grafik koefisien rejeksi parameter pendukung hasil proses mikrofiltrasi pada variasi debit.



**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian di laboratorium ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

- ◆ Permeabilitas konsentrasi besi yang terbaik adalah memakai membran mikrofiltrasi pada kerapatan pori-pori membran 1 µm dan 0.1 µm dengan konsentrasi besi permeat 0.22 mg/l dan 0.18 mg/l atau koefisien rejeksi bisa mencapai 80.9 % dan 84.3 %
- ◆ Permeabilitas konsentrasi mangan tidak begitu signifikan, pada mikrofiltrasi pada kerapatan pori-pori membran 1 µm dan 0.1 µm dengan hasil 1.0 mg/l dan 0.9 mg/l atau koefisien rejeksi bisa mencapai 41.3 % dan 47.1 %
- ◆ Permeabilitas parameter pendukung terbaik adalah memakai membran mikrofiltrasi pada kerapatan pori-pori 1 µm dan 0.1 µm dengan parameter permeat warna 10 Pt Co dan 5 Pt Co atau koefisien rejeksi bisa mencapai 93.1 % dan 96.5 % dan kekeruhan 0 FAU atau koefisien rejeksi bisa mencapai 100 %
- ◆ Pengaruh dari debit air yang masuk ke dalam membran mikrofiltrasi mempengaruhi terhadap hasil filtrasi, makin besar debit air yang masuk ke dalam membran mikrofiltrasi maka makin kecil pula penyisihan besi atau mangan, dan parameter pendukung seperti kekeruhan, warna dan zat tersuspensi.
- ◆ Debit air yang optimum dalam filtrasi menggunakan membran mikrofiltrasi ini adalah 0.04 liter/detik dengan konsentrasi besi dalam permeat 0.22 mg/l atau koefisien rejeksi mencapai 80.9 %, konsentrasi mangan 1.44 mg/l atau koefisien rejeksi mencapai 35.3%, kekeruhan 2 FAU atau koefisien rejeksi mencapai 84.2 %, warna 10 Pt. Co atau koefisien rejeksi mencapai 93.0 %,
- ◆ Umur membran mikrofiltrasi dengan filtrasi debit awal 0.08 liter/detik ini bisa mencapai selama 36 jam dengan volume permeat yang dihasilkan 7.235 liter.

**DAFTAR PUSTAKA**

Alaert, G., dkk, *Metoda Penelitian Air*, Penribit Usaha Nasional, Surabaya, 1987  
 Manurung, Meinar, *Studi Penyisihan Besi dan Mangan pada Air Tanah dengan Menggunakan*

*Mikrofiltrasi*, Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, 1999  
 Mulder, Marcel, *Center for Membrane Science and Technology*, University of Twente, Enschede, The Netherlands, 1996  
 Oktavianus, Reza, *Penyisihan Warna, Besi, dan Kandungan Padatan pada Pengolahan Limbah Cair Proses Pewarnaan (Dyeing) Industri Tekstil dengan Metoda Mikrofiltrasi*, Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, 1997  
 Sawyer, Claire N., *Chemistry for Environmental Engineering*, Mc Graw Hill International Edition, New York, 1994  
 Wenten, Gede I, *Studi Awal Transmisi Protein dalam Membran Mikrofiltrasi*, Institut Teknologi Bandung, 1996