

## **PRARANCANGAN ALAT FILTER Fe DAN Mn DALAM AIR**

**Afifuddin, Syafruddin, Ratna Sari**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: [afifuddin9727@gmail.com](mailto:afifuddin9727@gmail.com)

### **Abstrak**

Kualitas air yang di gunakan di pedesaan masih tidak memenuhi standar kualitas air baku yang ada di indonesia. Sebagian besar air yang digunakan masih mengandung logam yang cukup tinggi salah satu nya adalah Fe dan Mn. Prarancangan alat ini dirancang dengan tiga kolom vertikal setinggi 1.3 meter yang terbuat dari pipa paralon PVC berdiameter 4 inchi. Pengujian peralatan filter ini menggunakan metode adsorpsi, memakai media pasir silika, karbon aktif dan campuran karbon aktif - pasir silika dengan memvariasikan dua konvigurasi campuran media dan waktu adsorpsi 0 menit; 15 menit; 30 menit; 45 menit dan 60 menit. Efisiensi penurunan Fe dan Mn pada konfigurasi kedua dari waktu adsorpsi 60 menit di peroleh sebesar 80.508% untuk logam Fe, dan 100% untuk logam Mn.

**Kata kunci:** *Adsorpsi, Efisiensi penurunan, Fe, Filter, Mn.*

### **Abstract**

*Water quality used in rural areas still does not meet the raw water quality standards in Indonesia. Most of the water used still contains metals that are quite high, one of which is Fe and Mn. The design of this tool is designed with three 1.3 meter vertical columns made of PVC four-inch diameter paralon pipes. Testing of this filter equipment using the adsorption method, using silica sand media, activated carbon and activated carbon mixture - silica sand by varying the two media mix configurations and 0 minute adsorption time; 15 minutes; 30 minutes; 45 minutes and 60 minutes. The efficiency of decreasing Fe and Mn in the second configuration from the 60 minute adsorption time was obtained at 80.508% for Fe metal, and 100% for Mn metal.*

**Keywords:** *Adsorption, reduction efficiency, Fe, Filtration, Mn.*

## **PENDAHULUAN**

Air merupakan salah satu komponen yang paling dekat dengan kehidupan sehari-hari manusia yang menjadi kebutuhan dasar bagi kualitas dan keberlanjutan manusia sehingga air harus tersedia dalam kualitas dan kuantitas yang memadai. Air sangat penting bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup

lainnya. Kebutuhan terhadap air bersih menjadi prioritas utama karena menyangkut kehidupan banyak orang (Asyifa, umar. Dkk 2013).

Dari hasil survey Badan Pusat Statistik Aceh, persentase banyaknya rumah tangga dan sumber air minum yang digunakan di berbagai kabupaten di Aceh sangat bervariasi

bergantung dari kondisi geografisnya. Yakni sebagai berikut : Yang menggunakan air kemasan/PAM 33.68 %, sumur bor/pompa 4.22%, air sungai 2.42%, air hujan 0.75%, lainnya 0.18% (BPSA, 2015).

Permasalahan yang sering dijumpai didalam air bersih masyarakat adalah kualitas air tanah maupun air sungai yang digunakan masyarakat kurang memenuhi syarat sebagai air bersih yang sehat bahkan di beberapa tempat tidak layak untuk digunakan. Air bersih yang layak digunakan, mempunyai standar persyaratan tertentu yakni persyaratan fisik, kimiawi dan bakteriologis, dan syarat tersebut merupakan satu kesatuan. Jadi jika ada satu saja parameter yang tidak memenuhi syarat maka air tersebut tidak layak untuk digunakan apalagi untuk diminum.

Air tanah sering mengandung zat besi (Fe) dan Mangan (Mn) cukup besar. Adanya kandungan Fe dan Mn dalam air menyebabkan warna air tersebut berubah menjadi kuning-coklat setelah beberapa saat kontak dengan udara. Disamping dapat mengganggu kesehatan juga menimbulkan bau yang kurang enak serta menyebabkan warna kuning pada dinding bak serta bercak-bercak kuning pada pakaian.

Alat filter yang banyak beredar di pasaran dijual dengan harga yang relatif mahal, dan cara pengoperasiannya tergolong rumit begitu juga dengan perawatannya akibatnya masyarakat menengah ke bawah lebih memilih menggunakan air tanpa melalui filterisasi.

Untuk menanggulangi masalah tersebut, perlu dilakukan upaya penyediaan sistem alat pengolah air skala rumah tangga yang murah dan mudah dalam pengoperasian ataupun perawatan, dan juga dapat menghilangkan atau mengurangi kandungan logam dan bau yang terdapat dalam air sumur atau tanah. Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas air tanah yakni dengan

menggunakan filter dengan media mangan zeolit dan karbon aktif. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana kinerja alat filter Fe dan Mn dalam air dan berapa efisiensi kinerja alat filter air ini dalam menyerap logam Fe, Mn, dan bau.

## **METODE PENELITIAN**

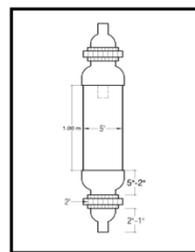
### **Bahan dan Alat**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: paralon 5" panjang 1 meter 3 buah, paralon 1" 2 batang, elbow 1" 11 buah, sambungan T 1" 10 buah, valve 1" 13 buah, watermoor 2" 6 buah, reducer 5"-2" 6 buah, reducer 2"-1" 6 buah,

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir silika (0.7-1.01 mm), karbon aktif (8 mm) dan air sumur bor dayah darul irsyad desa blang kecamatan tanah pasir.

#### **1. Tahap Perancangan kolom**

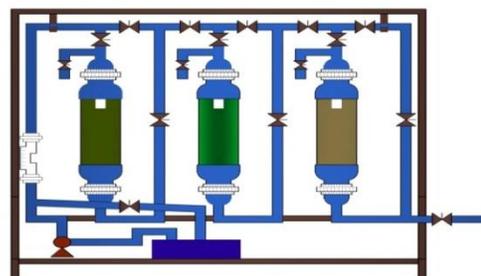
Kolum filtrasi dirancang setinggi 1 m dengan cara disambung pipa paralon PVC dengan bahan penyambung lainnya seperti water moor, reducer, dan penahan media filter yang dilem dengan baik



Gambar 1

#### **2. Tahap rangkain alat**

Setelah kolom dirancang seperti gambar 1 diatas sebanyak 3 buah selanjutnya dirangkai dengan sambungan elbow, sambungan T dan valve seperti gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2 Rangkaian alat

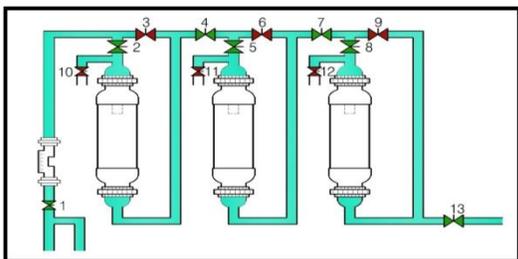
### 3. Tahap Pengisian media filter

Mengisi media dengan cara manual yaitu dengan cara di buka watermoor selanjutnya diisi media pasir silika, dan karbon aktif sebagai berikut:

- Konfigurasi I : kolom I ( pasir silika 30 cm), kolom II (karbon aktif + pasir silika dengan total tinggi 30 cm), kolom III ( karbon aktif 30 cm )
- Konfigurasi II : Kolom I ( pasir silika 30 cm), kolom II (karbon aktif 30 cm), kolom III ( pasir silika + karbon aktif dengan total tinggi 30 cm )

### 3. Prosedur Kerja Pengoperasian Alat Filtrasi

Untuk proses filtrasi valve yang dibuka adalah V1, V2, V4, V5, V7, V8, sedangkan valve yang ditutup adalah V3, V6, V9, V10, V11, V12. Seperti Gambar 3 dibawah ini:



Gambar 3 Proses filtrasi

Sedangkan untuk proses pencucian (backwash) harus dilakukan per kolom ini dilakukan agar kotoran tidak berembes ke colum yang lain, penjelasannya sebagai berikut:

- Untuk kolom yang pertama valve yang dibuka adalah V1, V3, V10, sedangkan

valve yang harus ditutup adalah V2, V4.

- Untuk kolom yang kedua valve yang dibuka adalah V1, V3, V4, V6, V11, sedangkan valve yang harus ditutup adalah V2, V5, V7.
- Untuk kolom yang ke tiga valve yang dibuka adalah V1, V3, V4, V6, V7, V9, V12, sedangkan valve yang ditutup adalah V2, V5, V8, V13.

### 4. Prosedur Analisa Sampel

- Ambil sampel 0 sebagai larutan tanpa proses adsorpsi atau sampel awal,
- Masukkan sampel ke tempat pengujian sampel.
- Lakukan proses analisa menggunakan alat unit AAS (Atomic Absorption Spectrophotometry).
- Ambil sampel selanjutnya yaitu sampel yang telah dilewati media pasir silika, zeolit, dan karbon aktif.

Cara menghitung efesiensi :

$$\%R = \frac{(Co - Ct)}{Co} \times 100\%$$

Keterangan :

%R = persen penyisihan

Co = konsentrasi awal

Ct = konsentrasi Akhir

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data pengujian penurunan Fe dan Mn untuk konfigurasi I dan II dapat dilihat dalam tabel 1 dan tabel 2 dibawah ini

**Tabel 1. Data pengujian penurunan Fe dan Mn konfigurasi pertama**

No	Waktu Kontak	Kondisi Awal		Kondisi Akhir		Efisiensi penurunan logam	
		Fe (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Fe (%)	Mn (%)
1	0 menit	0,6649	0,012	-	-	-	-
2	15 menit	-	-	0,2734	0	58,881	100
3	30 menit	-	-	0,2687	0	59,587	100
4	45 menit	-	-	0,2663	0	59,948	100
5	60 menit	-	-	0,2451	0	63,137	100

**Tabel 2. Data pengujian penuruna Fe dan Mn konfigurasi kedua**

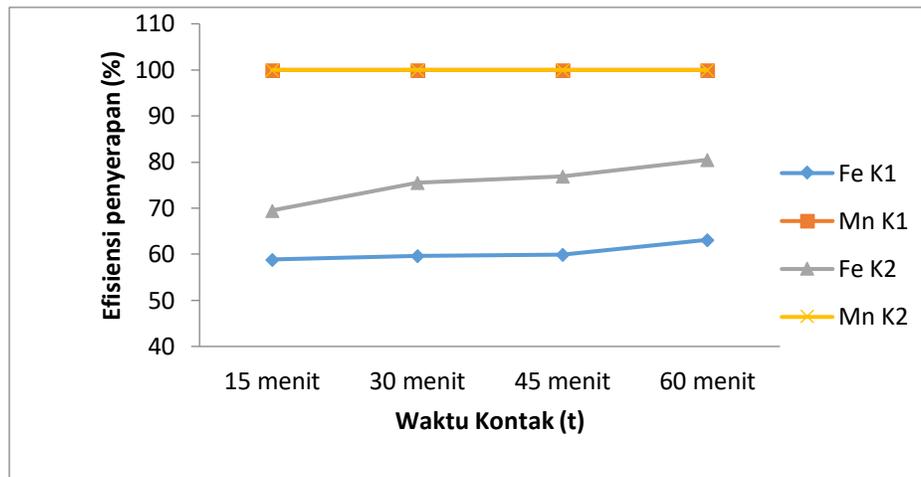
No	Waktu Kontak	Kondisi Awal		Kondisi Akhir		Efisiensi penurunan logam	
		Fe (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Fe (%)	Mn (%)
1	0 menit	0,6649	0,012	-	-	-	-
2	15 menit	-	-	0,2027	0	69,514	100
3	30 menit	-	-	0,1626	0	75,545	100
4	45 menit	-	-	0,1531	0	76,973	100
5	60 menit	-	-	0,1296	0	80,508	100

### Perancangan alat

Setelah dilakukan perhitungan headloss dengan menggunakan persamaan Kozenicarmann dan menggunakan diameter pipa 4 inchi dan menggunakan media pasir silika dan karbon aktif. Maka di dapatkan headloss sebesar 1,15 meter untuk media pasir silika dan 1,20 meter untuk media karbon aktif. Dari hasil headloss tersebut di rancang tabung filtrasi dengan tinggi 1,3 meter bertujuan agar di dalam pipa masih ada tekanan untuk menekan air untuk bisa turun ke kolom yang kedua, dan juga bertujuan agar media yang ada didalam kolom tersebut tidak mengalami flooding.

### Pengaruh konfigurasi dengan efisiensi penyerapan logam Fe dan Mn

Untuk mengetahui pengaruh konfigurasi terhadap efisiensi penyerapan logam Fe dan Mn. Maka dilakukan dua konfigurasi yang berbeda, Yang membedakan kedua konfigurasi tersebut adalah tata letak media didalam kolom filtrasi. Adapun perlakuan yang diberikan tetap sama yaitu dengan mengalirkan air melewati media tersebut dengan pompa berkecepatan 8 liter per menit. Pengaruh konfigurasi tersebut bisa dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



**Gambar 4 Pengaruh konfigurasi dengan efisiensi penyerapan logam Fe dan Mn**

Pada Gambar 4 untuk konfigurasi pertama dengan waktu kontak 60 menit diperoleh efisiensi penyerapan Fe sebesar 63.137 %. Sedangkan pada konfigurasi kedua dengan waktu kontak 60 menit diperoleh efisiensi penyerapan Fe mencapai 80.508%. adapun rata-rata peningkatan efisiensi setiap waktu kontak yang telah ditetapkan antara kedua konfigurasi tersebut sebesar 15,24%. Hal tersebut membuktikan bahwa konfigurasi kedua menghasilkan efisiensi lebih besar yang dihasilkan ketimbang konfigurasi pertama.

Faktor yang mempengaruhi konfigurasi kedua lebih bagus dari pada konfigurasi pertama adalah kemampuan dalam menyerap logam Fe dan Mn dikarekan pada konfigurasi kedua digunakan media karbon aktif tanpa campuran berada pada kolom kedua sehingga kemampuan menyerap lebih maksimal sehingga beban yang diberikan ke kolom ketiga tidak terlalu besar lagi. Sedangkan konfigurasi pertama, media campuran antara karbon aktif-pasir silika berada pada kolom kedua sehingga penyerapan tidak terlalu maksimal dilakukan pada kolom kedua tersebut, sehingga beban yang di terima pada kolom ke tiga lebih besar, dikarnakan kolom ketiga kolom terakhir proses yang terjadi tidak lama karna langsung menjadi air produk.

### **Pengaruh waktu kontak terhadap efisiensi penyerapan**

Pengaruh Waktu kontak Terhadap Penurunan Fe dan Mn Pada Proses Adsorpsi. Dari hasil pengujian diperoleh penurunan kadar Fe dan Mn berdasarkan konfigurasi waktu kontak dapat dilihat pada Gambar 4 diatas.

Dari Gambar4 memperlihatkan penurunan kadar Fe yang paling baik diperoleh pada waktu kontak 60 menit, yakni sebesar 0,2451 ppm dengan efisiensi penyerapan sebesar 63,137% untuk konfigurasi pertama dan untuk konfigurasi kedua sebesar 0,1296 ppm dengan efisiensi penyerapan sebesar 80,508%. Sedangkan untuk kadar mangan setelah uji sebesar 0 ppm dengan efisiensi penyerapan nya 100%. Keadaan tersebut juga sebanding dengan penelitian yang dilakukan oleh Ratni dewi dkk, (2016) yang mengatakan Lamanya waktu kontak antara adsorbat dengan adsorben akan mempengaruhi kapasitas penyerapan. Semakin lama waktu kontak maka kadar logam Fe dan Mn yang terserap akan semakin meningkat sampai terjadinya kesetimbangan. Hal yang sama juga dikemukakan oleh Makinde (2002) yang mengatakan bahwa pengaruh waktu kontak terjadi ketika adsorpsi belum mencapai kesetimbangan. Sebaliknya, pada saat kesetimbangan waktu kontak tidak berpengaruh terhadap kapasitas penyerapan.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perancangan alat filter air yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa alat filter air tersebut merupakan alat yang efektif dan efisien dalam menurunkan logam Fe dan Mn.
2. Setelah diuji alat filter Fe dan Mn didalam air maka efisiensi yang paling bagus terdapat pada konfigurasi yang kedua sebesar 80.508% untuk penyerapan logam Fe, dan 100% untuk penyerapan logam Mn.

## SARAN

Beberapa saran yang perlu dilakukan berkaitan dengan penelitian ini agar penelitian tersebut dapat diaplikasikan pada kehidupan sehari-hari adalah sebagai berikut :

- a. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan kombinasi media filter untuk memaksimalkan penurunan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn).
- b. perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk bisa menhasil alat filter Fe dan Mn yang lebih baik lagi.
- c. perlu penyempurnaan pada bagian-bagian yang masih manual untuk bisa menjadi alat yang lebih moderen seperti di tambahkan controller pada bagian-bagian tertentu.
- d. Perlu diperhatikan dalam pemilihan bahan media yang digunakan didalam kolom dikarekan media yang digunakan sangat mempengaruhi presentase penurunan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn).

## DAFTAR PUSTAKA

Asifa, umar. Dkk. 2013. *Perancangan unit pengolahan air bersih di UMY*. Laporan tugas akhir.

Badan Pusat Statistik Aceh. 2018. Macam-macam jenis Air bersih. <https://www.bps.go.id/pencarian.html?searching=air+bersih&yt1=Cari>. Di akses 01 juli 2019

Dewi, Ratna., dkk. 2016. Penyisihan Total Organic Carbon (TOC) dalam Limbah Cair PKS Menggunakan Proses Adsorpsi dengan Adsorben Bentonit yang Termodifikasi. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia 2016*. ISBN: 978-602-432-004-2.

Geankoplis, C.J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations, Third Edition*. New Jersey:P T R Prentice-Hall International, Inc.

Mc-Cabe, W. L.,1999. *Operasi Teknik Kimia*. Jilid 2. Erlangga. Jakarta.

Peraturan Menteri Kesehatan RI No.492/MENKES/PER/IV/2010

## LAMPIRAN

### Perhitungan Tabung Filtrasi Dan Head

#### Loos

Tinggi tabung = 1.3 meter

Diameter tabung = 4" = 0,102 m

$$\begin{aligned} \text{Volume tabung}(V) &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,102)^2 \cdot 1.3 \\ &= 0,012 \text{ m}^3 \\ &= 12 \text{ L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang}(A) &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,102)^2 \\ &= 0,012 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$= 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$Q = 8 \text{ liter/menit} = \frac{8}{1 \times 60} = 0,13 \text{ L/s} = 13 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{kecepatan } (v) = \frac{Q}{A} = \frac{13 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{1,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2} = 10,8 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{D \cdot v}{\mu} = \frac{0,85 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 10,8 \times 10^{-2} \text{ m/s}}{0,89 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 103,14$$

❖ Bilangan Reynold

- Pasir silika

$$D = 0,85 \text{ mm} = 0,85 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$Q = 13 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 10,8 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

$$\mu \text{ kinematik } 25^\circ\text{C} = 0,89 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \text{ ( Lampiran Geankoplis )}$$

- Karbon Aktif

$$D = 8 \text{ mm} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = 1,26 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$Q = 13 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 10,8 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

$$\mu \text{ kinematik } 25^\circ\text{C} = 0,89 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \text{ ( Lampiran Geankoplis )}$$

$$Re = \frac{D \cdot v}{\mu} = \frac{8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 10,8 \times 10^{-2} \text{ m/s}}{0,89 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 970,7$$

Tabel 3 bilangan Reynold

No	Media	Bilangan reynold	Aliran
1	Pasir silika	103,14	Laminar
2	Karbon aktif	970,78	Laminar

Untuk menghitung headloss pada saat proses penyaringan digunakan persamaan Kozeny-carman. Persamaan ini hanya berlaku untuk aliran laminar dimana bilangan reynold ( $Re < 1000$ ). Adapun persamaan nya adalah

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{150 \cdot v \cdot \mu \cdot (1 - Po^2)}{g \cdot \varphi \cdot d^2 \cdot Po^2}$$

$\Delta P$  = head loss (m)

$L$  = Tinggi media (m)

$v$  = kecepatan air melalui media filter (m/s)

$\mu$  = viskositas kinematik  $25^\circ\text{C} = 0,89 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  ( lampiran Geankoplis )

$g$  = kecepatan gravitasi

$\varphi$  = koefisien bentuk

$d$  = diameter (m)

$Po$  = porositas

❖ Cari headloss

- Pasir silika

Diameter ( $d$ )  $0,85 \text{ mm} = 0,85 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

Porositas =  $0,399$  (Geankoplis)

Koefision bentuk  $\varphi = 0,75$  (Geankoplis)

Gravitasi =  $9,81 \text{ m/s}^2$

Tinggi unggun yang di rancang ( $L$ ) =  $0,30 \text{ m}$

$A = 1,26 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$

$Q = 13 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

$$v = 10,8 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

$\mu$  kinematik 25°C =  $0,89 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  (Lampiran Geankoplis)

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{150 \cdot v \cdot \mu \cdot (1 - Po^2)}{g \cdot \varphi \cdot d^2 \cdot Po^2}$$

$$\frac{\Delta P}{0,30 \text{ m}}$$

$$= \frac{150 \cdot 10,8 \times 10^{-2} \text{ m/s} \cdot 0,89 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot (1 - (0,399)^2)}{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,75 \cdot (0,85 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2 \cdot (0,399)^2}$$

Jadi sisa tangki tekanan = tinggi tangki-head loos = 1,3 m – 1,20 m = 0,10 m sehingga alat filter masih memiliki tekanan.

$$\Delta P = \frac{1,212 \times 10^{-5}}{8,46 \cdot 10^{-7}} \times 0,30 \text{ m}$$

$$\Delta P = 1,15 \text{ m}$$

Jadi sisa tangki tekanan = tinggi tangki-head loos = 1,3 m – 1,15 m = 0,15 m sehingga alat filter masih memiliki tekanan.

- Karbon aktif

$$\text{Diameter (d)} 0,8 \text{ mm} = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{Porositas} = 0,405 \text{ (Geankoplis)}$$

$$\text{Koefisien bentuk } \varphi = 0,73 \text{ (Geankoplis)}$$

$$\text{Gravitasi} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Tinggi unggun yang di rancang (L)} = 0,30 \text{ m}$$

$$A = 1,26 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$Q = 13 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 10,8 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

$\mu$  kinematik 25°C =  $0,89 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  (Lampiran Geankoplis)

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{150 \cdot v \cdot \mu \cdot (1 - Po^2)}{g \cdot \varphi \cdot d^2 \cdot Po^2}$$

$$\%R = \frac{(0,012 - 0)}{0,012} \times 100\%$$

$$\%R = 100$$

$$\frac{\Delta P}{0,30 \text{ m}}$$

$$= \frac{150 \cdot 10,8 \times 10^{-2} \text{ m/s} \cdot 0,89 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot (1 - (0,405)^2)}{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,75 \cdot (0,8 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2 \cdot (0,405)^2}$$

$$\Delta P = \frac{2,79 \cdot 10^{-6}}{7,72 \cdot 10^{-7}} \times 0,30 \text{ m}$$

$$\Delta P = 1,20 \text{ m}$$

### Perhitungan Efisiensi

#### 1. Menghitung efisiensi Fe

$$\%R = \frac{(Co - Ct)}{Co} \times 100\%$$

Ket

Co = konsentrasi awal

Ct = konsentrasi Akhir

Diketahui: Co=0,6649

Ct=0,2451

Ditanya: %R.?

$$\%R = \frac{(0,6649 - 0,2451)}{0,6649} \times 100\%$$

$$\%R = 63,137$$

#### 1. Menghitung efisiensi Mn

$$\%R = \frac{(Co - Ct)}{Co} \times 100\%$$

Ket

Co = konsentrasi awal

Ct = konsentrasi Akhir

Diketahui: Co=0,012

Ct=0

Ditanya: %R.?