

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Hasil Penelitian

4.1.1 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. 4.1.1. Kadar Fe dan Mn Pada Air Baku yang digunakan Pada Saringan Pasir Aktif

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa
1	Fe Total	mg/l	2,865
2	Mn	mg/l	0,084

(Sumber : Data Primer 2005)

Tabel. 4.1.2. Kadar Fe dan Mn Pada Air Baku yang digunakan pada Saringan Pasir

Kontrol

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa
1	Fe Total	mg/l	1,1628
2	Mn	mg/l	0,068

(Sumber : Data Primer 2005)

Dari data - data yang tersaji diatas, 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.

Perlu diketahui bahwa data primer yang dijadikan acuan untuk Saringan Pasir Aktif dan Saringan Pasir Kontrol adalah berbeda. Maka perbandingan yang dibuat antara kedua saringan pasir tersebut tidak menggambarkan kondisi sebenarnya yang ingin dicapai dalam penelitian ini. Saringan Pasir Kontrol (SPK) yang dijadikan

- Kecepatan melalui pori saringan

$$V = \frac{Va}{e}$$

- Kecepatan melalui pori saringan (Va)

$$= \frac{Q}{A} = \frac{1666.46 \text{ cm/jam}}{83.323 \text{ cm}^2} = 20 \text{ cm/jam} = 0,2 \text{ m/jam}$$

maka :
$$V = \frac{Va}{e} = \frac{0,2 \text{ m/jam}}{0,45} = 0,44 \text{ m/jam}$$

Jika tinggi media 100 cm, maka waktu yang diperlukan air untuk melewati

$$\text{media pasir} : = 100 \text{ cm} / 44,4 \text{ cm/jam}$$

$$= 2,27 \text{ jam}$$

- Jumlah pasir yang dibutuhkan

$$= \frac{\text{Luas kolom}}{\text{Berat jenis pasir}} \times \text{tinggi kolom}$$

$$= \frac{83.323 \text{ cm}^2}{2.62 \text{ cm}^3 / \text{gr}} \times 100 \text{ cm} = 3180,267 \text{ gr}$$

Reaktor sendiri terbuat dari pipa PVC diameter 4 inci dengan panjang 120 cm (sudah termasuk *underdrain* dan *freeboard*) sejumlah dua (2) buah reaktor yang terdiri dari reaktor Saringan Pasir Aktif (SPA) dan Saringan Pasir Kontrol (SPK).

4.1.2.2 Pembuatan Pasir Aktif

Pasir aktif adalah pasir kuarsa (silika) yang diaktifkan dengan cara direndam didalam larutan KMnO_4 . Lamanya perendaman pasir dengan larutan KMnO_4 disini

adalah selama 24 jam dengan tujuan agar penempelan lapisan MnO_2 pada permukaan pasir berlangsung secara sempurna. Perendaman dimaksudkan untuk melapisi permukaan pasir agar tertutup oleh $KMnO_4$ yang nantinya bersifat sebagai oksidator. Untuk mengoksidasi besi dan mangan yang terlarut dalam air baku, sehingga besi dan mangan akan berubah dari terlarut menjadi tersuspensi.

Pemilihan pasir kuarsa (silika) didasarkan pada kekuatan butiran dan daya serap pasir terhadap zat – zat tersuspensi dan kandungan bahan organik yang terkandung didalam air baku (Fajar Hadi, 1978). Pasir yang digunakan sebagai media Saringan Pasir Aktif dan Saringan Pasir Kontrol disini mengacu pada kriteria perencanaan Saringan Pasir Lambat (*Slow Sand Filtration*). Data – data mengenai pasir yang dipakai adalah sebagai berikut :

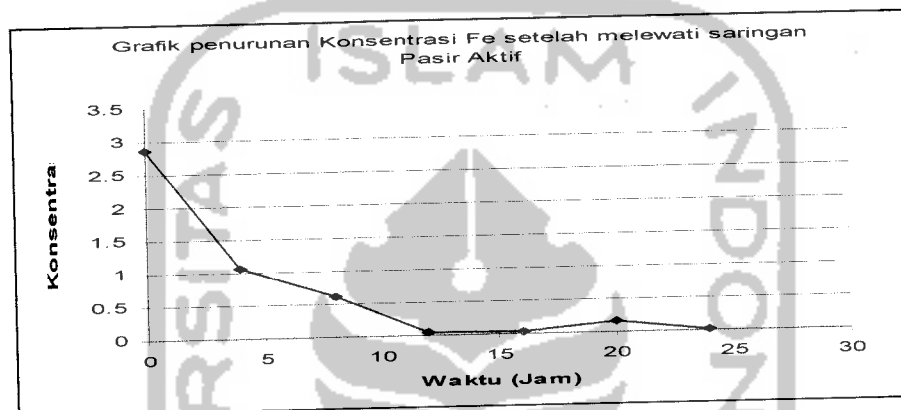
1. Jenis pasir yaitu pasir kuarsa (silika)
2. Diameter butiran, 0,15 – 0,35 mm
3. Berat jenis pasir, 2.62
4. Faktor bentuk, 0,73 untuk pasir dengan bentuk bersudut/runcing
(Tebbut, 1990)

Diameter pasir yang diinginkan didapatkan melalui analisis ayakan (*sieve analyze*) dengan menggunakan saringan 16 – 20 mesh. Sedangkan penentuan berat jenis pasir menggunakan alat piknometer. Hasil pengukuran dapat dilihat pada lampiran.

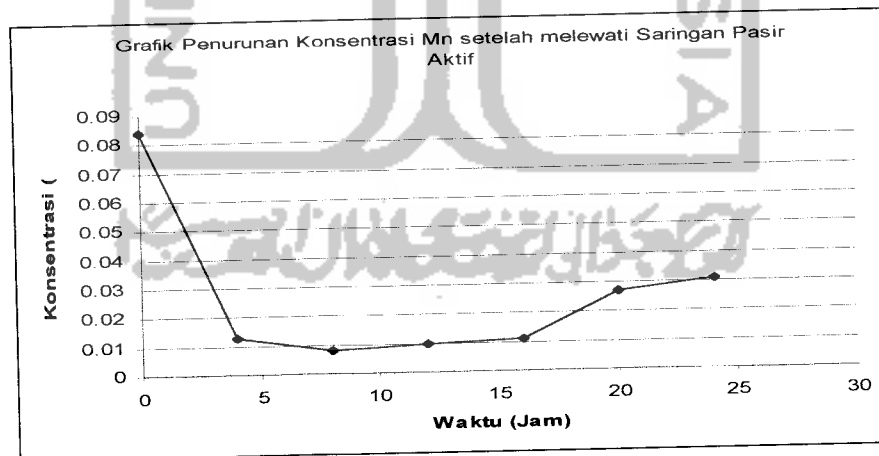


4.2 Hasil Analisa Penurunan Fe Total dan Mn pada Saringan Pasir Aktif (SPA)

Setelah dilakukan pengoperasian SPA selama 24 jam dengan aliran kontinyu dan kemudian dilanjutkan dengan analisa laboratorium, didapat data – data seperti yang terlihat pada gambar grafik berikut :



Gambar. 4.2.1 Grafik Penurunan Konsentrasi Fe Total setelah melewati Saringan Pasir Aktif

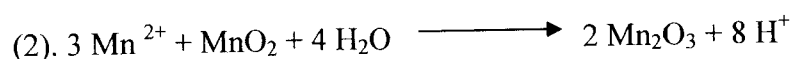
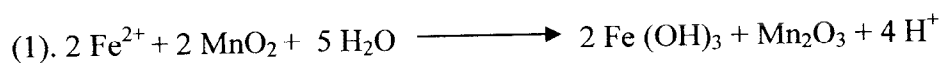


Gambar. 4.2.2 Grafik Penurunan Konsentrasi Mn setelah melewati Saringan Pasir Aktif

Hasil analisa yang tersaji pada grafik diatas menunjukkan bahwa dalam empat jam pertama, efisiensi penurunan konsentrasi Fe total sebesar 62,547 % sedangkan konsentrasi dari Mn sebesar 84,523 %. Setelah itu terjadi lagi peningkatan konsentrasi pada jam – jam berikutnya. Efisiensi penurunan yang terbesar terjadi antara jam ke - 12 sampai jam ke - 16 yakni sebesar 98,359 % - 99, 092 % untuk Fe total dan 88,095 % - 90,476 % untuk Mn. Kemudian kembali mengalami penurunan setelah itu sampai jam ke- 24 .

Setelah jam ke – 16 tersebut, grafik menunjukkan penurunan dalam meremoval kandungan Fe dan Mn. Hal ini mengindikasikan bahwa media pasir yang terdapat dalam reaktor telah berada dalam kondisi jenuh sehingga perlu dicuci dan diaktifkan kembali dengan kalium permanganat (KMnO_4). Dengan demikian, penentuan waktu jenuh dari SPA tersebut dapat perkiraan.

Penurunan kadar Fe total dan Mn dengan proses pasir aktif ini dipengaruhi oleh ketebalan dari lapisan MnO_2 yang melekat pada permukaan pasir kuarsa dan lamanya pemakaian SPA itu sendiri. Lapisan MnO_2 yang melekat pada pasir kuarsa ini berfungsi sebagai oksidator yang akan menyebabkan Fe^{2+} dan Mn^{2+} yang terlarut dalam air baku mengalami reaksi oksidasi. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut



Reaksi (1) dan (2) diatas memperlihatkan bahwa Fe^{2+} dan Mn^{2+} mengalami reaksi oksidasi, sehingga berubah dari Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} dalam senyawanya $\text{Fe}(\text{OH})_3$ sedangkan Mn menjadi Mn^{3+} . Kalium permanganat dalam air akan mengalami

ionisasi kation K^+ dan anion MnO_4^- . Dalam ion permanganat bilangan oksidasi Mn adalah +7 sehingga Mn dapat bertindak sebagai oksidator kuat. MnO_4^- dengan bilangan oksidasi +7 akan mengoksidasi besi dengan bilangan oksidasi +2 menjadi +3.

Terjadinya perubahan bilangan oksidasi dari +2 menjadi +3 yang berada dalam bentuk tersuspensi ini selanjutnya yang akan tersaring oleh media porous saringan (AWWA,1991), yakni pasir kuarsa.

Dari reaksi diatas juga dapat ditarik penjelasan 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 MnO_2 yang melekat pada permukaan pasir akan mengubah besi (Fe) dan mangan (Mn) tersebut menjadi *suspended solid* sehingga dapat diendapkan dan juga dihilangkan dengan pengeringan. 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)

Secara teoritis, 0,94 mg/l $KMnO_4$ akan mengoksidasi 1mg/l besi dan 1,92 mg/l $KMnO_4$ akan mengoksidasi 1mg/l mangan (Benafield). Tetapi dalam prakteknya, jumlah $KMnO_4$ yang dibutuhkan lebih kecil dibandingkan dengan perhitungan secara stoikometri. Hal ini dikarenakan oleh pengaruh katalis dari MnO_2 dalam reaksi reaksinya (O'Connel,1978).

Kebutuhan $KMnO_4$ adalah sama dengan total jumlah kebutuhan $KMnO_4$ untuk mengoksidasi besi yang terdapat dalam air baku. Lamanya proses oksidasi

yang terjadi adalah 5 sampai 10 menit dengan pH lebih dari 7 (Kawamura,1991). Perhitungan kebutuhan KMnO_4 disini didasarkan pada besarnya konsentrasi besi (Fe) dalam air baku yang akan diolah (Erik J. Pedersen, 2000). Kebutuhan KMnO_4 dapat dihitung dengan mengikuti formula sebagai berikut :

$$\text{Kebutuhan KMnO}_4 = (1 \times \text{mg/L Fe}) + (2 \times \text{mg/L Mn})$$

Dalam hal ini penggunaan dosis KMnO_4 sebesar 10 % (10 gr KMnO_4 dalam 100 ml air) untuk mengaktifkan pasir kuarsa, telah mampu mengoksidasi besi yang terdapat dalam air baku yakni sebesar 2,86 mg/l. Hasil perhitungan mengenai kebutuhan KMnO_4 dalam mengoksidasi besi ini dapat dilihat pada lampiran 3.

Dari data hasil analisa laboratorium yang ditunjukkan pada dan grafik diatas juga terlihat bahwa lamanya waktu penyaringan berpengaruh terhadap penurunan Fe yang terdapat dalam air baku. Semakin lama penyaringan berlangsung, akan menyebabkan turunnya kemampuan oksidasi dari lapisan MnO_2 .

Dapat ditarik kesimpulan, bahwa Saringan Pasir Aktif mencapai titik jenuh setelah melewati 16 jam masa operasi. Sehingga perlu dilakukan pencucian dan pengaktifan kembali dengan larutan kalium permanganat (KMnO_4).

4.3. Hasil Analisa Penurunan Fe Total dan Mn pada Saringan Pasir Kontrol (SPK)

Saringan pasir kontrol (SPK) disini bertujuan untuk melihat apakah terdapat perbedaan kemampuan dengan Saringan Pasir Aktif (SPA) dalam meremoval kandungan Fe dan Mn yang terdapat dalam air baku. SPK hanya berisi media pasir

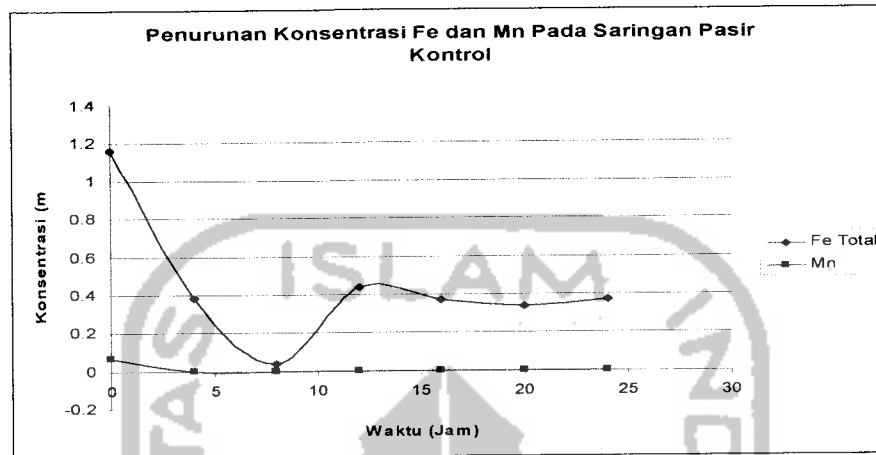
kuarsa (silika) yang tidak dilapisi dengan KMnO_4 . Pada dasarnya dalam SPK proses yang terjadi adalah sama dengan saringan pasir biasa, yaitu *mechanical straining*, sedimentasi, adsorpsi, dsb (M Anis Al-Layla). Namun karena tidak menggunakan tambahan bahan kimia (KMnO_4) maka proses oksidasi terhadap kandungan Fe dan Mn tidak berlangsung secara optimal.

Pada unit SPK, penurunan kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) terlarut yang terdapat dalam air baku lebih disebabkan oleh adanya kontak antara air dengan udara (aerasi) dan adsorpsi. Udara (O_2) berfungsi sebagai oksidator yang akan menarik elektron dari besi dan mangan terlarut sehingga menjadi bentuk tersuspensi. Partikel berbentuk koloidal ini yang kemudian tersaring oleh media porous.

Berdasarkan dari hasil analisa laboratorium yang ditunjukkan pada grafik dibawah ini, terlihat bahwa saringan pasir kontrol hanya efektif menurunkan Fe pada empat jam pertama dan empat jam kedua saja yaitu sebesar 90,476 %. Kemudian setelah itu konstan pada jam- jam berikutnya yakni pada kisaran 60 – 70 %.

Hal yang sama juga terjadi untuk mangan (Mn). Pada empat jam pertama efisiensi yang terjadi hanya 30.96 % dan meningkat pada empat jam berikutnya sebesar 61.76 %. Kemudian menurun sampai mencapai 20,84 % pada akhir operasi saringan.

Setelah melewati delapan jam masa operasi, Saringan Pasir Kontrol (SPK) telah mencapai kondisi jenuh (lihat grafik). Dengan demikian, harus dilakukan pencucian/penggantian media pasir. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut :



Gambar 4.4.2. Grafik Penurunan Konsentrasi Fe Total dan Mn Pada Saringan Pasir Kontrol (SPK)

4.4. Perbandingan Efektifitas Saringan Pasir Aktif (SPA) dengan Saringan Pasir Kontrol (SPK)

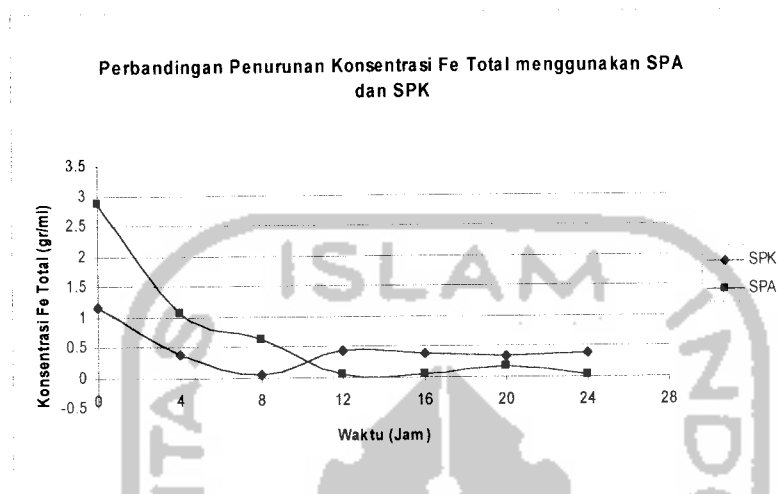
Pada prinsipnya fenomena yang terjadi selama berlangsungnya proses penyaringan adalah sama pada kedua jenis saringan pasir ini (Razif,1985). Dimana proses tersebut meliputi :

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.
5. Aktivitas biologis yang disebabkan oleh mikroorganismenya yang hidup dalam filter.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, bahwa Saringan Pasir Aktif lebih efektif dalam mereduksi kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) karena adanya kandungan kalium permanganat (KMnO_4) pada media pasir. Terlihat dari efisiensi SPA yang mencapai 60 – 99 % sedangkan SPK hanya mencapai 30 – 70 %. Kalium permanganat (KMnO_4) merupakan salah satu oksidator kuat yang digunakan untuk mengoptimalkan kerja dari saringan pasir dalam mengoksidasi besi dan mangan yang terlarut menjadi bentuk tersuspensi (koloid). Endapan dari besi dan mangan inilah

yang kemudian tertahan pada media pasir sehingga nantinya air hasil olahan yang keluar akan terlihat jernih.



Gambar 4.4. Grafik Perbandingan Penurunan Konsentrasi Fe Total menggunakan SPA dan SPK

4.5. Hasil Analisa *Headloss* yang terjadi pada Saringan Pasir

Kehilangan tekanan (*headloss*) yang terjadi pada proses penyaringan diakibatkan oleh akumulasi benda – benda tersaring dan tertahan sampai beberapa cm kedalam pasir (Tjokrokusumo,1995). *Headloss* dalam proses filtrasi merupakan fungsi yang kompleks dari kecepatan aliran, tekanan, konsentrasi *suspended solid* dari influen dan karakteristik dari *suspended solid* dan media filter. Dan pada prosesnya berubah – ubah menurut waktu dan posisinya didalam media (Ronald L.Droste).

Kehilangan tekanan (*headloss*) ini dapat dihitung berdasarkan pembagian titik – titik pada kedalaman tertentu pada saringan pasir. Idealnya kehilangan tekanan

dihitung dengan percobaan menggunakan alat yang disebut dengan peizometer.

Namun karena keterbatasan alat, percobaan dilakukan dengan memakai pendekatan peizometer. Pendekatan peizometer disini dilakukan dengan cara membagi titik-titik pada kedalaman 10, 20, 30, 40, 50, 70, dan 90 cm pada kolom saringan pasir dan dipasang selang sesuai dengan titik-titik pada kedalaman tersebut. Selanjutnya dilakukan pembacaan terhadap tinggi muka air yang terlihat pada selang dalam rentang waktu 16 jam.

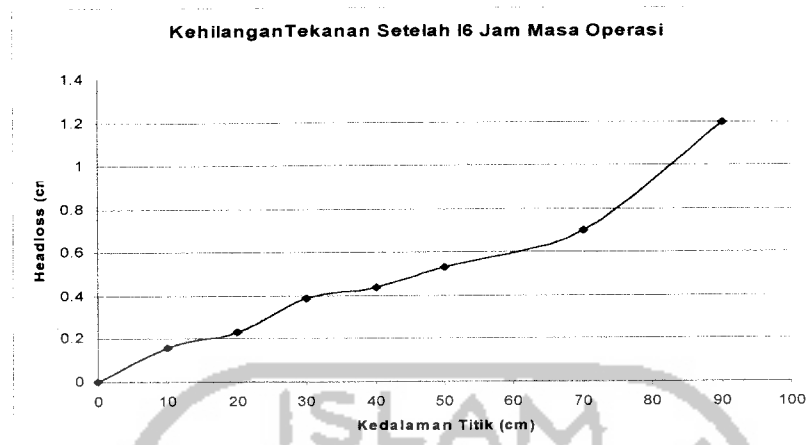
Selain itu juga, dilakukan perbandingan terhadap nilai kehilangan tekanan yang terjadi ketika proses filtrasi berlangsung dengan menggunakan pendekatan secara teoritis (matematis). Persamaan yang dipakai adalah Carman-Kozeny (16). Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$hL = f \frac{L}{\phi d} \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \right) \frac{Va^2}{g} \dots\dots\dots (16)$$

Untuk perhitungan secara teoritis, selain persamaan Carman-Kozeny, juga dapat digunakan persamaan Rose. Persamaannya sebagai berikut :

$$hL = 1,067 \frac{L Va^2}{\psi \cdot \xi^4 \cdot g} \sum \frac{Cd^x}{d} \dots\dots\dots (17)$$

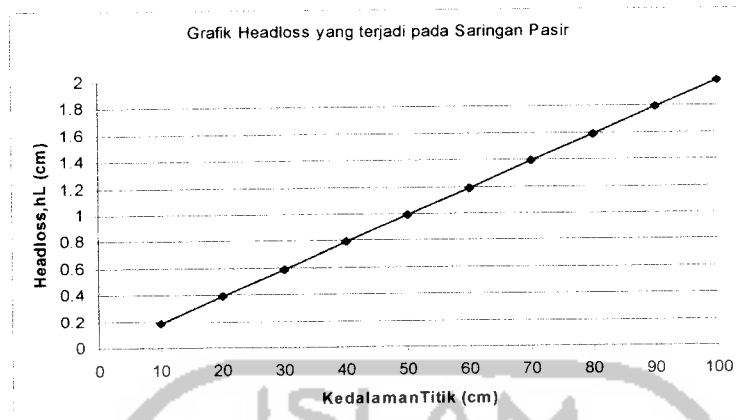
Hasil pembacaan nilai kehilangan tekanan (h_L) yang terjadi pada saringan pasir dengan menggunakan pendekatan peizometer adalah sebagai berikut:



Gambar.4.5. Nilai *Headloss*, Hasil Perhitungan Secara Peizometri

Gambar 4.5 diatas menunjukkan kehilangan tekanan, h_L , yang terjadi pada saringan pasir yang digunakan, pada masing – masing kedalaman (10, 20, 30, 40, 50, 70 dan 90 cm) membentuk kurva yang tidak beraturan antara sumbu x dan y. Hal ini disebabkan karena kondisi alat yang tidak tranparan sehingga sulit untuk mengatur level muka air agar stabil pada level yang telah direncanakan. Kondisi ini nantinya akan berpengaruh pada pembacaan level muka air.

Level muka air merupakan indikator utama dalam menentukan kehilangan tekanan yang terjadi dalam kolom saringan. Biasanya, *headloss* ditandai dengan naiknya level muka air dan berkurangnya kecepatan penyaringan. Sedangkan hasil perhitungan nilai kehilanagn tekanan secara matematis dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4.6. Nilai *Headloss*, Hasil Perhitungan Secara Matematis

Gambar 4.6 diatas menunjukkan terdapat sedikit perbedaan nilai *headloss* dengan percobaan menggunakan pendekatan peizometer. Perhitungan secara matematis menghasilkan nilai-nilai relatif lebih beraturan. Terlihat dari grafik yang membentuk garis lurus (linier) antara sumbu x dan sumbu y. Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran 3 dan 4.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa kehilangan tekanan yang terjadi pada saringan pasir berbanding lurus terhadap ketebalan dari media pasir dan lama waktu penyaringan. Semakin tinggi/tebal media pasir dari suatu filter, kehilangan tekanan yang terjadi pun akan semakin besar. Selain itu juga semakin lama penyaringan berlangsung, kehilangan tekanan pun akan semakin besar.