



TUGAS AKHIR - RE 0913424

**PENGGUNAAN UNIT *SLOW SAND FILTER*, OZON
GENERATOR, DAN *RAPID SAND FILTER* SKALA
RUMAH TANGGA UNTUK MENINGKATKAN
KUALITAS AIR SUMUR DANGKAL MENJADI AIR
LAYAK MINUM (PARAMETER BESI, MANGAN, DAN
KEKERUHAN)**

JAMI'AH

NRP. 3310100059

Dosen Pembimbing :

Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc., Ph.D

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2014



FINAL PROJECT - RE 0913424

THE USE OF UNITS *SLOW SAND FILTER*, *OZONE GENERATOR* AND *RAPID SAND FILTER* HOUSE HOLD SCALE TO IMPROVE QUALITY OF WATER SHALLOW WELL WORTH DRINKING WATER (TURBIDITY, Fe, AND Mn PARAMETERS)

JAMI'AH

NRP. 3310100059

Supervisor :

Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc., Ph.D

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Faculty of Civil Engineering and Planning

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2014

Penggunaan Unit *Slow Sand Filter*, Ozon Generator dan *Rapid Sand Filter* Skala Rumah Tangga untuk Meningkatkan Kualitas Air Sumur Dangkal menjadi Air Layak Minum dengan Parameter Kekeruhan, Fe, dan Mn

Nama : Jami'ah

NRP : 3310 100 059

Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc., Ph.D.

Abstrak

Air tanah dapat diambil masyarakat untuk keperluan sehari-hari. Air tanah terkadang belum memenuhi standar kualitas air minum karena adanya kadar besi, mangan dan kekeruhan yang tinggi. Dari permasalahan tersebut diperlukan adanya teknologi pengolahan yang efektif dan efisien bagi masyarakat. *Slow sand filter*, proses ozonisasi dan *rapid sand filter* dapat menjadi alternatif pengolahan air sumur dangkal tercemar menjadi air layak minum.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisa kemampuan unit *slow sand filter*, ozon generator dan *rapid sand filter* dalam menyisihkan besi, mangan, dan kekeruhan yang terkandung dalam air minum.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi removal pada unit *slow sand filter* untuk beban besi, mangan dan kekeruhan adalah (84,13%; 48,42%; 89,21%), pada proses ozonisasi (75,4%; 47,4%; 35,83%), dan pada unit *rapid sand filter* (79,63%; 72,2%; 64,94%).

Kata kunci : *Slow Sand Filter*, Ozon Generator, *Rapid Sand Filter*, Kekeruhan, Fe dan Mn.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

The Use of Units *Slow Sand Filter*, *Ozone Generator* and *Rapid Sand Filter* Household Scale To Improve Quality of Water Shallow Well Being Worth Drinking Water with Turbidity, Fe, and Mn Parameters

Name : Jami'ah

ID Number : 3310100059

Supervisor : Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc., Ph.D.

Abstract

Water wells can be used by people for daily activities. Often, wells water have low quality of drinking water because high iron, manganese, and turbidity substances. From this case, needs effective and efficient processing technology for the people. Slow sand filters, ozonation process, and rapid sand filters can be alternative processing of well water contaminated be a consumption water.

The purpose of this study was to analyze the effectiveness of slow sand filters, ozone generators and rapid sand filters to removal irons, manganese and turbidity substances in water wells.

The results showed that the removal efficiency of slow sand filter units for the load of iron, manganese substance and turbidity was (84,13%; 48,42%; 89,21%), in ozonation process (75,4%; 47,4%; 35,83%), and at the rapid sand filter units ((79,63%; 72,2%; 64,94%).

Keywords: Slow Sand filter, Generator Ozone, Rapid Sand Filter, Irons, Manganese and Turbidity

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Slow Sand Filter

Secara umum, penggunaan bahan kimia dalam proses pengolahan air cukup mempengaruhi dalam pertumbuhan mikroorganisme. Unit *slow sand filter* termasuk jenis pengolahan air tanpa menggunakan bahan kimia, unit ini dapat menurunkan kualitas bakteri terutama bakteri *E.coli* didalam air (Pacini *et al.*, 2005). *Slow sand filter* merupakan instalasi pengolahan air yang mudah, murah, dan efisien. *Slow sand filter* mempunyai nilai efisiensi yang cukup tinggi untuk menyisihkan kekeruhan, rasa, dan bau pada air baku, bahkan mampu menghilangkan bakteri dengan sangat baik (Rahmayanti, 2012). Menurut Pacini *et al.* (2005) penggunaan bahan kimia dalam proses pengolahan air memiliki dampak negatif terhadap lingkungan sekitar misalnya saja pada tumbuhan, hewan, air tanah dan air permukaan.

Pada permukaan pasir terdapat lumpur tipis yang menutupi permukaan pasir dan terdapat banyak zat organik yang dikenal sebagai *schmutzdecke* atau filter *skin* yang akan dilewati air sebelum melewati media. Lapisan *schmutzdecke* ini yang akan menurunkan zat-zat pencemar yang terkandung di dalam air baku (Rahmayanti, 2012). Lapisan *Schmutzdecke* berperan penting pada unit *slow sand filter* dan lapisan ini berwarna coklat kemerah-merahan sedikit berlendir yang terdiri dari pengurai zat organik, besi, dan mangan. Pada proses pembentukan *schmutzdecke* yang matang memerlukan waktu 2-3 minggu, hal ini dipengaruhi oleh suhu dan kandungan biologis (bakteri dan bahan organik) pada air baku. Pada lapisan *schmutzdecke* ini terdapat biomassa. Fungsi utama biomassa pada *slow sand filter* adalah untuk menghilangkan mikroorganisme patogen

dan virus, serta untuk mendegradasi zat organik (Rahmayanti, 2012). Efektivitas *schmutzdecke* ini tergantung pada makanan yang tersedia pada proses pengolahan yang berupa bahan organik pada air baku, kandungan oksigen serta suhu air yang cukup.

2.1.1 Mekanisme Proses Filtrasi pada Unit Slow Sand Filter

Slow sand filter merupakan salah satu metode pengolahan air yang digunakan sudah cukup lama. Keefektifan pengolahan air dengan menggunakan unit *slow sand filter* ini didukung dengan adanya proses biologi akibat adanya populasi bakteri di dalam saringan pasir ini. Bakteri-bakteri yang terdapat pada lapisan *schmutzdecke* yang berada di atas media pasir dalam *slow sand filter* sangat berpotensi dalam pengurangan konsentrasi zat organik melalui mekanisme bioadsorpsi (Eighthy *et al.*, 1992). Pengolahan dengan *slow sand filter* pada umumnya tidak menggunakan bahan kimia sebagai pengolahan pendahuluan, sehingga air baku yang digunakan harus dalam kondisi yang sudah baik. Menurut Astari dan Rafiq (2008) ada beberapa rekomendasi untuk air baku yang akan diolah dengan *slow sand filter* tanpa menggunakan pengolahan pendahuluan, kriteria air bakunya yaitu sebagai berikut:

1. Kekeruhan rendah, kurang dari 50 NTU
2. Air baku tidak mengandung *algae* dan konsentrasi klorofil maksimum 0,05 µg/L
3. Air baku tidak mengandung logam berat
4. Air baku tidak mengandung pestisida kecuali digunakan media slow sand filter karbon aktif

Menurut Huisman dan Wood, (1974) dalam Dini, (2013) beberapa proses yang akan terjadi dalam pengolahan air menggunakan unit *slow sand filter* yaitu sebagai berikut :

1. Penyaringan, proses dimana terjadinya penangkapan partikel yang terkandung dalam air baku yang akhirnya akan menempel pada media filter.
2. Sedimentasi, proses pengendapan ini akan terjadi ketika partikel zat padat yang tersuspensi melewati media filter.
3. Inertial and centrifugal forces, ini merupakan proses dimana partikel-partikel khusus yang dapat lolos dari media filter dan keluar dari unit pengolahan.
4. Mass Attraction, proses ini merupakan proses transport massa dan mekanisme pelekatan dari mikroorganisme.

2.1.2 Kriteria Desain Unit Slow Sand Filter

Kriteria desain unit *slow sand filter* dari beberapa penelitian yang ada memiliki hasil yang berbeda-beda. Menurut Darsono dan Teguh (2002) beberapa kriteria desain unit *slow sand filter* yaitu sebagai berikut :

- a. Kecepatan filtrasi 0,1 meter/jam – 0,4 meter/jam
- b. Tinggi permukaan air yang diukur dari media pasir 1 meter – 1,5 meter tujuannya untuk menciptakan head penyaringan yang cukup
- c. Diameter efektif untuk media pasir antara 0,15 mm – 0,36 mm
- d. Kerikil penyaring dipilih dengan bahan batu kerikil yang mampu menghalangi masuknya pasir ke dalam rongga penampungan air

Menurut Huisman dan Wood, (1974) dalam Dini, (2013), unit *slow sand filter* menggunakan media pasir berdiameter antara 0,15-0,35 mm, kedalaman filter antara 0,3-1,5 m tujuannya untuk menjaga kualitas air olahan dan menghindari terjadinya headloss yang berlebih. Kecepatan filtrasi unit *slow sand filter* berkisar antara 0,1 m/jam – 0,4 m/jam. Kedalaman air diatas pasir atau yang sering disebut sebagai supernatant berkisar antara 1,0 m -1,5 m tujuannya supaya tersedia cukup tekanan untuk

mengatasi kehilangan tekanan akibat filtrasi dan untuk mencegah terjadinya penangkapan udara kedalam lapisan pasir. Kedalaman media pasir pada unit *slow sand filter* berkisar antara 1,0 m – 1,4 m (Hendricks *et al.*, 2006).

2.2 Ozon

Ozon berasal dari kata Yunani yaitu “ozein” yang berarti berbau. Ozon sangat beracun, lebih beracun dari sianida (KCN atau NaCN), striknina, dan karbon monoksida. Molekul ozon merupakan bagian terkecil dari atmosfer bumi (hanya 0,03 % dari seluruh total volume atmosfer) (Slamet, 2005). Dengan adanya lapisan ozon, sinar ultraviolet yang masuk ke bumi menjadi berkurang jumlah dan intensitasnya, karena sinar ultraviolet dalam jumlah yang melebihi sangat membahayakan kehidupan makhluk hidup di bumi. Ozon dapat menyerap radiasi sinar matahari pada panjang gelombang antara 240-340 nm (Chapman, S., 1930). Dosis ozon merupakan takaran atau jumlah dari ozon yang dapat mempengaruhi suatu organisme secara biologis. Semakin besar jumlahnya, semakin besar pula dosisnya.

2.2.1 Sifat Ozon

Ozon merupakan oksidator kuat yang berbau tajam dan merupakan bentuk tidak stabil dari oksigen yang terdiri dari tiga atom O (rumus kimia ozon adalah O_3). Ozon bersifat radikal (mudah bereaksi dengan senyawa disekitarnya) dan memiliki oksidasi potensial 2,07 V. Dari sifatnya ini memasuki tahun 1990-an pemanfaatan ozon berkembang sangat pesat, antara lain untuk pengolahan air minum dan air limbah, sterilisasi makanan mentah serta untuk sterilisasi peralatan.

Ozon sebelum atau setelah bereaksi dengan unsure lain akan selalu menghasilkan oksigen (O_2) sehingga teknologi ozon sangat ramah lingkungan atau sering dikatakan ozon merupakan kimia

hijau masa depan (Patel et al, (2001) dalam Purwadi dkk., (2006)). Ozon dengan kemampuan oksidasinya dapat digunakan sebagai oksidator kuat untuk mendegradasi fenol. Selain itu ozon sebagai oksidator yang paling kuat setelah radikal hidroksida (OH*), dapat digunakan untuk mengoksidasi logam-logam berat (terlarut dalam air), mendegradasi senyawa-senyawa organik (termasuk juga senyawa organo-klorida dan aromatik), menghilangkan warna dan bau, ataupun rasa (Bismo. S, dkk, 2008).

Dalam perindustrian, ozon digunakan untuk:

- Membasmi kuman sebelum dibotolkan (antiseptic)
- Menghapus pencemar dalam air (besi, arsen, hydrogen sulfide, nitrit, dan bahan organik kompleks yang dikenal sebagai warna)
- Membantu proses flokulasi (proses penggabungan molekul untuk membantu penapisan menghilangkan besi dan arsenic)
- Mencuci dan memutihkan kain
- Pengawet bahan makanan
- Proses pretreatment biomassa (proses pengrusakan lignin/delignifikasi).

2.2.2 Ozon Generator

Pembuatan ozon melalui proses tumbukan dengan melewati oksigen pada daerah yang dikenal tegangan tinggi dapat dilakukan dalam sebuah ozon generator. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk generator ini yaitu metode lucutan plasma. Metode ini dimaksudkan untuk mendapatkan gas ozon berkonsentrasi rendah antara 0,01 ppm sampai dengan 4,00 ppm yang dapat diaplikasikan dalam bidang kesehatan dan lingkungan, bidang industry dan pertanian (Purwadi A, dkk., 2006).

Molekul ozon yang terbentuk dari ozon generator relative tidak stabil karena disamping keberadaan tiga atom oksigen menjadi satu molekul ozon yang berjejal, juga karena adanya hampuran muatan elektronik dari masing-masing antar atom oksigen pada molekul ozon tersebut. Umur paroh ozon sekitar 20 menit di dalam air dan udara 16 jam (Air Treatment with Ozone, 2000) dalam Purwadi A, dkk., 2006).

2.2.3 Proses Pembentukan Ozon

Ozon pada udara bebas dapat terbentuk ketika atom oksigen berikatan dengan molekul-molekul oksigen lain menurut reaksi berikut :

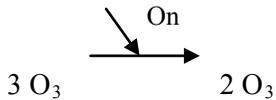


Dari persamaan reaksi diatas M merupakan partikel ke tiga yang harus ada seperti N_2 , H_2 atau molekul lain yang ada pada atmosfer. Partikel tersebut berfungsi untuk menyerap energi yang dibebaskan pada saat terjadinya reaksi di atas, apabila hal itu tidak terjadi maka O_3 yang terbentuk akan segera terurai menjadi O_2 dengan cepat.

Ditinjau dari segi teknik, ozon dapat dibuat dengan cara melewatkan oksigen atau udara bebas ke dalam ruangan sempit diantara **dua elektrode** yang mempunyai beda tegangan yang sangat tinggi (biasanya dalam orde 5-20 kV) yang dikenal sebagai tabung reaktor lucutan senyap (silent discharge). Lucutan senyap ini merupakan plasma tak seimbang yang artinya elektron-elektron yang ada di dalam plasma mempunyai tenaga/temperatur yang jauh lebih tinggi daripada partikel-partikel beratnya (gas netral).

Apabila tegangan satu arah dengan frekuensi menengah (1 KHz) diberikan pada celah lucutan diantara dua elektrode yang

berisi oksigen maka dapat dihasilkan ozon. Ozon yang dihasilkan dari masukan gas oksigen mempunyai sifat tidak stabil menurut persamaan reaksi



Untuk menjamin perubahan oksigen menjadi ozon optimum maka lucutan bara homogen biru violet dipertahankan, lucutan bara dibuat dengan memasukkan material dielektrik antara kedua elektrode yang menyebabkan lucutan menyebar homogen dan mencegah runtuh ke arah lucutan busur.

Pembuatan ozon menggunakan masukan gas oksigen lebih menguntungkan daripada menggunakan udara, karena pada kondisi operasi yang sama kuantitas ozon naik 2 – 3 kali, sedangkan kalau menggunakan udara maka air dalam udara harus dihilangkan terlebih dahulu karena konsentrasi uap air yang tinggi tidak hanya mempengaruhi produksi ozon, tetapi oksida nitrogen juga dapat membentuk senyawa HNO_3 yang dapat mempercepat dekomposisi ozon dan dapat menyebabkan korosi pada logam sehingga resiko kerusakan dielektrik bertambah.

2.3 Rapid Sand Filter

Pada *rapid sand filter* dengan downflow tipe normal, dapat menghasilkan air bersih sejumlah 1,3 – 2,7 L/m³/det. Diameter pasir yang dipakai adalah 0,4 mm – 0,8 mm dengan ketebalan 0,4 m – 0,7 m (Sugiharto,1987).

Penyisihan partikulat pada slow sand filter dikonsentrasikan di lapisan atas filter, sementara rapid didesain dengan mengoptimalkan seluruh kedalaman lapisan filter untuk penyisihan partikulat sehingga bisa digunakan untuk mengolah air baku dengan tingkat kekeruhan yang lebih tinggi.

Pada pengolahan filtrasi ini polutan akan tertahan di permukaan media dan lama kelamaan akan menyumbat rongga rongga antar media. Akibat yang dapat ditimbulkan karena hal tersebut adalah meningkatnya headloss di atas permukaan filter. Hal tersebut dapat menyebabkan penurunan kinerja filter, untuk itu dalam pengoperasiannya filter harus dicuci/dibersihkan.

Pencucian filter dilakukan dengan cara *backwash* secara umum dilakukan dengan aliran balik ke atas (*upflow*). Air untuk backwash diinjeksikan dari dasar pipa melalui pipa underdrain. Partikel-partikel yang menyumbat media filter akan terbawa bersama air pencuci yang selanjutnya akan masuk ke saluran pembuangan.

Pada pengolahan air bersih, penggunaan rapid sand filter cukup sering dalam pengurangan konsentrasi Fe dan Mn pada air sumur. Media yang digunakan lebih kecil dari 2 mm dengan kecepatan yang cukup besar di atas $15 \cdot 10^{-3} \text{ m/det}$ (Huisman, 1974).

Rapid sand filter merupakan teknologi yang dikenal cukup luas, efektif untuk menyisihkan suspended solid dan luas area yang dibutuhkan relative kecil bila dibandingkan dengan *slow sand filter*. *Rapid sand filter* mempunyai kriteria desain yang dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Kriteria Desain Rapid Sand Filter

Parameter	Satuan
1. Kecepatan	4-6 m/jam*
	5-10 m/jam**
	4-20 m/jam***
2. Dimensi filter	5-200 m ² **
3. Kedalaman pasir	0,6 – 1,0 m**
4. Diameter/ukuran media pasir	0,3 – 0,6 mm*
	0,5 – 1,0 mm**

Lanjutan Tabel 2.1 Kriteria Desain *Rapid Sand Filter*

Parameter	Satuan
5. Uniformity coefficient (UC)	< 3 **
	< 1 *
6. Distribusi media	Terstratifikasi, dengan pembersihan backwash **
7. Batas headloss	Sampai kedalaman air dalam filter **
8. Headloss pada saat bersih	0,2 – 0,5 m*
9. Waktu pengoperasian	1 – 3 hari **

Keterangan *) Sumber : Layla, 1980
 **) Sumber : Casey, 1997
 ***) Sumber : Degremont, 1991

2.3.1 Hasil Pengolahan *Rapid Sand Filter*

Tujuan dari *rapid sand filter* adalah untuk meningkatkan kualitas air, mengubah secara cepat air sungai yang keruh menjadi air bersih dengan kandungan *suspended matter* kurang dari 0,5 g/m³ atau sesuai dengan standar kualitas air minum yang berlaku (Huisman, 1974). Kualitas air yang diinginkan dapat dengan mudah terpenuhi dengan menyaring air baku dalam laju rendah, melalui bed yang tebal dengan butiran media yang halus.

2.4 Media Filter

Langkah pertama yang dilakukan dalam mendesain filter adalah pemilihan media. Media filter yang ideal dengan diameter butiran, ketebalan dan specific gravity tertentu dapat memberikan kualitas hasil pengolahan yang lebih baik, waktu operasi yang lebih lama, rate filtration yang tinggi dengan headloss yang kecil dan media yang mudah dibersihkan. Ukuran dan ketebalan media sangat menentukan kualitas air yang di filter.

Untuk karakteristik media dapat ditinjau berdasarkan jenis media, ketebalan media, dan distribusi ukuran mediana. Media yang biasa digunakan adalah pasir silika (Sg 2,65 dan berbentuk bulat), antrasit (Sg 1,35 – 1,75 dan berbentuk angular)

dan kerikil (Sg 4 – 4,2). Media yang mempunyai densitas dan diameter besar, harus diletakkan di bawah untuk menghindari terjadinya penyumbatan filter lebih cepat dan saat dilakukan backwash (Casey, 1997).

Bentuk butiran berpengaruh pada besar kecilnya pori dan luas permukaan media yang terbentuk. Porositas media adalah perbandingan antara volume rongga media terhadap volume filter bed. Bentuk butiran dan porositas untuk beberapa media dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Bentuk Butiran Media Filter

Bentuk Butiran	Spherity (ψ)	Porositas (ϵ)
Spherical (bulat)	1,0	0,38
Rounded (bulat telur)	0,98	0,38
Worn	0,94	0,39
Bentuk Butiran	Spherity (ψ)	Porositas (ϵ)
Sharp (tajam)	0,81	0,40
Angular (tajam)	0,78	0,43
Crushed (kasar)	0,70	0,48

Sumber : Casey, 1997

2.4.1 Teknik Pengayakan Agregat Halus

Ayakan terhalus adalah dengan diameter 0,15 mm, berturut-turut disusun di atasnya ayakan yang berlubang 2 kali lipat. Atau jika diperlukan ayakan dengan diameter yang lain dapat juga disusun diantara ayakan-ayakan yang ada. Lain ayakan harus diberi bingkai agar biladisuusun satu diatas lainnya merupakan susunan ayakan yang rapat, sehingga tercecernya butir-butir agregat didalam ayakan dapat dihindari.

Dalam penyusunan ayakan dimulai dari piring-panci penampung (paling bawah), selanjutnya di atasnya berturut-turut ayakan dengan lubang berdiameter 0,15 mm, 0,3 mm dan seterusnya hingga ayakan teratas adalah 4,8 mm. Jika dalam pengayakan ini dipakai lubang ayakan yang lain, dapat dilakukan sesuai dengan kebutuhan. Teknik pengayakan yaitu dengan gerakan mengocok kesamping bolak-balik (jika dilakukan dengan tangan) atau guncangkan dengan cara lain. Apabila tersedia mesin pengayak, lebih baik jika dilakukan dengan mesin. Pengayakan dilakukan dengan sedemikian lamanya hingga butiran yang seharusnya dapat menembus lubang ayakan hanya tertinggal 1%. Setelah guncangan dihentikan, seluruh susunan ayakan diangkat satu per satu. Pembersihan ayakan pertama dilakukan pada susunan ayakan teratas. Pembersihan tiap susunan dapat dilakukan dengan menyikat dengan kuas lemas. Dalam penyikatan ini jangan terlalu keras, cukup agar debu yang masih ada pada tiap ayakan dapat turun. Setelah pembersihan ini selesai, maka sisa dari masing-masing ayakan dan piring-panci penampung terbawah dikumpulkan dan ditimbang hingga ketelitian 10 mg kemudian dihitung dalam persen dari seluruh jumlah yang diayak hingga satu desimal. Jumlah yang diayak, didapat dari penjumlahan sisa di atas tiap-tiap ayakan dan piring-panci penampung setelah dilakukan pengayakan. Tabel 2.3 merupakan standar nomor ayakan dan ukuran lubang.

Tabel 2.3 Ukuran Ayakan Standar di Amerika

No. Ayakan	Lubang (mm)
4	4.750
6	3.350
8	2.360
10	2.000
16	1.180

Lanjutan Tabel 2.3 Ukuran Standar di Amerika

No. Ayakan	Lubang (mm)
20	0.850
30	0.600
40	0.425
50	0.300
60	0.250
80	0.280
100	0.150
140	0.106
170	0.088
200	0.075
170	0.053

Sumber : Braja, M.Das, 2010

2.5 Mekanisme Penyisihan Kekeruhan

Kekeruhan merupakan salah satu parameter yang paling penting dalam proses pemantauan kinerja unit filter. Kekeruhan memiliki fungsi sebagai pembawa nutrisi untuk mikroorganisme yang dapat menyebabkan proses biologis terjadi didalam air. Karena akan ada nutrisi yang merupakan bahan organik untuk didegradasi oleh mikroorganisme sebagai bahan makanan (*Tyagi et al., 2009*).Oleh karena itu nilai kekeruhan yang stabil dapat membantu keberlangsungan proses biologis dalam reaktor. Sehingga keberadaannya sangat perlu diperhatikan pada saat pengoperasian unit *slow sand filter*.

Kekeruhan memberi pengaruh tersendiri terhadap proses pengoperasian unit *slow sand filter*. Akan menguntungkan apabila air baku memiliki kekeruhan 10-50 NTU dan

pertumbuhan alga tidak terlalu berlimpah. Karena jika kekeruhan air rendah maka proses pengoperasian *slow sand filter* dapat dilakukan terus menerus selama 6 bulan (Hadi, 2012). Apabila kekeruhan tinggi, maka proses pembersihan akan semakin sering dilakukan. Karena kemungkinan terjadinya penyumbatan pada media akan semakin cepat. Hal tersebut diakibatkan oleh partikel yang terdapat didalam air olahan.

2.6 Mekanisme Penyisihan Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Pada Proses Filtrasi

Proses filtrasi yang terjadi pada saringan pasir lambat, terjadi dengan memisahkan air dari kandungan kontaminan berupa partikel tersuspensi dan koloid, serta bakteri, dengan cara melewati air pada suatu media berpori. Pada prinsipnya material ini dapat berupa material apa saja, seperti lapisan granular pasir, batu yang dihancurkan, antrachite, kaca, sisa arang, dll. Pada prakteknya di lapangan, media berpori yang paling sering digunakan adalah pasir, karena pasir mudah ditemui dalam jumlah banyak, biaya yang murah, dan hasil pengolahan yang diberikan juga sangat memuaskan (Longsdon et al., 2002). Secara keseluruhan penyisihan kontaminan dengan proses filtrasi merupakan kombinasi dari beberapa proses yang berbeda – beda, dan yang terpenting adalah mechanical straining, sedimentasi, dan adsorpsi, dan aktivitas biologi (Huisman, 1974).

Besi dan mangan dapat dihilangkan sampai 97% karena adanya biomassa bakteri yang terdistribusi berdasarkan kedalaman media. Bakteri – bakteri ini terdapat pada air baku, dan dapat berkembang biak pada media pasir di bawah kondisi yang mendukung, bakteri – bakteri ini akan mengoksidasi ion bervalensi dua Fe(II) dan Mn(II) dan mempresipitasi ion – ion tersebut ke dalam bentuk ion

teroksidasi yaitu Fe(III) dan Mn (IV) (Pacini et al, 2005). Bakteri – bakteri yang terdapat pada *schumutzdecke* yang berada pada permukaan atas saringan, ataupun pada media pasir juga sangat potensial dalam mendukung pengurangan konsentrasi zat organik melalui mekanisme bioadsorpsi, dan saringan pasir lambat tradisional dapat mengurangi kandungan zat organik 15 – 19% (Eighmy et al, 1992).

2.6.1 Tinjauan Kesehatan terhadap Parameter Fisik pada Air

☆ Kekeruhan

Kekeruhan dalam air disebabkan oleh adanya zat padat tersuspensi baik yang bersifat anorganik maupun yang organik. Zat anorganik biasanya berasal dari lapisan batuan dan logam, sedangkan zat organik dapat berasal dari lapukan tanaman atau hewan. Buangan industry juga dapat menjadi penyebab kekeruhan. Zat organik dapat berubah menjadi makanan bagi bakteri sehingga mendukung perkembangbiakannya. Bakteri ini juga merupakan zat padat tersuspensi sehingga keberadaannya dapat menambah kekeruhan dalam air.

Air yang keruh akan sulit di desinfeksi karena mikroba terhalang oleh zat tersuspensi tersebut. Adapaun metode yang digunakan untuk mengukur kekeruhan antara lain:

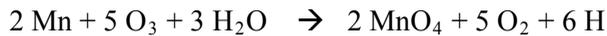
1. metode hellige turbidimetri
2. turbidimetri
3. spektrofotometri
(Soemirati, 1994)

☆ Besi (Fe) dan Mangan (Mn)

Besi dan mangan adalah unsur alamiah dari tanah dan batuan. Keberadaan besi dan mangan dalam air tanah

berhubungan dengan pelarutan batuan dan mineral terutama oksida, sulfide, karbonat, dan silikat yang mengandung logam-logam tersebut. Besi dalam air dapat berupa Fe^{2+} dan Fe^{3+} . Senyawa Fe^{2+} tidak stabil karena adanya udara atau oksigen, kemudian berubah menjadi Fe^{3+} yang tidak larut dalam air. Mangan dalam air berupa Mn^{2+} dan Mn^{4+} . Mn^{4+} sangat stabil dan tidak larut dalam air. Cairan yang mengandung dissolved oksigen (DO) akan mengandung besi soluble dalam jumlah yang kecil. Disisi lain kadar besi dapat ditemukan di dalam air tanah, dasar danau, reservoir, dimana kondisi anaerob membantu reduksi besi (Fe^{3+}) menjadi (Fe^{2+}) yang bersifat soluble.

Jika bereaksi dengan ozon antara Besi dan Mangan, maka akan terjadi reaksi sebagai berikut:



Adanya jumlah tertentu dari kedua logam ini dalam air dapat mengakibatkan masalah bagi yang mengkonsumsi. Permasalahan yang ditimbulkan oleh Besi dan Mangan dalam air minum adalah.

1. Konsentrasi dalam jumlah besar memberi rasa dan warna pada air.
2. Produksi industri seperti kertas, tekstil, atau kulit dapat memudarkan warna.
3. Meninggalkan noda pada pakaian, porselin dan peralatan dapur.
4. Mempercepat penyumbatan pada pipa dengan adanya peningkatan pertumbuhan masa gelatin bakteri besi.

Bakteri tersebut menyebar dan menimbulkan air berwarna merah.

2.7 *Head Losses*

Head Losses adalah kerugian yang terjadi dalam aliran pipa yang terdiri dari atas *major losses* dan *minor losses* seperti pada persamaan berikut (Tahara dan Sularso, 2000).

$$\mathbf{H = H_f + H_m} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

H = *Head losses* (m)

H_f = *Major losses* (m)

H_m = *Minor losses* (m)

1) *Major Losses*

Kerugian mayor adalah kehilangan tekanan akibat gesekan aliran fluida pada sistem aliran dengan luas penampang tetap atau konstan. Aliran fluida yang melalui pipa akan selalu mengalami kehilangan *head*. Hal ini disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara fluida dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami oleh fluida (Zainudin dkk., 2012)

$$\mathbf{H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

H_f = Head mayor (m)

f = Faktor Gesek (bisa diperoleh dari diagram Moody)

L = Panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

v = kecepatan (m/detik)

g = gravitasi bumi (m/detik²)

2) *Minor Losses*

Kerugian minor adalah kehilangan tekan akibat gesekan yang bisa terjadi pada katup-katup, sambung *tee*, sambungan belokan dan pada luas penampang yang tidak konstan. (White dkk., 1988).

$$H_m = K \cdot \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

H_m = Head minor (m)

K = koefisien kerugian pada fitting

v = Kecepatan (m/detik)

g = gravitasi bumi (m/detik²)

2.8 Hidrolika Saluran Tertutup

Konsep pengaliran pada saluran pipa bertekanan menyatakan bahwa jumlah energi sepanjang pipa (tidak ada percabangan) antara titik satu dengan titik kedua adalah sama. Energi/tekanan akan berkurang jika terjadi gesekan antara zat cair dengan dinding pipa sehingga akan terjadi kehilangan tekanan. Kehilangan tekanan pada saluran tertutup dapat dihitung seperti persamaan berikut.

Persamaan Hazen William

$$\text{Headloss} = \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

Headloss= kehilangan tekanan (m)

Q = debit (m³/detik)

C = koefisien kekasaran pipa

D = diameter pipa (cm)

L = panjang pipa (m)

2.9 Hidrolika Aliran Melalui Media Berbutir

Perhitungan headloss dengan persamaan Kozeny yang dikembangkan dari persamaan Darcy untuk aliran laminar adalah sebagai berikut :

$$h_f = \frac{k.v.vd(1-n)^2}{g.n^3} \left(\frac{6}{\psi d}\right)^2 L \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana :

- k = koefisien Kozeny, tak berdimensi
- v = kekentalan kinetik (m²/det)
- n = porositas
- v_d = kecepatan Darcy (m/det)
- ψ = faktor sperisitas, tak berdimensi
- d = diameter kerikil rata-rata (m)
- L = panjang media dimana air mengalir (m)
- g = kecepatan gravitasi (m/det²)

Sedangkan jika bilangan Reynold $N_{Re} > 10$, maka persamaannya menjadi (Bear dan Verruijt dan Notodarmocdjo, 1998):

$$h_f = L \frac{v.vd}{g.f} + h_f = \frac{0,55vd^2}{g.\sqrt{f}} L \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana f adalah porositas efektif.

2.10 Pompa dan Penentuan Pompa

Pompa merupakan suatu alat yang berguna untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat lain. Menurut prinsip operasi dasarnya, pompa dibedakan menjadi pompa dinamik dan pompa pemindahan positif. Pompa dinamik dapat dibedakan menjadi pompa sentrifugal dan pompa pengaruh khusus. Sedangkan pompa perpindahan positif, dapat dibedakan menjadi pompa *rotary* dan *reciprocating* (UNEP, 2006).

Hal yang perlu dipertimbangkan dalam mendesain suatu sistem pemompaan adalah pemilihan kelas, jenis, kapasitas dan detail pompa yang akan dipakai. Pada dasarnya ada lima langkah penting dalam memilih pompa, yaitu: (1) membuat skets pompa dan bagan susun (layout) pemipaan (2) menentukan kapasitas, (3) menentukan tinggi-tekan total (4) memilih kelas dan jenis pompa(Hicks & Edwards, 1996).

Langkah pertama adalah pembuatan skets bagan-susun meliputi langkah-langkah yang mendasarkan skets pada diagram garis tunggal, panjang pipa pada skets tersebut ditandai dan dipastikan bahwa semua pengangkatan vertikal sudah tercakup. Selanjutnya untuk menentukan kapasitas yang dibutuhkan adalah nilai debit yang diperlukan untuk dipindahkan dengan menggunakan pompa. Penentuan tinggi-tekan total pada suatu sistem pemompaan adalah dengan menentukan berapa tekanan yang diperlukan untuk mengatasi tahanan sistem. Nilai ini disebut dengan *head*. *Head* total merupakan jumlah dari *head* statik dan *head* gesekan/friksi (UNEP, 2006). Langkah terakhir yaitu memilih kelas dan jenis dapat dilakukan dengan mengkaji bagan-susun akan diperoleh ukuran (kapasitas dan tinggi-tekan) pompa yang dibutuhkan(Hicks & Edwards, 1996).

2.10.1 Pompa Sentrifugal

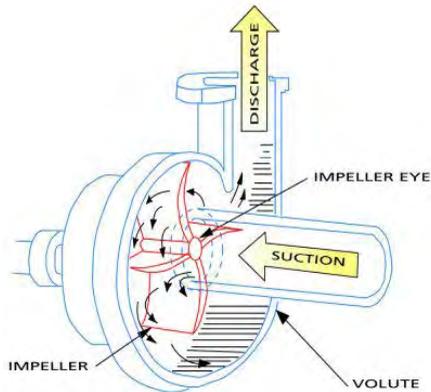
Berdasarkan teoro pemilihan pompa yang telah dijelaskan, pompa yang sesuai digunakan untuk penelitian ini yaitu pompa sentrifugal. Pompa ini beroperasi pada kecepatan yang tinggi sehingga dimensinya relatif kecil daripada pompa jenis lain pada tinggi-tekan yang sama. Pada pengoperasiannya, tidak ada bagian-bagian yang bergesek sehingga tidak akanada keausan. Pompa ini dapat diaplikasikan untuk fluida-fluida yang mengandung bahan-bahan padat ukuran kecil (pasir, debu, dan lain-lain) dengan keausan yang lebih kecil dibandingkan dengan pompalain. Hal ini disebabkan oleh ruang-bebas

(*clearance*) pada pompa sentrifugal relatif lebih besar antara bagian-bagian yang bergerak di dalamnya (Church, 1993). Gambar pompa sentrifugal dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Pompa Sentrifugal

Fluida memasuki pompa melalui suction flange, kemudian berbelok 90° ke impeller dan mengisi ruangan antara baling-baling impeller. Gambar 2.2 berikut ini adalah gambaran dari aliran fluida yang memasuki pompa sentrifugal.



Gambar 2.2 Aliran pompa Sentrifugal

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Tujuan penulisan bab metode penelitian ini adalah untuk mengetahui secara jelas dan sistematis gambaran pelaksanaan penelitian, sehingga tujuan penelitian dapat tercapai dengan lancar.

Dalam bab ini akan dibahas mengenai tahapan penelitian mulai dari persiapan awal penelitian, pelaksanaan penelitian, menganalisis hasil penelitian dan membuat kesimpulan serta saran dari penelitian ini.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian tentang “P enggunaan Ozon Generator, Unit *Slow Sand Filter* dan *Rapid Sand Filter* Skala Rumah Tangga untuk Meningkatkan Kualitas Ais Sumur Dangkal menjadi Air Layak Minum dengan Parameter Kekeruhan, Besi dan Mangan” ini dilakukan di:

Tempat : Laboratorium Teknik Lingkungan – FTSP - ITS
Surabaya

Waktu : Bulan Maret - Mei 2014

3.3 Kerangka Penelitian

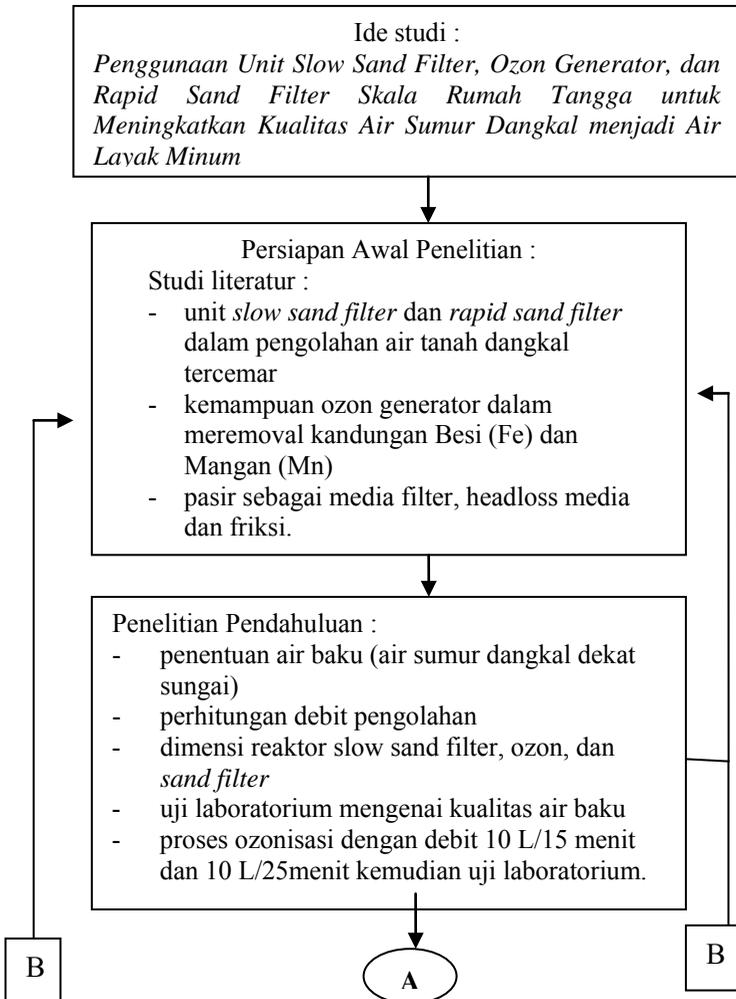
Kerangka penelitian merupakan seluruh tahapan pelaksanaan secara umum yang disusun agar urutan kerja terencana secara sistematis. Kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

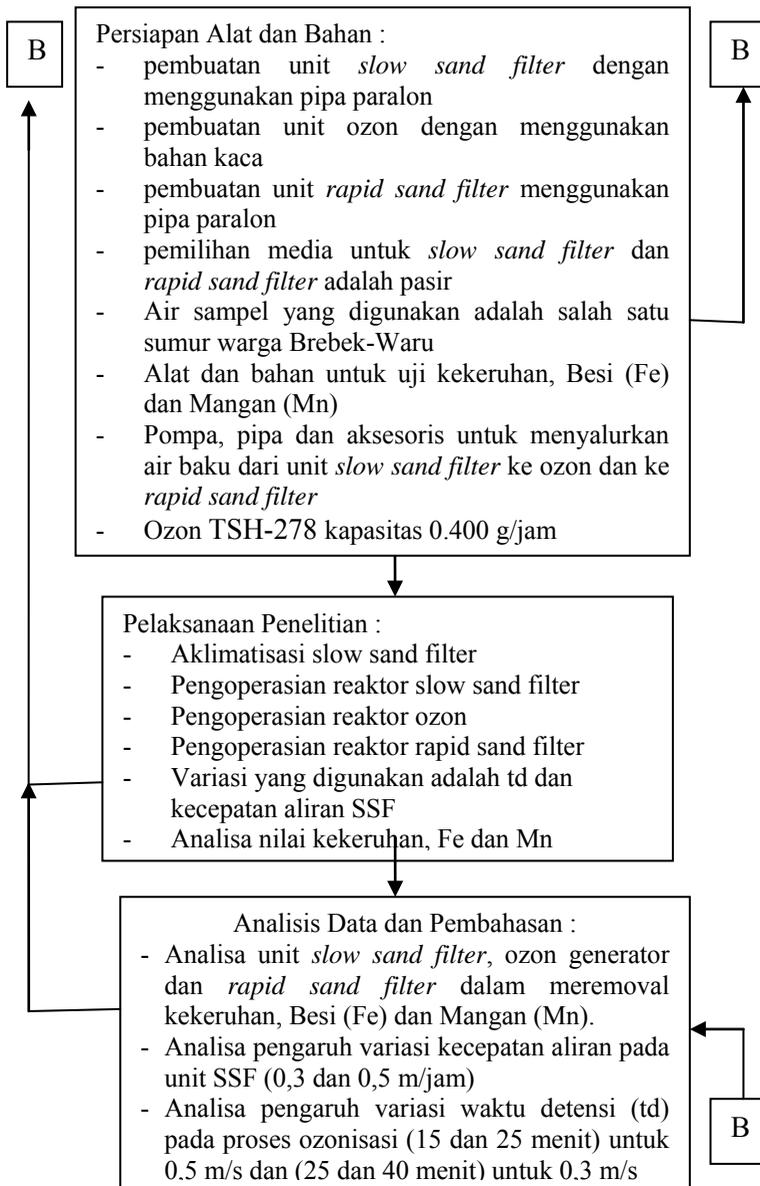
3.4 Tahapan Penelitian

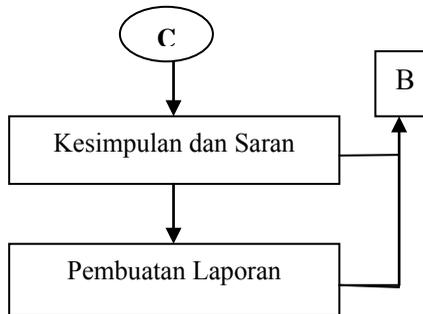
Tahapan dalam penelitian tugas akhir ini terdiri dari:

1. Studi literatur (unit *slow sand filter* dalam pengolahan air tanah, spesifikasi dan kemampuan ozon generator dalam meremoval kandungan Besi (Fe) dan Mangan (Mn), pasir sebagai media filter dan pengumpulan data sekunder.
2. Penelitian pendahuluan : penentuan air baku (air sumur dangkal dekat kali Buntung Brebek-Waru); perhitungan debit pengolahan, dimensi reaktor *slow sand filter*, ozon, dan *rapid sand filter*, melakukan uji laboratorium mengenai kualitas air baku, melakukan proses ozonisasi dengan debit 10 L/15 menit dan 10 L/25menit kemudian uji laboratorium untuk mengetahui efisiensi alat ozon generator dalam meremoval polutan.
3. Persiapan alat dan bahan :
 - ~ pembuatan reaktor *slow sand filter* menggunakan bahan pipa paralon dengan diameter 25,4 cm \approx 10 inch.
 - ~ pembuatan reaktor ozon dengan menggunakan bahan kaca dengan dimensi panjang = 20 cm, lebar = 20 cm, tinggi = 15 cm, dan h fb = 4 cm.
 - ~ pembuatan reaktor *rapid sand filter* dengan menggunakan bahan pipa paralon dengan diameter 20 cm.
 - ~ pemilihan media untuk *slow sand filter* dan *rapid sand filter* adalah pasir kali/pasir lumajang dengan diameter berkisar 0,1 – 0,3 mm untuk SSF dan 0,3 – 0,5 mm untuk RSF.
 - ~ Alat dan bahan untuk uji kekeruhan, Besi (Fe) dan Mangan (Mn).
 - ~ Pompa, pipa dan aksesoris untuk menyalurkan air baku dari *slow sand filter* ke ozon dan ke *sand filter*
 - ~ Ozon Resun-O25 kapasitas 0.25 g/jam, 110V/220V.

4. Pelaksanaan penelitian yang terdiri atas : aklimatisasi unit *slow sand filter*; pengoperasian reaktor *slow sand filter*, ozon, dan *rapid sand filter*; analisa nilai kekeruhan, Besi (Fe) dan Mangan (Mn); variasi yang digunakan adalah td pada unit ozon dan kecepatan aliran pada *slow sand filter*.







Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.4.1 Persiapan Awal Penelitian

3.4.1.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sepanjang penelitian, yakni mulai tahap awal penelitian sampai dengan analisis dan pembahasan hasil penelitian dan diperoleh kesimpulan. Hal ini dilakukan untuk memperoleh dasar teori yang kuat. Sumber literatur yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari text book, laporan penelitian tugas akhir, artikel internet dan jurnal ilmiah serta informasi yang dapat menunjang penelitian.

3.4.1.2 Pemilihan Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu

- Variasi waktu detensi adalah 15 menit dan 25 menit, 25 menit dan 40 menit pada unit ozon
- Variasi kecepatan aliran adalah 0,3 dan 0,5 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$ pada unit *slow sand filter*

3.4.2 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui kualitas air baku yang akan diteliti lebih lanjut pada tugas akhir ini. Penelitian ini ditunjang oleh adanya reaktor uji dalam sistem pengolahan air bakunya, oleh karena itu dilakukan perhitungan debit efektif yang dapat diolah oleh alat ozon generator dalam meremoval besi, mangan, dan kekeruhan sehingga ditemukan debit rata-rata air yang harus masuk ke dalam reaktor *slow sand filter*. Berikut perhitungan untuk mencari diameter pipa paralon *slow sand filter* dan *rapid sand filter* serta menghitung dimensi reaktor ozon dengan td 15 dan 25 menit.

Diameter Pipa Paralon pada Slow Sand Filter

Direncanakan :

$$\text{Kecepatan (v)} = 0,5 \text{ m/jam}$$

$$\text{Debit (Q)} = 25 \text{ L/jam}$$

Dari persamaan $Q = A \cdot v \rightarrow$ maka untuk mencari diameter pipa adalah

$$A = \frac{50 \text{ L}/2 \text{ jam}}{0,5 \text{ m}/\text{jam}} = \frac{0,025 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,5 \text{ m}/\text{jam}} = 0,05 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$D = 0,2523 \text{ m} \approx 25,2 \text{ cm}$$

Reaktor Ozon

Direncanakan :

$$td_1 = 15 \text{ menit}$$

$$td_2 = 25 \text{ menit}$$

$$Q = 50 \text{ L}/2 \text{ jam}$$

Dari persamaan $Q = \frac{V}{t} \rightarrow$ maka untuk mencari Volume adalah

$$V_1 = \frac{50 \text{ L}}{(15 \times 4 \times 2) \text{ menit}} \times 15 \text{ menit}$$

$$V_1 = 6,25 \text{ L} \approx 6250 \text{ cm}^3$$

Dimensi reaktor ozon untuk td 15 menit adalah panjang (p) = 20 cm, lebar (l) = 20 cm, dan tinggi (h) = 15 cm serta tinggi freeboard (fb) = 4 cm.

$$V_2 = \frac{50 \text{ L}}{120 \text{ menit}} \times 25 \text{ menit}$$

$$V_2 = 10,42 \text{ L} \approx 10420 \text{ cm}^3$$

Dimensi reaktor ozon untuk td 25 menit adalah panjang (p) = 20 cm, lebar (l) = 20 cm, dan tinggi (h) = 25 cm serta tinggi freeboard (fb) = 4 cm.

Saringan Pasir (*Sand Filter*)

Direncanakan :

$$\text{Kecepatan (v)} = 2 \text{ m/jam}$$

Dari persamaan $Q = A \cdot v \rightarrow$ maka untuk mencari diameter pipa adalah

$$A = \frac{50 \text{ L} / 2 \text{ jam}}{2 \text{ m} / \text{jam}} = \frac{0,025 \text{ m}^3 / \text{jam}}{2 \text{ m} / \text{jam}} = 0,0125 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$D = 0,126 \text{ m} \approx 12 \text{ cm}$$

3.4.3 Persiapan Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini diperlukan persiapan mengenai alat dan bahan yang akan digunakan. Berikut adalah alat dan bahan yang harus dipersiapkan:

1. 1 buah unit reaktor *slow sand filter*, dengan rincian berikut.
Reaktor yang digunakan berbahan dasar pipa paralon dengan diameter 25,4 cm (10"). Hal ini dipilih untuk meminimalisir terjadi retak/pecah pada reaktor mengingat media yang digunakan adalah pasir halus dengan tinggi 80 cm, sehingga beban yang diberikan cukup tinggi. Pasir halus yang digunakan berdiameter 0,1 – 0,3 mm dengan jenis pasir kali. Pemilihan jenis pasir ini karena mudah didapat dan harganya yang relatif terjangkau. Untuk penyeragaman diameter pasir dilakukan pengayakan di laboratorium Teknik Sipil –ITS.
2. 1 buah unit reaktor ozon.
Reaktor yang digunakan berbahan dasar kaca. Pemilihan kaca bertujuan untuk meminimalisir terjadi reaksi antara ozon dengan reaktor yang digunakan mengingat sifat ozon yang radikal, mudah bereaksi dengan benda sekitar. Dimensi reaktor ozon (15 menit) adalah panjang = 20 cm, lebar = 20 cm, dan tinggi = 15 cm serta tinggi freeboard (fb) = 4 cm. Dimensi reaktor ozon (25 menit) adalah panjang = 20 cm, lebar = 20 cm, dan tinggi = 25 cm serta tinggi freeboard (fb) = 4 cm. reaktor ozon dalam pengoperasiannya harus ditutup agar senyawa ozon yang terbentuk dalam proses ozonisasi tidak menyebar keruangan.
3. 1 buah unit reaktor *rapid sand filter*, dengan rincian berikut.
Reaktor yang digunakan berbahan dasar pipa paralon dengan diameter 5 inch. Hal ini dipilih untuk meminimalisir terjadi retak/pecah pada reaktor mengingat media yang digunakan adalah pasir dengan tinggi 60 cm, sehingga beban yang diberikan cukup tinggi. Unit ini memakai media filter

berupa pasir lumajang yang didapat dari galangan dengan diameter 0,3 – 0,5 mm. pengayakan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil-ITS.

4. Media *slow sand filter* dan *rapid sand filter*

Media *slow sand filter* dengan jenis pasir yang berdiameter 0,1 – 0,3 mm. Jenis pasir yang digunakan adalah pasir lumajang karena mudah didapatkan dan harganya ekonomis. Untuk mendapatkan ukuran yang seragam, maka dilakukan pengayakan manual.

Untuk media *slow sand filter* menggunakan nomor ayakan 100 mesh dan 50 mesh yang setara dengan 0,15 mm dan 0,30 mm. Sedangkan untuk *rapid sand filter* menggunakan nomor ayakan 100 mesh dan 40 mesh yang setara dengan 0,15 mm dan 0,425 mm. Saringan dengan nomor besar diletakkan paling atas kemudian saringan yang lebih kecil, sedangkan bagian paling bawah merupakan wadah pasir hasil ayakan. Pasir yang digunakan adalah pasir yang tertahan pada ayakan nomor 50 mesh untuk unit *slow sand filter* dan 40 mesh untuk unit *rapid sand filter*. Media yang digunakan adalah media yang tertahan pada ayakan terakhir karena media yang digunakan adalah media pada rentang 0,15-0,30 mm untuk media *slow sand filter* dan 0,15-0,425 mm untuk media *rapid sand filter*.

5. Pompa

Digunakan 1 buah pompa yang diletakkan menuju tandon sebelum masuk ke unit *slow sand filter*. Pompa ini digunakan untuk memompa air dari tandon air di bawah (hasil pelimpah tandon atas) menuju tandon atas. Kemudian dari tandon menuju unit *slow sand filter*, ozon, dan unit *rapid sand filter* menggunakan aliran secara gravitasi. Pompa yang digunakan yaitu memiliki spesifikasi :

- Merk National
- Tipe : DB-128A
- Daya hisap : 9 m

- Daya dorong : 26 m
- Tinggi total maksimum : 27 m
- Kapasitas : 42 liter/menit
- Kapasitor : 6 uf/450 V
- Suhu cairan maksimum : 35°C
- Tegangan : 220 V
- Frekuensi : 50 Hz
- Daya Masukan : 230 watt
- PPM :2850
- Ukuran pipa : 1" x 1"

6. Pipa dan aksesoris inlet, outlet reaktor

Pipa yang akan digunakan yaitu pipa PVC dengan ukuran 1/2". Digunakan pipa dengan diameter 1/2" karena dalam pipa penghubung ditambahkan valve untuk mengatur debit yang akan masuk pada tiap unit. Aksesoris pipa yang digunakan untuk merangkai alat pada penelitian ini yaitu berupa *valve*, tee, kran air, sambungan, dan pipa-pipa belokan. Aksesoris tersebut disesuaikan dengan pipa yang akan dimodifikasi. Digunakan *valve* yang diletakkan pada saluran *inlet* unit *slow sand filter*, tujuannya yaitu untuk mengatur dan menstabilkan aliran pada unit pengolahan ini.

7. Ozon Generator

Spesifikasi ozon yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

- Merek HANACO
- Model TSH-278
- Voltage 110/220 V
- Power consumption : 15 W
- Ozon output 0,400 gram/jam
- Ozone working time : 30 min/time
- Dimensi 290 x 230 x 70 mm

8. Air Sampel

Air sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air sumur dangkal salah satu warga Brebek-Waru Sidoarjo. Dari

tandor air baku ini, kemudian dialirkan menuju unit *slow sand filter*, kemudian menuju reaktor ozon dan menuju unit *sand filter*. Adapun hasil penelitian laboratorium terkait kualitas air sumur dekat kali Buntung yaitu pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Hasil Penelitian Pendahuluan dengan Ozonasi pada Air Baku

Parameter Uji	Air Sumur	Ozonisasi 15"	Ozonisasi 25"
Kekeruhan	8,82 NTU	10,1 NTU	10,88 NTU
Besi (Fe)	0,16 mg/L	0,12 mg/L	0,08 mg/L
Mangan (Mn)	0,85 mg/L	0,68 mg/L	0,51 mg/L
Detergen	0,32 mg/L	0,42 mg/L	0,4 mg/L
<i>E.coli</i>	23.000/100ml sampel	900/100ml sampel	500/100ml sampel
Zat Organik	15,65 mg/L	3,61 mg/L	2,11 mg/L
Warna	20 TCU	20 TCU	20 TCU

Sumber : Hasil Laboratorium tanggal 10 Maret 2014

3.4.4 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dan diestimasikan akan dilakukan dalam kurun waktu 2 bul an. Analisa penelitian yang meliputi parameter kekeruhan dan analisa kandungan Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan- ITS.

Penelitian dalam tugas akhir ini melalui beberapa tahap yaitu :

1. Penelitian pendahuluan yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya

2. Pengukuran porositas media pasir
 - Pasir yang telah diayak dimasukkan ke dalam beakerglass 100 ml sampai pasir pada garis 100 ml.
 - Tuangkan air ke dalam beaker glass sampai air berada pada garis 100 ml, catat volume air yang ditambahkan.
 - Masukkan pada rumus berikut untuk mendapatkan nilai porositas media.

$$\text{Porositas media } (\epsilon) = \frac{\text{Volume air yang dituang}}{100 \text{ ml}}$$

3. Proses aklimatisasi, dilakukan dengan cara perendaman media pasir yang telah diayak selama kurang lebih 2 minggu. Tujuan dari proses aklimatisasi ini adalah untuk menumbuhkan mikroorganismenya pada media pasir slow sand filter. Media yang dilakukan aklimatisasi hanya pada media unit slow sand filter, media pada unit rapid sand filter tidak perlu dilakukan aklimatisasi karena fungsi dari rapid sand filter sendiri adalah untuk menyaring partikel yang masih tersisa dari unit sebelumnya sebelum air hasil pengolahan dikonsumsi.
4. Pengoperasian Reaktor meliputi reaktor slow sand filter, ozon, rapid sand filter. Dari proses running dilakukan pengambilan sampel yang kemudian dilakukan uji laboratorium. Parameter uji yang digunakan yaitu Keketuhan, Fe dan Mn.
5. Variabel dalam penelitian ini yaitu flow rate pada slow sand filter yaitu 0,3 dan 0,5 m/jam. Variabel yang ke-2 adalah waktu ozonisasi yaitu 15 dan 25 menit untuk flow rate 0,5 m/jam, dan 25 dan 40 menit untuk flow rate 0,3 m/jam.

3.4.4.1 Perhitungan Reaktor

1. Perhitungan Reaktor Slow Sand Filter (SSF)

• Slow Sand Filter 0,5 m³/m².jam

- Data penelitian :
Debit air yang digunakan (Q) = 25 L/jam
- Direncanakan :
Kecepatan filtrasi (Vf) = 0,5 m/jam
Freeboard = 10 cm
- Perhitungan :

- Luas permukaan bak filter (A)

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{0,025 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,5 \text{ m}/\text{jam}} = 0,05 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$0,05 \text{ m}^2 = 0,785 d^2$$

$$d = 0,252 \text{ m} = 25,4 \text{ cm} \approx 10''$$

$$\text{Cek luas permukaan (Af)} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

Cek luas permukaan (Af)

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (25,4)^2$$

$$= 506,45 \text{ cm}^2$$

- Volume bak filter

Volume = luas alas × tinggi

$$\text{Volume} = 506,45 \text{ cm}^2 \times 115 \text{ cm}$$

$$= 58241,75 \text{ cm}^3$$

- Susunan ketinggian reaktor

Tinggi media penyangga = 20 cm

Tinggi media filter = 60 cm

Tinggi freeboard = 10 cm

Tinggi muka air = 25 cm

Total ketinggian = 115 cm

- Waktu detensi (td) slow sand filter

$$td = \frac{\text{volume}}{Q}$$

$$td = \frac{58,242 \text{ L}}{25 \text{ L/jam}} = 2,32 \text{ jam} = 140 \text{ menit}$$

- Dimensi reaktor :

H = 115 cm

d = 25,4 cm

- Headloss slow sand filter :

- Headloss media pasir

Direncanakan :

Rate filtration = 0,5 m/jam

= 0,0139 cm/s

= $1,4 \times 10^{-4}$ m/s

Tebal media pasir (L) = 60 cm

Tebal media penyangga (L) = 20 cm

Diameter pasir (d) = 0,15-0,30 mm

Diameter pasir ke 1 (100) = 0,150 mm

Diameter pasir ke 2 (50) = 0,30 mm

Diketahui :

Konstanta gravitasi (g) = 981 cm/s^2

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

Perhitungan :

Diameter rata-rata kerikil ((DP)g) :

$$(DP)g = (DP1 \times DP2)^{1/2}$$

$$= (0,150 \times 0,30)^{1/2}$$

$$= 0,212 \text{ mm} = 0,021 \text{ cm}$$

$$N_{Re} = \frac{\varphi \cdot d \cdot V_a}{\nu} = \frac{\varphi \cdot \rho \cdot d \cdot V_a}{\mu}$$

$$N_{RE} = \frac{0,82 \times 0,021 \times 0,0139}{0,8004 \times 10^{-2}} = 0,0299$$

Karena perhitungan menunjukkan bahwa $N_{Re} < 1$ maka untuk perhitungan C_D (koefisien drag) menggunakan rumus $C_D = \frac{24}{N_{Re}}$

$$C_D = \frac{24}{N_{re}} = \frac{24}{0,0299} = 802,676$$

Perhitungan kehilangan tekanan (*Headloss*) menggunakan persamaan *Rose*.

$$H_L = 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot V_a^2}{\varphi \cdot d \cdot \varepsilon^4 \cdot g}$$

Di mana :

- C_D = koefisien drag
- L = tebal media
- V_a = rate filtration
- φ = shape faktor (pasir = 0,82)
- d = diameter rata-rata pasir
- ε = porositas pasir
- g = gravitasi

$$H_L = 1,067 \times \frac{1064,8 \times 60 \times (0,0139)^2}{0,82 \times 0,021 \times 0,4^4 \times 981} = 30,455 \text{ cm}$$

Headloss media pasir diperoleh sebesar 30,5 cm

- *Headloss* media kerikil (penyangga)

Headloss media kerikil :

Diameter saringan ke-1 (10) = 2 mm

Diameter saringan ke-2 (6) = 3,35 mm

Diameter rata – rata kerikil :

$$(DP)_g = (DP_1 \times DP_2)^{1/2}$$

$$= (2 \times 3,35)^{1/2}$$

$$= 2,588 \text{ mm} = 0,26 \text{ cm}$$

$$N_{Re} = \frac{\varphi \cdot d \cdot Va}{\nu} = \frac{\varphi \cdot \rho \cdot d \cdot Va}{\mu}$$

$$N_{RE} = \frac{0,82 \times 0,26 \times 0,0139}{0,8004 \times 10^{-2}} = 0,37$$

Karena perhitungan menunjukkan bahwa $N_{Re} < 1$ maka untuk perhitungan C_D (koefisien drag) menggunakan rumus

$$C_D = \frac{24}{N_{Re}}$$

$$C_D = \frac{24}{0,37} = 64,865$$

Perhitungan kehilangan tekanan (*Headloss*) menggunakan persamaan *Rose*.

$$H_L = 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot V_a^2}{\varphi \cdot d \cdot \varepsilon^4 \cdot g}$$

$$H_L = 1,067 \times \frac{64,865 \times 20 \times (0,0139)^2}{0,82 \times 0,26 \times 0,4^4 \times 981}$$

$$= 0,0499 \text{ cm}$$

Headloss media kerikil diperoleh sebesar 0,05 cm

- Total headloss SSF
 = *Headloss* media pasir + *Headloss* media kerikil (penyangga)
 = 30,5 cm + 0,05 cm
 = 30,55 cm

- **Slow Sand Filter 0,3 m³/m².jam**

- Direncanakan :
 Kecepatan filtrasi (Vf) = 0,3 m/jam
 Freeboard = 10 cm
- Perhitungan :

- Luas permukaan bak filter (A)

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$0,05 \text{ m}^2 = 0,785 \text{ d}^2$$

$$d = 0,252 \text{ m} \approx 25,4 \text{ cm} \approx 10''$$

$$\text{Cek luas permukaan (Af)} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$\text{Cek luas permukaan (Af)}$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (25,4)^2$$

$$= 506,45 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0,050645 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{jam}$$

$$Q = 0,015 \text{ m}^3 / \text{jam} = 15 \text{ liter} / \text{jam}$$

- Volume bak filter

$$\text{Volume} = \text{luas alas} \times \text{tinggi}$$

$$\text{Volume} = 506,45 \text{ cm}^2 \times 115 \text{ cm}$$

$$= 58241,75 \text{ cm}^3$$

- Susunan ketinggian reaktor

$$\text{Tinggi media penyangga} = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi media filter} = 60 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi freeboard} = 10 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi muka air} = 25 \text{ cm}$$

$$\text{Total ketinggian} = 115 \text{ cm}$$

- Waktu detensi (td) slow sand filter

$$td = \frac{\text{volume}}{Q}$$

$$t_d = \frac{58,242 \text{ L}}{15 \text{ L/jam}} = 3,88 \text{ jam} = 233 \text{ menit}$$

- Dimensi reaktor :

$$H = 115 \text{ cm}$$

$$d = 25,4 \text{ cm}$$

- Headloss slow sand filter :

- Headloss media pasir

Direncanakan :

$$\text{Rate filtration} = 0,3 \text{ m/jam}$$

$$= 0,008 \text{ cm/s}$$

$$= 0,8 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$\text{Tebal media pasir (L)} = 60 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal media penyangga (L)} = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter pasir (d)} = 0,15-0,30 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter pasir ke 1 (100)} = 0,150 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter pasir ke 2 (50)} = 0,30 \text{ mm}$$

Diketahui :

$$\text{Konstanta gravitasi (g)} = 981 \text{ cm/s}^2$$

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

Perhitungan :

Diameter rata-rata kerikil ((DP)_g) :

$$(\text{DP})_g = (\text{DP}_1 \times \text{DP}_2)^{1/2}$$

$$= (0,150 \times 0,30)^{1/2}$$

$$= 0,212 \text{ mm} = 0,021 \text{ cm}$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{\varphi. d. Va}{\nu} = \frac{\varphi. \rho. d. Va}{\mu}$$

$$N_{\text{RE}} = \frac{0,82 \times 0,021 \times 0,008}{0,8004 \times 10^{-2}} = 0,017$$

Karena perhitungan menunjukkan bahwa $N_{Re} < 1$ maka untuk perhitungan C_D (koefisien drag) menggunakan rumus $C_D = \frac{24}{N_{Re}}$

$$C_D = \frac{24}{N_{re}} = \frac{24}{0,017} = 1411,76$$

Perhitungan kehilangan tekanan (*Headloss*) menggunakan persamaan *Rose*.

$$H_L = 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot V_a^2}{\phi \cdot d \cdot \epsilon^4 \cdot g}$$

Di mana :

- C_D = koefisien drag
- L = tebal media
- V_a = rate filtration
- ϕ = shape faktor (pasir = 0,82)
- d = diameter rata-rata pasir
- ϵ = porositas pasir
- g = gravitasi

$$H_L = 1,067 \times \frac{1411,76 \times 60 \times (0,008)^2}{0,82 \times 0,021 \times 0,4^4 \times 981} = 13,376 \text{ cm}$$

Headloss media pasir diperoleh sebesar 13,4 cm

- *Headloss* media kerikil (penyangga)

Headloss media kerikil :

Diameter saringan ke-1 (10) = 2 mm

Diameter saringan ke-2 (6) = 3,35 mm

Diameter rata – rata kerikil :

$$\begin{aligned} (DP)g &= (DP_1 \times DP_2)^{1/2} \\ &= (2 \times 3,35)^{1/2} \\ &= 2,588 \text{ mm} = 0,26 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$N_{Re} = \frac{\phi \cdot d \cdot Va}{\nu} = \frac{\phi \cdot \rho \cdot d \cdot Va}{\mu}$$

$$N_{RE} = \frac{0,82 \times 0,26 \times 0,008}{0,8004 \times 10^{-2}} = 0,213$$

Karena perhitungan menunjukkan bahwa $N_{Re} < 1$ maka untuk perhitungan C_D (koefisien drag) menggunakan rumus

$$C_D = \frac{24}{N_{Re}}$$

$$C_D = \frac{24}{N_{re}} = \frac{24}{0,213} = 112,676$$

Perhitungan kehilangan tekanan (*Headloss*) menggunakan persamaan *Rose*.

$$H_L = 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot V_a^2}{\phi \cdot d \cdot \epsilon^4 \cdot g}$$

$$H_L = 1,067 \times \frac{112,676 \times 20 \times (0,008)^2}{0,82 \times 0,26 \times 0,4^4 \times 981}$$

$$= 0,029 \text{ cm}$$

Headloss media kerikil diperoleh sebesar 0,03 cm

- Total headloss SSF
 = *Headloss* media pasir + *Headloss* media kerikil (penyangga)
 = 13,4 cm + 0,03 cm
 = 13,43 cm

2. Perhitungan Reaktor Ozon

- Data penelitian :
 Debit air yang digunakan (Q) = 25 L/jam
- Direncanakan :
 Waktu detensi (td) untuk rate filtration 0,3 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$ = 25 menit dan 40 menit
 Waktu detensi (td) untuk rate filtration 0,5 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$ = 15 menit dan 25 menit

- Perhitungan :

Waktu detensi (td) untuk rate filtration 0,5 m³/m².jam

$$\text{Volume} = Q \times \text{td}$$

$$\text{Volume} = 25 \text{ L/jam} \times 25 \text{ menit} = 10,4 \text{ L}$$

$$\text{Volume} = Q \times \text{td}$$

$$\text{Volume} = 25 \text{ L/jam} \times 15 \text{ menit} = 6,25 \text{ L}$$

Waktu detensi (td) untuk rate filtration 0,3 m³/m².jam

$$\text{td} = \frac{\text{volume}}{Q}$$

$$\text{td} = \frac{10,4 \text{ L}}{15 \text{ L/jam}} = 41,6 \text{ menit}$$

$$\text{td} = \frac{\text{volume}}{Q}$$

$$\text{td} = \frac{6,25 \text{ L}}{15 \text{ L/jam}} = 25 \text{ menit}$$

- Dimensi reaktor :

Panjang reaktor = 20 cm

Lebar reaktor = 10 cm

Tinggi reaktor = 35 cm

Letak pipa outlet pada saat:

Tinggi reaktor = 15 c m (untuk variabel 15 menit dan 25 menit)

Tinggi reaktor = 25 c m (untuk variabel 25 menit dan 40 menit)

- Headloss ozon :

Terdapat baffle di dalam reaktor ozon yang berfungsi agar air yang masuk dalam reaktor tercampur ozon dengan homogen. Headloss baffle diasumsikan sebesar 0,2 cm.

3. Perhitungan Reaktor Rapid Sand Filter (RSF)

- Data Penelitian :
 - Debit air yang digunakan (Q) = 25 L/jam (rate filtration 0,5 m³/m².jam)
 - Debit air yang digunakan (Q) = 15 L/jam (rate filtration 0,3 m³/m².jam)

- Direncanakan :

Freeboard = 10 cm

- Perhitungan :

- Debit bak filter

$$Q = \frac{Q}{n} = \frac{25 \text{ L/jam}}{1} = 25 \text{ L/jam}$$

- Kecepatan filtrasi (Vf)

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{0,025 \text{ m}^3/\text{jam}}{2 \text{ m}/\text{jam}} = 0,0125 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$0,0125 \text{ m}^2 = 0,016 d^2$$

$$d = 0,126 \text{ m} = 12,6 \text{ cm} \approx 14 \text{ cm}$$

$$\text{Cek luas permukaan (Af)} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

Cek luas permukaan (Af)

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (14)^2$$

$$= 153,86 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$0,0154 \text{ m}^2 = \frac{0,025 \text{ m}^3/\text{jam}}{V_f \text{ m}/\text{jam}} = 1,5 \text{ m/jam}$$

- Volume bak filter

Volume = luas alas × tinggi

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 153,86 \text{ cm}^2 \times 95 \text{ cm} \\ &= 14616,7 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

- Susunan ketinggian reaktor

Tinggi media penyangga = 10 cm

Tinggi media filter = 60 cm

Tinggi freeboard = 10 cm

Tinggi supernatan = 15 cm

Total ketinggian = 95 cm

- Waktu detensi (td) rapid sand filter

$$td = \frac{\text{volume}}{Q}$$

$$td = \frac{14,6167 \text{ L}}{25 \text{ L}/\text{jam}} = 0,58 \text{ jam} = 35 \text{ menit}$$

$$td = \frac{\text{volume}}{Q}$$

$$td = \frac{14,6167 \text{ L}}{15 \text{ L}/\text{jam}} = 0,97 \text{ jam} = 58 \text{ menit}$$

- Dimensi reaktor

H = 95 cm

d = 14 cm

- Headloss RSF $2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$

- Headloss media pasir

Direncanakan :

$$\begin{aligned} \text{Rate filtration} &= 2 \text{ m/jam} \\ &= 0,056 \text{ cm/s} \\ &= 5,56 \times 10^{-4} \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal media pasir (L)} &= 60 \text{ cm} \\ \text{Tebal media penyangga (L)} &= 10 \text{ cm} \\ \text{Diameter pasir ke 1 (100)} &= 0,150 \text{ mm} \\ \text{Diameter pasir ke 2 (40)} &= 0,425 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Konstanta gravitasi (g)} &= 981 \text{ cm /s}^2 \\ &= 9,81 \text{ m /s}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan :

Diameter rata-rata pasir ((DP)g) :

$$\begin{aligned} (\text{DP})g &= (\text{DP}_1 \times \text{Dp}_2)^{1/2} \\ &= (0,150 \times 0,425)^{1/2} \\ &= 0,252 \text{ mm} = 0,025 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f' = 150 \frac{(1 - e)}{\text{Re}} + 1,75$$

$$f' = 150 \frac{(1 - 0,4)}{0,118} + 1,75$$

$$f' = 764,46$$

$$\text{Re}_e = \frac{\varnothing \rho w V_s d}{\mu}$$

$$\begin{aligned} \text{Re}_e &= \frac{0,85 \times 1000 \times 5,56 \times 10^{-4} \times 2,5 \times 10^{-4}}{1,002 \times 10^{-3}} \\ &= 0,118 \end{aligned}$$

$$\text{Re}_e = 0,118$$

Perhitungan *headloss* menggunakan persamaan Carmen-Kozeny, 1937.

$$H_f = \frac{[f' L (1 - e) V_s^2]}{e^3 g d}$$

$$H_f = \frac{[764,46 \times 0,6 \times (1 - 0,4) \times (5,56 \times 10^{-4})^2]}{0,4^3 \times 9,81 \times 2,5 \times 10^{-4}}$$

$$= 0,542 \text{ m}$$

Headloss media pasir = 54,2 cm

- Headloss media kerikil (penyangga)

Direncanakan :

Diameter saringan ke-1 (10) = 2 mm

Diameter saringan ke-2 (6) = 3,35 mm

Diameter rata – rata kerikil :

$$(DP)_g = (DP_1 \times DP_2)^{1/2}$$

$$= (2 \times 3,35)^{1/2}$$

$$= 2,588 \text{ mm} = 0,26 \text{ cm}$$

$$f' = 150 \frac{(1 - e)}{Re} + 1,75$$

$$f' = 150 \frac{(1 - 0,4)}{1,226} + 1,75$$

$$f' = 75$$

$$Re_e = \frac{\emptyset \rho_w V_s d}{\mu}$$

$$Re_e = \frac{0,85 \times 1000 \times 5,56 \times 10^{-4} \times 2,6 \times 10^{-3}}{1,002 \times 10^{-3}}$$

$$Re_e = 1,226$$

Perhitungan headloss menggunakan persamaan Carmen – Kozeny, 1937.

$$H_f = \frac{[f' L (1 - e) V_a^2]}{e^3 g d}$$

$$H_f = \frac{[75 \times 0,1 \times (1 - 0,4) \times (5,56 \times 10^{-4})^2]}{0,4^3 \times 9,81 \times 2,6 \times 10^{-3}}$$

$$= 0,09 \text{ cm}$$

Headloss media kerikil (penyangga) diperoleh sebesar 0,09 cm.

- Total headloss RSF
 - = headloss media pasir + headloss media kerikil (penyangga)
 - = 54,2 cm + 0,09 cm
 - = 54,29 cm

- Headloss RSF 1,2 m³/m².jam
 - Headloss media pasir
 - Direncanakan :
 - Rate filtration* = 1,2 m/jam
 - = 0,033 cm/s
 - = 3,3 x 10⁻⁴ m/s
 - Tebal media pasir (L) = 60 cm
 - Tebal media penyangga (L) = 10 cm
 - Diameter pasir (d) = 0,5 mm

Diketahui :

$$\text{Konstanta gravitasi (g)} = 981 \text{ cm /s}^2$$

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

Perhitungan :

Diameter rata-rata pasir ((DP)g) :

$$(DP)_g = (DP_1 \times DP_2)^{1/2}$$

$$= (0,150 \times 0,425)^{1/2}$$

$$= 0,252 \text{ mm} = 0,025 \text{ cm}$$

$$f' = 150 \frac{(1 - e)}{Re} + 1,75$$

$$f' = 150 \frac{(1 - 0,4)}{0,069} + 1,75$$

$$f' = 1306$$

$$Re_e = \frac{\varnothing \rho w V_s d}{\mu}$$

$$Re_e = \frac{0,85 \times 1000 \times 3,3 \times 10^{-4} \times 2,5 \times 10^{-4}}{1,002 \times 10^{-3}}$$

$$Re_e = 0,069$$

Perhitungan *headloss* menggunakan persamaan Carmen-Kozeny, 1937.

$$H_f = \frac{[f' L (1 - e) V_s^2]}{e^3 g d}$$

$$H_f = \frac{[1306 \times 0,6 \times (1 - 0,4) \times (3,3 \times 10^{-4})^2]}{0,4^3 \times 9,81 \times 2,5 \times 10^{-4}} = 0,326 \text{ m}$$

Headloss media pasir = 32,6 cm

- Headloss media kerikil (penyangga)

Direncanakan :

Diameter saringan ke-1 (10) = 2 mm

Diameter saringan ke-2 (6) = 3,35 mm

Diameter rata – rata kerikil :

$$(DP)_g = (DP_1 \times DP_2)^{1/2}$$

$$= (2 \times 3,35)^{1/2}$$

$$= 2,588 \text{ mm} = 0,26 \text{ cm}$$

$$f' = 150 \frac{(1 - e)}{Re} + 1,75$$

$$f' = 150 \frac{(1 - 0,4)}{0,728} + 1,75$$

$$f' = 125,376$$

$$Re_e = \frac{\varnothing \rho w V_s d}{\mu}$$

$$Re_e = \frac{0,85 \times 1000 \times 3,3 \times 10^{-4} \times 2,6 \times 10^{-3}}{1,002 \times 10^{-3}}$$

$$Re_e = 0,728$$

Perhitungan headloss menggunakan persamaan Carmen – Kozeny, 1937.

$$H_f = \frac{[f' L (1 - e) V_a^2]}{e^3 g d}$$

$$H_f = \frac{[125,376 \times 0,1 \times (1 - 0,4) \times (3,3 \times 10^{-4})^2]}{0,4^3 \times 9,81 \times 2,6 \times 10^{-3}}$$

$$= 0,05 \text{ cm}$$

Headloss media kerikil (penyangga) diperoleh sebesar 0,05 cm.

- Total headloss RSF
 = headloss media pasir + headloss media kerikil (penyangga)
 = 32,6 cm + 0,05 cm
 = 32,65 cm

4. Headloss

a. Headloss Pipa Untuk Tandon Bawah

V masuk (V pipa suction dan pipa discharge)

Dimana Q = 10 L/menit = 0,17 L/s

Diameter = 25,4 mm = 0,0254 m

$$V \text{ masuk} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

$$V \text{ masuk} = \frac{4 \times 1,7 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times 0,0254^2 \text{ m}^2}$$

$$V \text{ masuk} = 0,335 \text{ m/s} = 0,34 \text{ m/s}$$

Mayor Losses (HL) meliputi :

Discharge

L discharge = 90 cm

D discharge = 25,4 mm = 2,54 cm

Q (debit) = 10 L/menit = 0,17 L/s

C = koefisien kekasaran PVC = 120

$$H_{fdischarge} = \left[\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$
$$H_{fdischarge} = \left[\frac{0,17 \text{ L/s}}{0,00155 \times 120 \times 2,54^{2,63}} \right]^{1,85} \times 0,9 \text{ m}$$
$$H_{fdischarge} = 0,8 \text{ cm}$$

Suction

L suction = 100 cm

D suction = 25,4 mm = 2,54 cm

Q (debit) = 10 L/menit = 0,17 L/s

C = koefisien kekasaran PVC = 120

$$H_{fdischarge} = \left[\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$
$$H_{fdischarge} = \left[\frac{0,17 \frac{\text{L}}{\text{s}}}{0,00155 \times 120 \times 2,54^{2,63}} \right]^{1,85} \times 1 \text{ m}$$
$$H_{fdischarge} = 0,9 \text{ cm}$$

Maka dapat dihitung Mayor Losses dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Mayor Losses} &= H_f \text{ discharge} + H_f \text{ suction} \\ &= 0,8 \text{ cm} + 0,9 \text{ cm} \\ &= 1,7 \text{ cm} \end{aligned}$$

Minor Losses (Hm) Meliputi :

Head akibat 2 belokan 90° (K = 0,3)

kecepatan (v) aliran di dalam pipa = 0,34 m/detik

$$H_f = n \left(\frac{K \times V^2}{2g} \right)$$

$$H_f = 2 \left(\frac{0,3 \times 0,34^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$H_f = 0,0035 \text{ m} = 0,35 \text{ cm}$$

Headloss akibat kecepatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus $V^2/2g$

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = \frac{0,34^2}{2 \times 9,81}$$

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = 0,006 \text{ cm}$$

Head Statis = Tinggi penyangga + Tinggi tandon atas = 2 m

Head Sisa Tekan diasumsikan = 1,57 m

Jadi dari perhitungan diatas dapat dihitung Head pompa dengan rumus :

$$H_{\text{pompa}} = H_{\text{friksi}} + \frac{v^2}{2g} + \text{Head statis} + \text{Head sisa tekan}$$

$$H_{\text{pompa}} = (1,7 + 0,35) + 0,006 + 200 + 157 \text{ cm}$$

$$H_{\text{pompa}} = 360 \text{ cm} \approx 3,6 \text{ m}$$

b. Headloss Pipa Untuk Tandon Atas dengan Rate Filtration $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$

Mayor Losses (HL) meliputi :

Discharge

L discharge = 40 cm

D discharge = 12,7 mm = 1,27 cm

Q (debit) = 15 L/jam = 0,0042 L/s

C = koefisien kekasaran PVC

= 120

$$H_{\text{fdischarge}} = \left[\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

$H_{\text{fdischarge}}$

$$= \left[\frac{0,0042 \frac{\text{L}}{\text{s}}}{0,00155 \times 120 \times 1,27^{2,63}} \right]^{1,85} \times 0,4 \text{ m}$$

$$H_{f\text{discharge}} = 0,011 \text{ cm}$$

Maka dapat dihitung Mayor Losses = Hf discharge
= 0,03 cm

$$V \text{ masuk} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

$$V \text{ masuk} = \frac{4 \times 4,2 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times 0,0127^2 \text{ m}}$$

$$V \text{ masuk} = 0,033 \text{ m/s}$$

Minor Losses (Hm) Meliputi :

Head akibat 1 valve (K = 2)

kecepatan (v) aliran di dalam pipa = 0,033 m/detik

$$H_f = n \left(\frac{K \times V^2}{2g} \right)$$

$$H_f = 1 \left(\frac{2 \times 0,033^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$H_f = 0,00011 \text{ m} = 0,011 \text{ cm}$$

Headloss akibat kecepatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus $V^2/2g$

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = \frac{0,033^2}{2 \times 9,81}$$

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = 0,0055 \text{ cm}$$

Jadi dari perhitungan diatas dapat dihitung Head sistem dengan rumus :

$$H_{\text{sistem}} = \text{Mayor Losses} + \text{Minor Losses} + \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{\text{sistem}} = 0,03 \text{ cm} + 0,011 \text{ cm} + 0,0055 \text{ cm}$$

$$H_{\text{sistem}} = 0,0465 \text{ cm}$$

c. Headloss Pipa Untuk Tandon Atas dengan Rate Filtration $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$

Mayor Losses (HL) meliputi :

Discharge

$$L \text{ discharge} = 40 \text{ cm}$$

$$D \text{ discharge} = 12,7 \text{ mm} = 1,27 \text{ cm}$$

$$Q \text{ (debit)} = 25 \text{ L/jam} = 0,007 \text{ L/s}$$

$$C = \text{koefisien kekasaran PVC} = 120$$

$$H_{f\text{discharge}} = \left[\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

$$H_{f\text{discharge}} = \left[\frac{0,007 \frac{\text{L}}{\text{s}}}{0,00155 \times 120 \times 1,27^{2,63}} \right]^{1,85} \times 0,4 \text{ m}$$

$$H_{f\text{discharge}} = 0,03 \text{ cm}$$

Maka dapat dihitung Mayor Losses = H_f discharge
= 0,03 cm

$$v_{\text{masuk}} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

$$v_{\text{masuk}} = \frac{4 \times 7 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times 0,0127^2 \text{ m}}$$

$$v_{\text{masuk}} = 0,055 \text{ m/s}$$

Minor Losses (H_m) Meliputi :

Head akibat 1 valve ($K = 2$)

kecepatan (v) aliran di dalam pipa = 0,055 m/detik

$$H_f = n \left(\frac{K \times v^2}{2g} \right)$$

$$H_f = 1 \left(\frac{2 \times 0,055^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$H_f = 0,0003 \text{ m} = 0,03 \text{ cm}$$

Headloss akibat kecepatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus $V^2/2g$

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = \frac{0,055^2}{2 \times 9,81}$$

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = 0,015 \text{ cm}$$

Jadi dari perhitungan diatas dapat dihitung Head sistem dengan rumus :

$$H_{\text{sistem}} = \text{Mayor Losses} + \text{Minor Losses} + \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{\text{sistem}} = 0,03 \text{ cm} + 0,03 \text{ cm} + 0,015 \text{ cm}$$

$$H_{\text{sistem}} = 0,075 \text{ cm}$$

d. Headloss Pipa Untuk Unit Slow Sand Filter dengan Rate Filtration $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$

Mayor Losses (HL) meliputi :

Discharge

$$L \text{ discharge} = 150 \text{ cm}$$

$$D \text{ discharge} = 12,7 \text{ mm} = 1,27 \text{ cm}$$

$$Q \text{ (debit)} = 15 \text{ L/jam} = 0,004 \text{ L/s}$$

$$C = \text{koefisien kekasaran}$$

PVC

$$= 120$$

$$H_{f\text{discharge}} = \left[\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

$H_{f\text{discharge}}$

$$= \left[\frac{0,004 \frac{\text{L}}{\text{s}}}{0,00155 \times 120 \times 1,27^{2,63}} \right]^{1,85} \times 1,5 \text{ m}$$

$$H_{f\text{discharge}} = 0,04 \text{ cm}$$

Maka dapat dihitung Mayor Losses = H_f discharge
= 0,04 cm

$$V_{\text{masuk}} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

$$V_{\text{masuk}} = \frac{4 \times 4,2 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{3,14 \times 0,0127^2 \text{ m}}$$

$$V_{\text{masuk}} = 0,033 \text{ m/s}$$

Minor Losses (H_m) Meliputi :

Head Akibat 1 buah Tee tajam ($K = 0,8$)

kecepatan (v) aliran di dalam pipa = 0,033 m/detik

$$H_f = n \left(\frac{K \times V^2}{2g} \right)$$

$$H_f = 1 \left(\frac{0,8 \times 0,033^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$H_f = 0,000045 \text{ m} = 0,0045 \text{ cm}$$

Head akibat 1 belokan 90° ($K = 0,3$)

kecepatan (v) aliran di dalam pipa = 0,033 m/detik

$$H_f = n \left(\frac{K \times V^2}{2g} \right)$$

$$H_f = 1 \left(\frac{0,3 \times 0,033^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$H_f = 0,000017 \text{ m} = 0,0017 \text{ cm}$$

Head akibat 2 valve ($K = 2$)

kecepatan (v) aliran di dalam pipa = 0,033 m/detik

$$H_f = n \left(\frac{K \times V^2}{2g} \right)$$

$$H_f = 2 \left(\frac{2 \times 0,033^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$H_f = 0,00022 \text{ m} = 0,022 \text{ cm}$$

Headloss akibat kecepatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus $V^2 / 2g$:

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = \frac{0,033^2}{2 \times 9,81}$$

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = 0,00056 \text{ cm}$$

Jadi dari perhitungan diatas dapat dihitung Head sistem dengan rumus :

$$H_{\text{sistem}} = \text{Mayor Losses} + \text{Minor Losses} + \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{\text{sistem}} = 0,04 \text{ cm} + 0,0282 \text{ cm} + 0,0056 \text{ cm}$$

$$H_{\text{sistem}} = 0,0738 \text{ cm}$$

e. Headloss Pipa Untuk Unit Slow Sand Filter dengan Rate Filtration $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$

Mayor Losses (HL) meliputi :

Discharge

$$L \text{ discharge} = 150 \text{ cm}$$

$$D \text{ discharge} = 12,7 \text{ mm} = 1,27 \text{ cm}$$

$$Q \text{ (debit)} = 25 \text{ L/jam} = 0,007 \text{ L/s}$$

$$C = \text{koefisien kekasaran PVC}$$

$$= 120$$

$$H_{f\text{discharge}} = \left[\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

$$H_{f\text{discharge}} = \left[\frac{0,007 \frac{\text{L}}{\text{s}}}{0,00155 \times 120 \times 1,27^{2,63}} \right]^{1,85} \times 1,5 \text{ m}$$

$$H_{f\text{discharge}} = 0,1 \text{ cm}$$

Maka dapat dihitung Mayor Losses = Hf discharge
= 0,1 cm

$$v_{\text{masuk}} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

$$V_{\text{masuk}} = \frac{4 \times 7 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{3,14 \times 0,0127^2 \text{ m}}$$

$$V_{\text{masuk}} = 0,055 \text{ m/s}$$

Minor Losses (Hm) Meliputi :

Head Akibat 1 buah Tee tajam (K = 0,8)

kecepatan (v) aliran di dalam pipa = 0,055 m/detik

$$H_f = n \left(\frac{K \times V^2}{2 g} \right)$$

$$H_f = 1 \left(\frac{0,8 \times 0,055^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$H_f = 0,00012 \text{ m} = 0,012 \text{ cm}$$

Head akibat 1 belokan 90° (K = 0,3)

kecepatan (v) aliran di dalam pipa = 0,55 m/detik

$$H_f = n \left(\frac{K \times V^2}{2 g} \right)$$

$$H_f = 1 \left(\frac{0,3 \times 0,055^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$H_f = 0,000047 \text{ m} = 0,0047 \text{ cm}$$

Head akibat 2 valve ($K = 2$)

kecepatan (v) aliran di dalam pipa = 0,055 m/detik

$$H_f = n \left(\frac{K \times V^2}{2g} \right)$$

$$H_f = 2 \left(\frac{2 \times 0,055^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$H_f = 0,0006 \text{ m} = 0,06 \text{ cm}$$

Headloss akibat kecepatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus $V^2/2g$:

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = \frac{0,055^2}{2 \times 9,81}$$

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = 0,015 \text{ cm}$$

Jadi dari perhitungan diatas dapat dihitung Head sistem dengan rumus :

$$H_{\text{sistem}} = \text{Mayor Losses} + \text{Minor Losses} + \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{\text{sistem}} = 0,1 \text{ cm} + 0,077 \text{ cm} + 0,015 \text{ cm}$$

$$H_{\text{sistem}} = 0,192 \text{ cm}$$

f. Headloss Pipa Untuk Unit Ozon dengan Rate Filtration $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$

Mayor Losses (HL) meliputi :

Pipa dengan waktu ozonasi 25 menit

L pipa = 50 cm

D pipa = 12,7 mm = 1,27 cm

Q (debit) = 15 L/jam = 0,0042 L/s

C = koefisien kekasaran PVC = 120

$$H_{f\text{discharge}} = \left[\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

$$H_{f\text{discharge}} = \left[\frac{0,0042 \frac{\text{L}}{\text{s}}}{0,00155 \times 120 \times 1,27^{2,63}} \right]^{1,85} \times 0,5 \text{ m}$$

$$H_{f\text{discharge}} = 0,014 \text{ cm}$$

Maka dapat dihitung :

$$H_f \text{ pipa} = 0,014 \text{ cm}$$

$$V_{\text{masuk}} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

$$V_{\text{masuk}} = \frac{4 \times 4,2 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{3,14 \times 0,0127^2 \text{ m}}$$

$$V_{\text{masuk}} = 0,033 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Minor Losses (H_m) Meliputi :

Head Akibat 1 buah Tee tajam ($K = 0,8$)

kecepatan (v) aliran di dalam pipa = 0,033 m/detik

$$H_f = n \left(\frac{K \times V^2}{2g} \right)$$

$$H_f = 1 \left(\frac{0,8 \times 0,033^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$H_f = 0,000045 \text{ m} = 0,0045 \text{ cm}$$

Head akibat 2 belokan 90° ($K = 0,3$)

kecepatan (v) aliran di dalam pipa = 0,033 m/detik

$$H_f = n \left(\frac{K \times V^2}{2g} \right)$$

$$H_f = 2 \left(\frac{0,3 \times 0,033^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$H_f = 0,000033 \text{ m} = 0,0033 \text{ cm}$$

Head akibat 4 valve ($K = 2$)

kecepatan (v) aliran di dalam pipa = 0,033 m/detik

$$H_f = n \left(\frac{K \times V^2}{2g} \right)$$

$$H_f = 4 \left(\frac{2 \times 0,033^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$H_f = 0,00045 \text{ m} = 0,045 \text{ cm}$$

Headloss akibat kecepatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus $V^2/2g$:

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = \frac{0,033^2}{2 \times 9,81}$$

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = 0,0055 \text{ cm}$$

Jadi dari perhitungan diatas dapat dihitung Head sistem dengan rumus :

$$H_{\text{sistem}} = \text{Mayor Losses} + \text{Minor Losse} + \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{\text{sistem}} = 0,014 \text{ cm} + 0,0528 \text{ cm} + 0,0055 \text{ cm}$$

$$H_{\text{sistem}} = 0,0723 \text{ cm}$$

g. Headloss Pipa Untuk Unit Ozon dengan Rate Filtration $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$

Mayor Losses (HL) meliputi :

Pipa dengan waktu ozonasi 15 menit

$$L \text{ pipa} = 50 \text{ cm}$$

$$D \text{ pipa} = 12,7 \text{ mm} = 1,27 \text{ cm}$$

$$Q \text{ (debit)} = 25 \text{ L/jam} = 0,007 \text{ L/s}$$

$$C = \text{koefisien kekasaran PVC} = 120$$

$$120$$

$$H_{f\text{discharge}} = \left[\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

$$H_{f\text{discharge}} = \left[\frac{0,007 \frac{\text{L}}{\text{s}}}{0,00155 \times 120 \times 1,27^{2,63}} \right]^{1,85} \times 0,5 \text{ m}$$

$$H_{f\text{discharge}} = 0,036 \text{ cm}$$

Maka dapat dihitung :

$$H_f \text{ pipa} = 0,036 \text{ cm}$$

$$V_{\text{masuk}} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

$$V_{\text{masuk}} = \frac{4 \times 7 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{3,14 \times 0,0127^2 \text{ m}}$$

$$V_{\text{masuk}} = 0,055 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Minor Losses (H_m) Meliputi :

Head Akibat 1 buah Tee tajam ($K = 0,8$)

kecepatan (v) aliran di dalam pipa = 0,055 m/detik

$$H_f = n \left(\frac{K \times V^2}{2g} \right)$$

$$H_f = 1 \left(\frac{0,8 \times 0,055^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$H_f = 0,00012 \text{ m} = 0,012 \text{ cm}$$

Head akibat 2 belokan 90° ($K = 0,3$)

kecepatan (v) aliran di dalam pipa = 0,055 m/detik

$$H_f = n \left(\frac{K \times V^2}{2g} \right)$$

$$H_f = 2 \left(\frac{0,3 \times 0,055^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$H_f = 0,000093 \text{ m} = 0,0093 \text{ cm}$$

Head akibat 4 valve ($K = 2$)

kecepatan (v) aliran di dalam pipa = 0,033 m/detik

$$H_f = n \left(\frac{K \times V^2}{2g} \right)$$

$$H_f = 4 \left(\frac{2 \times 0,055^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$H_f = 0,0012 \text{ m} = 0,12 \text{ cm}$$

Headloss akibat kecepatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus $V^2/2g$:

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = \frac{0,055^2}{2 \times 9,81}$$

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = 0,015 \text{ cm}$$

Jadi dari perhitungan diatas dapat dihitung Head sistem dengan rumus :

$$H_{\text{sistem}} = \text{Mayor Losses} + \text{Minor Losses} + \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{\text{sistem}} = 0,036 \text{ cm} + 0,1413 \text{ cm} + 0,015 \text{ cm}$$

$$H_{\text{sistem}} = 0,1923 \text{ cm}$$

h. Headloss Pipa Untuk Unit Rapid Sand Filter dengan Rate Filtration $1,2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$

Mayor Losses (HL) meliputi :

Pipa

$$L \text{ pipa} = 50 \text{ cm}$$

$$D \text{ pipa} = 12,7 \text{ mm} = 1,27 \text{ cm}$$

$$Q \text{ (debit)} = 15 \text{ L/jam} = 0,0042 \text{ L/s}$$

$$C = \text{koefisien kekasaran PVC} = 120$$

$$H_{\text{fsuction}} = \left[\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

$$H_{\text{fsuction}} = \left[\frac{0,0042 \frac{\text{L}}{\text{s}}}{0,00155 \times 120 \times 1,27^{2,63}} \right]^{1,85} \times 0,5 \text{ m}$$

$$H_{\text{fsuction}} = 0,014 \text{ cm}$$

Maka dapat dihitung :

$$H_f \text{ pipa} = 0,014 \text{ cm}$$

$$V_{\text{masuk}} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

$$V_{\text{masuk}} = \frac{4 \times 4,2 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{3,14 \times 0,0127^2 \text{ m}^2}$$

$$V_{\text{masuk}} = 0,033 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,033 \text{ m/s}$$

Minor Losses (Hm) Meliputi :

Head Akibat 2 buah belokan 90 ° (K=0,3)

kecepatan (v) aliran di dalam pipa = 0,033 m/detik

$$H_f = n \left(\frac{K \times V^2}{2 g} \right)$$

$$H_f = 2 \left(\frac{0,3 \times 0,033^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$H_f = 0,000033 \text{ m} = 0,0033 \text{ cm}$$

Head akibat 1 valve (K = 2)

kecepatan (v) aliran di dalam pipa = 0,055 m/detik

$$H_f = n \left(\frac{K \times V^2}{2 g} \right)$$

$$H_f = 1 \left(\frac{2 \times 0,033^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$H_f = 0,00011 \text{ m} = 0,011 \text{ cm}$$

Headloss akibat kecepatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus $V^2/2g$:

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = \frac{0,033^2}{2 \times 9,81}$$

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = 0,0055 \text{ cm}$$

Jadi dari perhitungan diatas dapat dihitung Head sistem dengan rumus :

$$H_{\text{sistem}} = \text{Mayor Losses} + \text{Minor Losses} + \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{\text{sistem}} = 0,014 \text{ cm} + 0,0143 \text{ cm} + 0,0055 \text{ cm}$$

$$H_{\text{sistem}} = 0,0338 \text{ cm}$$

i. Headloss Pipa Untuk Unit Rapid Sand Filter dengan Rate Filtration $2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$

Mayor Losses (HL) meliputi :

Pipa

$$L \text{ pipa} = 50 \text{ cm}$$

$$D \text{ pipa} = 12,7 \text{ mm} = 1,27 \text{ cm}$$

$$Q \text{ (debit)} = 25 \text{ L/jam} = 0,007 \text{ L/s}$$

$$C = \text{koefisien kekasaran PVC} = 120$$

$$H_{\text{fsuction}} = \left[\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

$$= \left[\frac{0,007 \frac{\text{L}}{\text{s}}}{0,00155 \times 120 \times 1,27^{2,63}} \right]^{1,85} \times 0,5 \text{ m}$$

$$H_{\text{fsuction}} = 0,036 \text{ cm}$$

Maka dapat dihitung :

$$H_f \text{ pipa} = 0,036 \text{ cm}$$

$$v_{\text{masuk}} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

$$V \text{ masuk} = \frac{4 \times 7 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{3,14 \times 0,0127^2 \text{ m}^2}$$

$$V \text{ masuk} = 0,055 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,055 \text{ m/s}$$

Minor Losses (Hm) Meliputi :

Head Akibat 2 buah belokan 90° ($K=0,3$)

kecepatan (v) aliran di dalam pipa = 0,055 m/detik

$$H_f = n \left(\frac{K \times V^2}{2g} \right)$$

$$H_f = 2 \left(\frac{0,3 \times 0,055^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$H_f = 0,000093 \text{ m} = 0,0093 \text{ cm}$$

Head akibat 1 valve ($K = 2$)

kecepatan (v) aliran di dalam pipa = 0,055 m/detik

$$H_f = n \left(\frac{K \times V^2}{2g} \right)$$

$$H_f = 1 \left(\frac{2 \times 0,055^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$H_f = 0,0003 \text{ m} = 0,03 \text{ cm}$$

Headloss akibat kecepatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus $V^2/2g$:

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = \frac{0,055^2}{2 \times 9,81}$$

$$\text{Headloss akibat kecepatan} = 0,015 \text{ cm}$$

Jadi dari perhitungan diatas dapat dihitung Head sistem dengan rumus :

$$H_{\text{sistem}} = \text{Mayor Losses} + \text{Minor Losses} + \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{\text{sistem}} = 0,036 \text{ cm} + 0,0393 \text{ cm} + 0,015 \text{ cm}$$

$$H_{\text{sistem}} = 0,0903 \text{ cm}$$

5. Perhitungan Dosis Ozon

a. Perhitungan Dosis Ozon pada Unit Ozon dengan Rate Filtration $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$

Faktor Kelarutan : log 10 s

$$= -0,25 - 0,013 \times (^\circ \text{C})$$

$$= -0,25 - 0,013 \times (29^\circ \text{C})$$

$$= -0,25 - 0,377$$

$$\text{Log } 10 \text{ s} = -0,627$$

$$S = 0,236 (\text{tingkat kelarutan } 23,6\%)$$

Produksi ozon di dalam Air

$$= \text{Produksi Ozon Generator} \times \text{Faktor kelarutan}$$

$$= 0,4 \text{ gr/jam} \times (23,6/100)$$

$$= 0,0944 \text{ gr/jam}$$

Dosis Ozon di Dalam Air

$$= \text{Produksi Ozon di Dalam Air} / \text{Debit Pengolahan}$$

$$= 0,0944 \text{ gr/jam} / 15 \text{ L/jam} \times 1000 \text{ mg}$$

$$= 6 \text{ mg/L}$$

b. Perhitungan Dosis Ozon pada Unit Ozon dengan Rate Filtration $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$

Faktor Kelarutan : log 10 s

$$= -0,25 - 0,013 \times (^\circ \text{C})$$

$$= -0,25 - 0,013 \times (29^\circ \text{C})$$

$$= -0,25 - 0,37$$

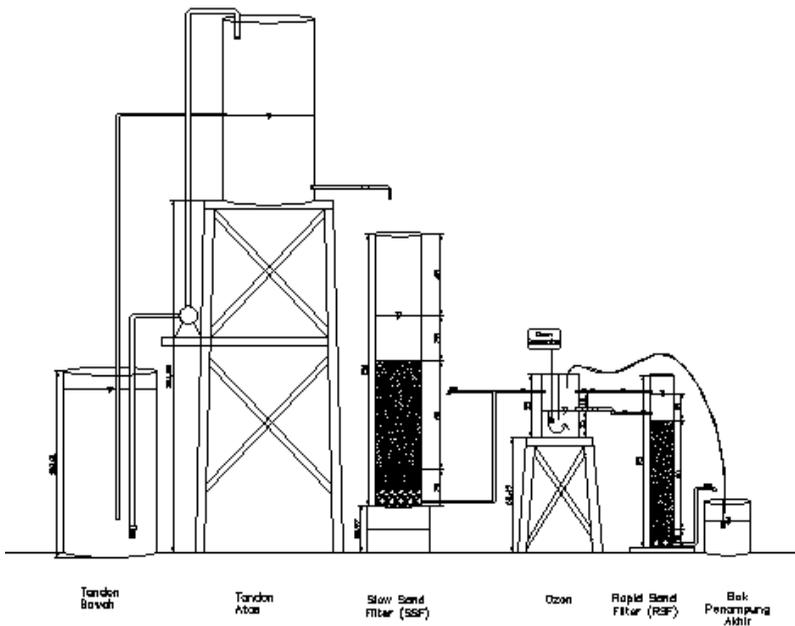
$$\text{Log } 10 \text{ s} = -0,627$$

$$S = 0,236(\text{tingkat kelarutan } 23,6\%)$$

$$\begin{aligned} & \text{Produksi ozon di dalam Air} \\ &= \text{Produksi Ozon Generator} \times \text{Faktor kelarutan} \\ &= 0,4 \text{ gr/ jam} \times (23,6/100) \\ &= 0,0944 \text{ gr/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Dosis Ozon di Dalam Air} \\ &= \text{Produksi Ozon di Dalam Air} / \text{Debit Pengolahan} \\ &= 0,0944 \text{ gr/jam} / 25 \text{ L/jam} \times 1000 \text{ mg} \\ &= 4 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

3.4.4.2 Perlakuan Uji Coba Pengolahan Air Sumur



Gambar 3.2 Set Up Alat Pengolahan Air Sumur Dangkal Tercemar

Penelitian ini diawali dengan proses aklimatisasi untuk membentuk biofilm pada media di unit slow sand filter dan pembiasaan media dengan kondisi air baku yang akan diteliti. Proses aklimatisasi berlangsung selama kurang lebih 2 minggu sebelum dilakukan pengolahan air baku.

Air baku dengan kapasitas 25 L di letakkan pada sebuah tandon. Untuk mengalirkan air baku menuju tandon atas digunakan pompa dan diberi pelimpah pada tandon atas dengan kapasitas 25L/jam agar debit output sebelum masuk unit ozon adalah konstan.

Dari tandon menuju unit pertama yaitu *slow sand filter* dialirkan secara gravitasi dan pada pipa penghubung diberi valve untuk mengatur debit yang masuk unit *slow sand filter*.

Dalam pengoperasian unit *slow sand filter* menggunakan media pasir dengan ukuran 0,1 – 0,3 mm. Air yang masuk sampai keluar menuju unit selanjutnya dibutuhkan waktu 2 jam (untuk variabel 0,5 m/jam) dan 3 jam untuk variabel *filtration rate* 0,3 m/jam. Di dasar reaktor diberi penyangga berupa kerikil dengan diameter 3-5 mm yang berfungsi menyangga pasir agar tidak tercampur dengan air hasil olahan. Ketinggian dan penataan media penyangga sangat menentukan bercampur dan tidaknya air hasil olahan dengan media pasir. Air dari unit *slow sand filter* ini akan mengalir pada unit ozon.

Pengoperasian unit ozon ini didukung adanya ozon generator yang berfungsi menghasilkan ozon dengan output-an sebesar 0,400 gram/jam. Ozon yang dihasilkan diharapkan mampu mendegradasi kandungan zat organik, Besi dan Mangan dan membunuh mikroorganisme yang ada di dalam air baku. Gas yang dihasilkan dari alat ini berupa gas berwarna kebiruan dan berbau menyengat. Output air baku setelah melalui unit ozon ini mengandung flog yang menyebabkan terjadi kekeruhan. Kekeruhan ini disebabkan adanya reaksi kimia yang

menyebabkan adanya mikroorganisme yang mati dan hasil degradasi dari zat organik itu sendiri. Sehingga perlu adanya unit yang selanjutnya yang dapat menyaring hasil olahan dari unit ozon.

Pada unit *rapid sand filter* ini ketebalan media adalah 60 cm. Dalam pengoperasian unit *rapid sand filter* dengan *filtration rate* sebesar 1,2 m/jam (variabel *filtration rate* SSF 0,3 m/jam) dan 2 m/jam (variabel *filtration rate* SSF 0,3 m/jam) ini diharapkan dapat meremoval hasil olahan dari unit ozon yang masih mengandung kekeruhan hasil pemecahan partikel antara ozon dan senyawa yang terkandung dalam air baku sehingga didapatkan kualitas effluent yang memenuhi standar baku mutu air minum. Seluruh rangkaian unit pengolahan air minum ini dioperasikan secara kontinyu selama \pm 4,5 jam sesuai dengan kebutuhan air rumah tangga untuk minum yaitu 25 L/hari.

Terdapat dua variabel yang digunakan dalam pengoperasian seluruh unit pengolahan ini yaitu waktu detensi pada ozon dan yang kedua yaitu *filtration rate* pada unit *slow sand filter* 0,3 dan 0,5 m/jam.

- a. Waktu detensi pada unit ozon yaitu selama 15 menit dan 25 menit (0,5 m/jam SSF) dan 25 menit dan 40 menit (0,3 m/jam SSF). Kemudian dilakukan analisis terhadap hasil dari kedua variabel waktu detensi ini dan dipilih pada waktu detensi mana yang memiliki hasil optimum dalam meremoval zat organik, Fe dan Mn. Karena penggunaan teknologi ozon ini bertujuan untuk meremoval zat organik, Fe dan Mn yang terkandung pada air baku.
- b. Variasi yang kedua yaitu *filtration rate* pada unit *slow sand filter* yaitu 0,3 dan 0,5 m/jam. Tujuan dari dilakukan adanya variasi *filtration rate* ini yaitu untuk mengetahui hasil optimum yang digunakan dalam unit *slow sand filter* ini dan yang efektif menurunkan parameter kekeruhan, kandungan Fe dan Mn pada air baku.

Parameter yang digunakan dalam penelitian kali ini yaitu Besi, Mangan dan Kekeruhan karena parameter ini dapat dijumpai pada air baku yang berasal dari tanah. Berdasarkan PerMenKes no 492 Tahun 2010. yaitu untuk parameter Besi adalah 0,3 mg/L, parameter Mangan adalah 0,4 mg/L dan kekeruhan adalah 5 NTU.

Setelah pengoperasian reaktor tersebut dilakukan pengujian parameter kekeruhan (Turbidimeter) dan kandungan Fe, Mn (Metode Spektrofotometer) pada Laboratorium Teknik Lingkungan-ITS.

3.4.4.2 Pengambilan Sampel Air untuk Analisa Parameter

Dalam metode pengambilan sampel yang menjadi perbedaan antar variabel adalah waktu pengambilan sampel air. Hal ini dikarenakan flow rate pada slow sand filter berbeda yaitu 0,3 dan 0,5 m/jam. Berikut merupakan cara pengambilan sampel tiap variabel :

1. Pengambilan sampel sebagai control

Sampel yang digunakan sebagai kontrol diperlakukan tanpa penambahan ozonisasi, urutan pengolahan dari tandon → slow sand filter → ozon (tanpa ozonisasi) → rapid sand filter.

Adapun cara pengambilan sampel untuk variabel filtration rate yaitu :

* Filtration rate $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$

1. Sampel pertama adalah air baku yang diambil dari tandon (I) sebelum dipompa ke tandon atas (II).
2. Sampel kedua yaitu setelah melewati *slow sand filter*. Waktu detensi untuk mengalirkan air dari tandon II menuju *slow sand filter* adalah 3 jam, jadi untuk pengambilan air sampel dari slow sand filter setelah 3

jam. Pengambilan air sampel tidak boleh dilakukan sebelum 3 jam untuk menghindari tercampurnya air hasil pengolahan yang sebelumnya.

3. Sampel ketiga diambil setelah melewati ozon (tanpa ozonisasi) dan rapid sand filter. Adanya sampel sebagai kontrol bertujuan untuk membandingkan hasil antara sampel dengan ozonisasi dengan sampel tanpa ozonisasi. Waktu pengambilan sampel ketiga adalah 50 menit setelah air sampel melewati rapid sand filter. Dengan waktu detensi 50 menit, filtration rate di rapid sand filter menjadi $1,2 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$.

* Filtration rate $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$

1. Sampel pertama adalah air baku yang diambil dari tandon (I) sebelum dipompa ke tandon atas (II).
2. Sampel kedua yaitu setelah melewati *slow sand filter*. Waktu detensi untuk mengalirkan air dari tandon II menuju *slow sand filter* adalah 2 jam, jadi untuk pengambilan air sampel dari slow sand filter setelah 2 jam. Pengambilan air sampel tidak boleh dilakukan sebelum 2 jam pengaliran untuk menghindari tercampurnya air hasil pengolahan yang sebelumnya.
3. Pengambilan sampel ketiga dilakukan setelah melewati ozon (tanpa ozonisasi) dan rapid sand filter. Waktu yang dibutuhkan untuk melewati reaktor ozon adalah 15 menit, kemudian air akan masuk ke rapid sand filter dan sampai keluar air dibutuhkan waktu detensi 30 menit. Pengambilan air sampel ketiga dilakukan setelah 30 menit pengolahan.

2. Pengambilan sampel dengan filtration rate $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$.

* Waktu ozonisasi 25 menit

1. Pengambilan sampel pertama adalah pada outlet slow sand filter. Waktu detensi slow sand filter dengan filtration rate $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{jam}$ adalah 3 jam. Pengambilan sampel tidak boleh dilakukan sebelum 3 jam dikarenakan akan tercampurnya dengan air hasil olahan sebelumnya.
2. Pengambilan sampel kedua adalah setelah proses ozonisasi selama 25 menit (outlet bawah). Proses ozonisasi dilakukan pada saat air masuk ke dalam reaktor ozon hingga waktu ozonisasi 25 menit, outlet yang digunakan untuk mengambil air sampel ini yaitu outlet bagian bawah.
3. Pengambilan sampel ketiga dilakukan setelah melewati unit rapid sand filter. Dibutuhkan waktu 50 menit untuk pengolahan dalam rapid sand filter, maka pengambilan sampel dilakukan setelah menit ke 50.

* Waktu ozonisasi 40 menit

Pengambilan sampel dengan waktu ozonisasi 40 menit dilakukan setelah waktu ozonisasi 25 menit. Pengambilan sampel dapat dilakukan dengan cara berikut:

1. Pengambilan sampel pertama dilakukan setelah melewati unit slow sand filter. Waktu pengambilan sampel dilakukan setelah 40 menit pengolahan.
2. Pengambilan sampel kedua dilakukan setelah air melewati unit ozon. Ozonisasi dilakukan selama 40 menit, outlet yang digunakan untuk pengambilan air sampel adalah outlet bagian atas reaktor ozon.
3. Pengambilan sampel ketiga dilakukan setelah melewati unit *rapid sand filter*, waktu yang

dibutuhkan untuk air masuk hingga keluar menjadi air minum adalah 50 menit.

3. Pengambilan sampel dengan filtration rate $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$.

* Waktu ozonisasi 15 menit

1. Pengambilan sampel pertama adalah dilakukan setelah melewati unit *slow sand filter*. Waktu yang dibutuhkan air masuk hingga keluar unit yaitu 2 jam. Pengambilan sampel dilakukan setelah 2 jam, hal ini dikarenakan akan tercampurnya air dengan hasil olahan sebelumnya.
2. Pengambilan sampel kedua dilakukan setelah air melewati unit *slow sand filter* dan masuk ke dalam reaktor ozon. Waktu yang diperlukan air masuk ke dalam unit ozon hingga keluar melalui outlet ozon bagian bawah dengan penambahan ozonisasi yaitu 15 menit. Pengambilan sampel dilakukan setelah 15 menit ozonisasi.
3. Pengambilan sampel ketiga yaitu setelah air melewati unit *rapid sand filter*. Waktu yang diperlukan air masuk hingga keluar dari unit *rapid sand filter* yaitu 30 menit, sehingga pengambilan sampel dapat dilakukan setelah 30 menit pengolahan.

* Waktu ozonisasi 25 menit

1. Pengambilan sampel pertama dilakukan setelah melewati unit *slow sand filter*. Waktu yang dibutuhkan air masuk hingga keluar unit adalah selama 2 jam, sehingga pengambilan sampel dapat dilakukan setelah 2 jam.
2. Pengambilan sampel kedua dilakukan setelah air melewati unit *slow sand filter* dan masuk ke dalam

reaktor ozon. Waktu yang diperlukan air masuk ke dalam unit ozon hingga keluar melalui outlet ozon bagian atas dengan penambahan ozonisasi yaitu 25 menit. Pengambilan sampel dilakukan setelah 25 menit ozonisasi.

3. Pengambilan sampel ketiga dilakukan setelah melewati unit *rapid sand filter*. Waktu yang diperlukan air masuk hingga keluar dari unit *rapid sand filter* yaitu 30 menit, sehingga pengambilan sampel dapat dilakukan setelah 30 menit pengolahan.

3.4.5 Analisa Data dan Pembahasan

Analisis data dan pembahasan dilakukan terhadap data yang diperoleh dari hasil analisis. Data tersebut meliputi nilai kandungan kekeruhan dan nilai kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) pada air baku yang diambil dari 9 titik sampling yang sudah ditentukan dan juga beberapa hal yang mempengaruhi nilai tersebut. Selain itu juga data mengenai variasi kecepatan pengolahan pada unit *slow sand filter* dan variasi waktu detensi yang digunakan pada unit ozon. Hal ini dilakukan untuk memastikan apakah waktu detensi dan kecepatan pengolahan berhasil memenuhi tujuan dari penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk meyisihkan kandungan kekeruhan dan kandungan Fe dan Mn pada air baku selain itu juga untuk mengetahui kecepatan pengolahan dan waktu detensi optimum yang digunakan dalam penelitian ini. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kandungan kekeruhan dan kandungan Fe dan Mn.

3.4.6 Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan dalam penelitian ini didasarkan pada data yang diperoleh dari penelitian dan analisis yang telah dilakukan sebelumnya. Kesimpulan bertujuan untuk menjawab tujuan dari penelitian dan untuk mempermudah pembaca untuk memperoleh gambaran ringkasan hasil dari penelitian yang telah dilakukan. Saran berguna bagi penelitian selanjutnya supaya tidak terjadi kesalahan yang sama dan dapat tercapainya penyempurnaan penelitian sehingga diperoleh informasi yang dapat dipertanggung jawabkan dalam penelitian-penelitian selanjutnya.

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Air Baku

Air baku yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berasal dari air sumur dangkal dekat sungai tercemar, salah satu warga Brebek-Waru Sidoarjo. Sumur yang digunakan warga Brebek-Waru juga berdekatan (± 6 meter) dari Kali Buntung yang arah alirannya dari kawasan industri SIER menuju timur Gedangan. Dari survey yang telah dilakukan pada beberapa narasumber warga Brebek dikatakan bahwa salah satu penyebab Kali Buntung memiliki kualitas yang buruk karena limbah industri SIER dibuang begitu saja pada kali yang lebarnya ± 6 meter itu, dan banyak lagi kegiatan warga yang membuang limbahnya pada aliran kali ini terutama limbah air mandi, dan cuci, serta beberapa industri rumahan seperti bengkel dan laundry juga membuang air limbahnya pada kali ini tanpa ada pengolahan terlebih dahulu.

Parameter dalam penelitian ini adalah kekeruhan, Besi dan Mangan yang merupakan salah satu persyaratan kualitas air minum yang harus memenuhi baku mutu menurut PERMENKES RI NO.492/MENKES/PER/IV/2010.

4.2 Analisis Media dan Penyangga Filter

Data hasil pengayakan pasir untuk unit slow sand filter menggunakan ayakan 40 mesh (0,425 mm) dan 100 mesh dengan lubang 0,150 mm. Media pasir yang digunakan dalam unit rapid sand filter menggunakan ayakan 36 mesh dengan lubang 0,5 mm. Media pasir pada unit slow sand filter dilakukan aklimatisasi terlebih dahulu selama 2 minggu sebelum pengoperasian seluruh unit dengan tujuan menumbuhkan mikroorganisme (*biofilm*) pada media. Tujuan dilakukan aklimatisasi yaitu untuk menumbuhkan

mikroorganisme pada media pasir yang nantinya dalam pengolahan air berfungsi mendegradasi kontaminan pada air baku. Media pasir unit rapid sand filter tidak dilakukan aklimatisasi karena fungsinya untuk menyaring partikel yang dihasilkan unit reaktor ozon. Gambar saringan yang digunakan dapat dilihat pada gambar 4.1.

Penyangga filter menggunakan kerikil hitam dengan diameter 3-5 mm. Penyusunan media kerikil pada reaktor dilakukan dari diameter terkecil dan semakin kebawah diameter kerikil menjadi lebih besar, hal ini dilakukan agar media pasir yang sudah tersusun tidak tergerus bersamaan dengan air yang mengalir melewati media kerikil. Media penyangga untuk slow sand filter adalah 20 cm, dan untuk rapid sand filter adalah 10 cm. Ketinggian media penyangga pada slow sand filter lebih tinggi dikarenakan reaktor yang digunakan besar yaitu 10 inch dan media pasir yang digunakan banyak yaitu sampai ketinggian 60 cm pada reaktor, sehingga membutuhkan penyangga yang kuat dan tinggi.



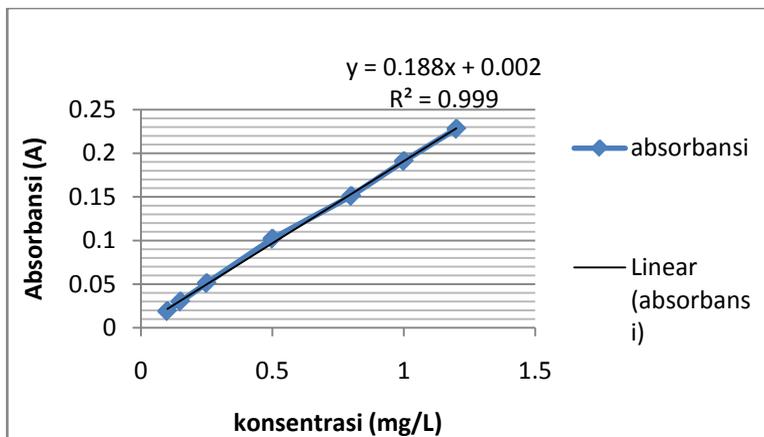
Gambar 4.1 Ayakan Media Pasir

4.3 Pengaruh Variasi *Rate Filtration* dan Waktu Ozonisasi terhadap Efisiensi Penurunan Besi (Fe)

Untuk mendapatkan nilai konsentrasi Besi hasil dari pembacaan spektrofotometer ($\lambda = 510 \text{ nm}$) dapat dihitung dari memasukkan rumus pada hasil kalibrasi Besi. Berikut merupakan hasil kalibrasi Besi dengan nilai $R^2 = 0,999$. nilai yang didapat dari spektrofotometer dalam bentuk Absorbansi (y), kemudian dimasukkan dalam rumus $y = 0,188x + 0,002$, nilai x yang didapat merupakan konsentrasi sampel.

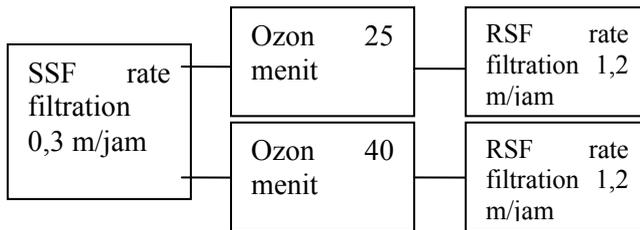
konsentrasi	absorbansi
0.1	0.019
0.15	0.03
0.25	0.051
0.5	0.102
0.8	0.151
1	0.191
1.2	0.228

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai pengaruh variasi *filtration rate* dan waktu ozonisasi dalam meremoval Besi (Fe). Dari data yang didapatkan, dapat diketahui hasil pengolahan dengan variabel mana Fe dapat teremoval dengan baik dan efektif. Pengaruh dua variabel tersebut, akan dijelaskan pada sub bab berikut :



4.3.1 Hasil Analisa Besi (Fe) dengan Variasi *Filtration Rate* 0,3 m³/m².jam

Hal pertama dan penting yang dilakukan dalam melakukan variasi filtration rate adalah pengaturan debit pada valve sebelum masuk ke unit pertama yaitu slow sand filter. Cara mendapatkan filtration rate 0,3 m³/m².jam adalah dengan mengatur (membuka dan menutup) stop kran pada pipa penghubung antara tandon atas dengan slow sand filter menggunakan beaker glass 1 L, stop watch hingga mendapatkan debit 125 ml/30 detik. Gambar 4.2 menampilkan rangkaian unit untuk variabel filtration rate SSF 0,3 m³/m².jam.



Gambar 4.2 Rangkaian Unit Variabel Filtration Rate SSF 0,3 m³/m².jam

Hasil analisa laboratorium Fe dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Hasil Analisa Laboratorium Fe dengan *Rate Filtration* SSF 0,3 m³/m².jam

hari ke-	Tandon (mg/jam)	SSF	Efisiensi Removal (%)	Ozon	Efisiensi Removal (%)	RSF	Efisiensi Removal (%)
Kontrol (tanpa ozonasi)							
1	5,35	3,99	25,37	-	-	1,20	70

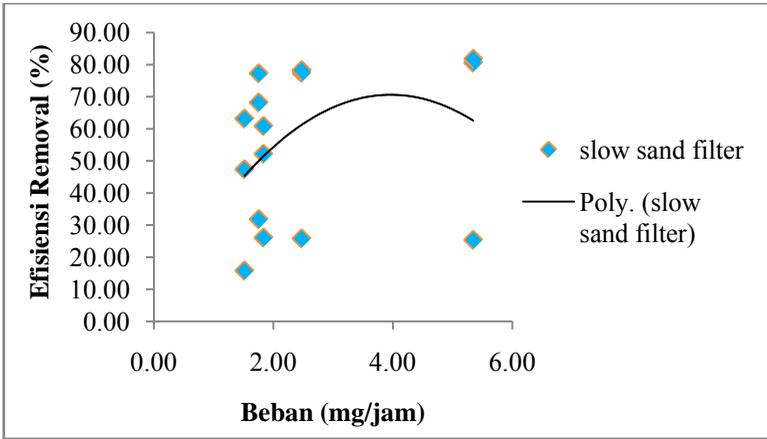
Lanjutan Tabel 4.1

hari ke-	Tandon (mg/jam)	SSF	Efisiensi Removal (%)	Ozon	Efisiensi Removal (%)	RSF	Efisiensi Removal (%)
2	2,47	1,84	25,81	-	-	0,40	78,26
3	1,84	1,36	26,09	-	-	0,40	70,59
4	1,76	1,20	31,82	-	-	0,48	60
5	1,52	1,28	15,79	-	-	0,56	56,25
Ozonasi 25 menit							
1	5,35	1,04	80,60	0,84	19,02	0,47	55,17
2	2,47	0,56	77,42	0,51	9,14	0,28	50,29
3	1,84	0,88	52,17	0,56	36,36	0,24	72,73
4	1,76	0,56	68,18	0,16	71,43	0,08	85,71
5	1,52	0,80	47,37	0,40	50,00	0,16	80,00
Ozonasi 40 menit							
1	5,35	0,98	81,76	0,32	67,27	0,16	83,63
2	2,47	0,54	78,25	0,48	11,03	0,24	55,52
3	1,84	0,72	60,87	0,16	77,78	0,00	100,00
4	1,76	0,40	77,27	0,15	61,36	0,06	85,12
5	1,52	0,56	63,16	0,16	71,43	0,08	85,71

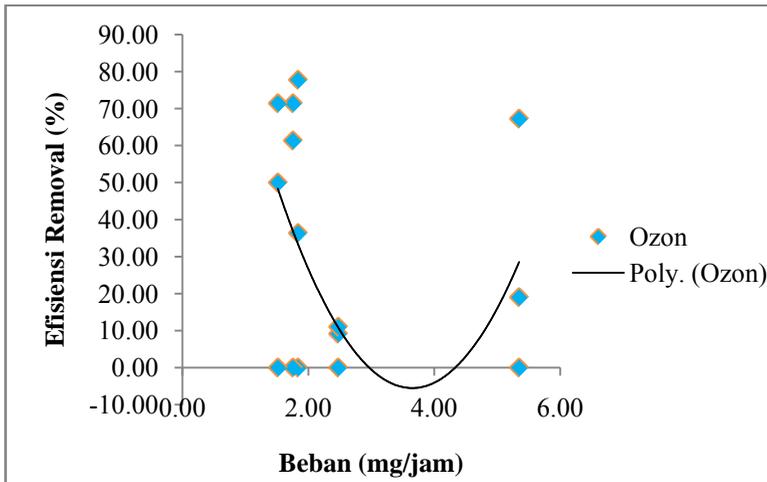
Sumber : Analisa Laboratorium Teknik Lingkungan-FTSP

Dari tabel diatas dapat dibaca kecenderungan data dengan melihat grafik 4.1 – 4.3 berikut.

Berdasarkan tabel 4.1 di atas dapat dilihat bahwa beban yang masuk sebelum dilakukan pengolahan bervariasi, sehingga kemampuan unit slow sand filter dalam meremoval besi berbeda tipe harinya. Kemampuan unit *slow sand filter* semakin hari dan semakin lama waktu *running* menunjukkan perubahan efisiensi



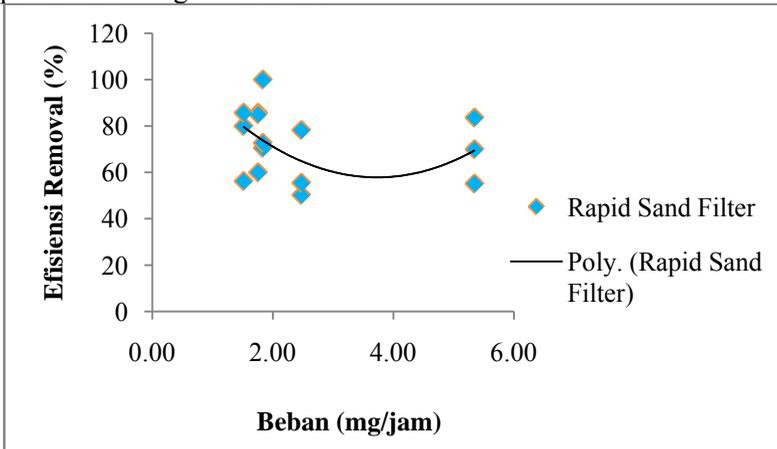
Grafik 4.1 Nilai Besi Tanpa Ozonasi pada *Rate filtration* 0,3 m³/m².jam



Grafik 4.2 Nilai Besi dengan Ozonasi 25 Menit pada *Rate filtration* 0,3 m³/m².jam

removal yang semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu filtrasi, maka proses degradasi yang dilakukan oleh mikroorganisme terhadap besi terjadi dengan baik. Proses degradasi besi pada unit slow sand filter dilakukan dengan cara

mikroorganisme yang hidup pada media filter, akan mendegradasi pencemar sebagai makanan.



Grafik 4.3 Nilai Besi dengan Ozonasi 40 Menit pada *Rate filtration* 0,3 m³/m².jam

Efisiensi removal besi terbaik pada unit slow sand filter terjadi pada hari ke-1 sebesar 81.76% dengan beban masuk sebesar 5.346 mg/jam menjadi 0.975 mg/jam. Selain pada hari ke-1 beban yang masuk lebih kecil dengan efisiensi removal yang lebih kecil. Efisiensi removal besi yang belum stabil ini disebabkan karena beban yang masuk mengalami penurunan/kenaikan yang tidak stabil pula.

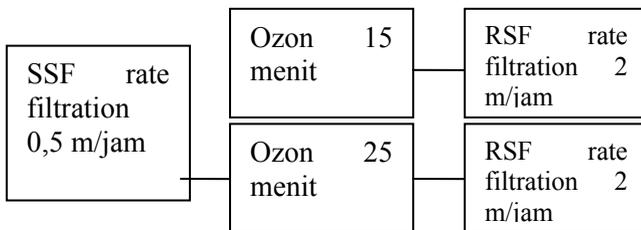
Kemampuan ozonasi dalam meremoval besi, semakin lama waktu kontak antara ozon dengan air baku, maka efisiensi removal yang didapatkan semakin baik pula. Hasil ozonasi terbaik adalah pada hari ke-3 sebesar 77.78% dengan beban awal sebesar 0.718 mg/jam menjadi 0.16 mg/jam. Kemampuan unit ozon dalam meremoval besi sangat bergantung pada dosis ozon dalam air. Semakin sedikit dosis ozon dalam air, maka efisiensi removal ozon semakin rendah. Dosis ozon ini dipengaruhi dari bahan utama yang masuk alat ozon generator. Ditinjau dari jurnal yang didapatkan, banyaknya ozon yang dihasilkan dipengaruhi

oleh faktor udara yang digunakan berasal dari udara bebas atau berasal dari senyawa oksigen murni. Dikatakan pula, apabila menggunakan oksigen, hasilnya dapat meningkat 4 kali dibanding menggunakan udara bebas.

Beban besi yang dapat diturunkan rapid sand filter terbesar adalah pada hari ke-3 yaitu sebesar 100% dengan beban masuk sebesar 0.16 mg/jam. Pengolahan ini sempurna karena beban yang diolah tidak terlalu tinggi, sehingga proses memberikan hasil maksimal. Ukuran partikel sangat mempengaruhi keefektifan rapid sand filter.

4.3.2 Hasil Analisa Besi (Fe) dengan Variasi *Filtration Rate* 0,5 m³/m².jam

Hal pertama dan penting yang dilakukan dalam melakukan variasi filtration rate adalah pengaturan debit pada valve sebelum masuk ke unit pertama yaitu slow sand filter. Cara mendapatkan filtration rate 0,5 m³/m².jam adalah dengan mengatur (membuka dan menutup) stop kran pada pipa penghubung antara tandon atas dengan slow sand filter menggunakan beaker glass 1 L, stop watch hingga mendapatkan debit 208 ml/30 detik. Gambar 4.2 menampilkan rangkaian unit untuk variabel filtration rate SSF 0,5 m³/m².jam.



Gambar 4.3 Rangkaian Unit Variabel Filtration Rate SSF 0,5 m³/m².jam

Dengan variasi filtration rate dari 0,3 m³/m².jam menjadi 0,5 m³/m².jam berdampak pada waktu detensi pada ozon dan

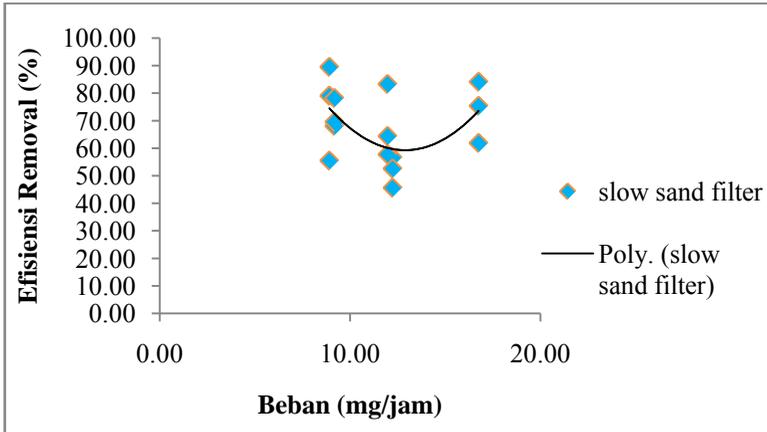
filtration rate pada rapid sand filter yang akan mengikuti sesuai dengan variabel yang digunakan. Berikut merupakan hasil penelitian dengan variabel $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$.

Tabel 4.2 Hasil Analisa Laboratorium Fe dengan Rate Filtration SSF $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$

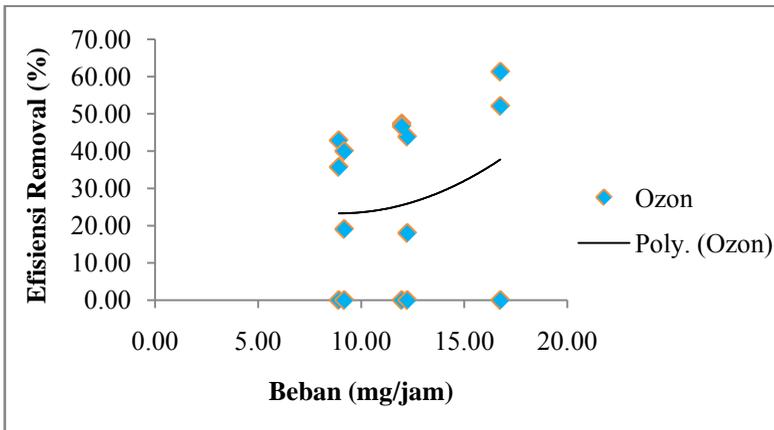
hari ke-	Tandon	SSF	Efisiensi Removal (%)	Ozon	Efisiensi Removal (%)	RSF	Efisiensi Removal (%)
Kontrol (tanpa ozonasi)							
1	8,91	3,96	55,52	-	-	1,06	73,15
2	11,97	4,26	64,44	-	-	3,72	12,50
3	9,18	2,93	68,12	-	-	2,39	18,18
4	12,23	5,30	56,68	-	-	4,52	14,69
5	16,76	2,66	84,13	-	-	2,39	10,00
Ozonasi 15 menit							
1	8,91	1,86	79,10	1,20	35,71	0,53	71,43
2	11,97	5,05	57,78	2,66	47,37	1,40	72,29
3	9,18	2,79	69,57	2,26	19,05	1,20	57,14
4	12,23	5,80	52,61	3,26	43,85	2,99	48,44
5	16,76	4,12	75,40	1,60	61,29	1,33	67,74
Ozonasi 25 menit							
1	8,91	0,93	89,55	0,53	42,86	0,53	42,86
2	11,97	1,99	83,33	1,06	46,67	0,58	71,17
3	9,18	1,99	78,26	1,20	40,00	1,06	46,67
4	12,23	6,65	45,65	5,45	18,00	3,28	50,74
5	16,76	6,38	61,90	3,06	52,08	1,30	79,63

Sumber : Analisa Laboratorium Teknik Lingkungan-FTSP

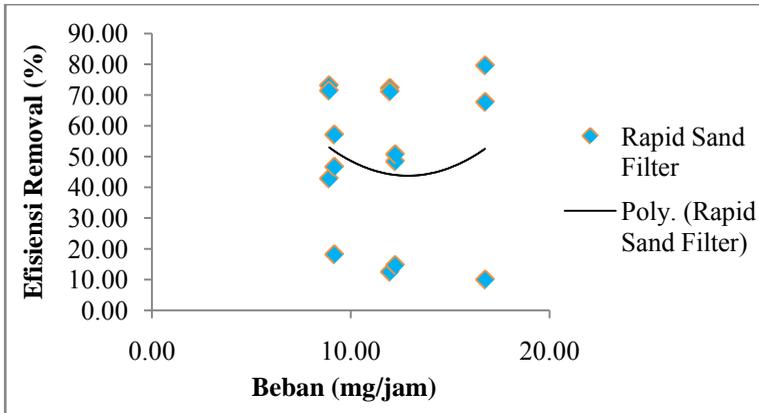
Dari tabel diatas dapat dibaca kecenderungan data dengan melihat grafik 4.4 – 4.6 berikut.



Grafik 4.4 Nilai Besi Tanpa Ozonasi pada *Rate filtration* $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$



Grafik 4.5 Nilai Besi dengan Ozonasi 15 Menit pada *Rate filtration* $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$



Grafik 4.6 Nilai Besi dengan Ozonasi 25 Menit pada *Rate filtration* 0,5 m³/m².jam

Berdasarkan tabel 4.2 di atas dapat dilihat bahwa beban yang masuk sebelum dilakukan pengolahan bervariasi, sehingga kemampuan unit *slow sand filter* dalam meremoval besi berbeda-beda tiap harinya. Kemampuan unit *slow sand filter* semakin hari dan semakin lama waktu *running* menunjukkan perubahan efisiensi removal yang cenderung lebih besar. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu filtrasi, maka proses degradasi yang dilakukan oleh mikroorganisme terhadap besi terjadi dengan baik. Proses degradasi besi pada unit *slow sand filter* dilakukan dengan cara mikroorganisme yang hidup menempel pada media filter, akan mendegradasi pencemar sebagai makanan.

Efisiensi removal besi terbaik pada unit *slow sand filter* terjadi pada hari ke-5 sebesar 84.13% dengan beban masuk sebesar 16.755 mg/jam menjadi 2.660 mg/jam. Selain pada hari ke-5 beban yang masuk lebih kecil dengan efisiensi removal yang relatif lebih kecil. Secara keseluruhan nilai besi dalam air baku setelah melewati unit pengolahan mengalami penurunan, walaupun penurunannya tidak konstant. Efisiensi removal besi yang belum stabil (naik/turun) ini disebabkan karena beban yang

masuk mengalami penurunan/kenaikan yang tidak stabil pula dan mempengaruhi kinerja unit slow sand filter.

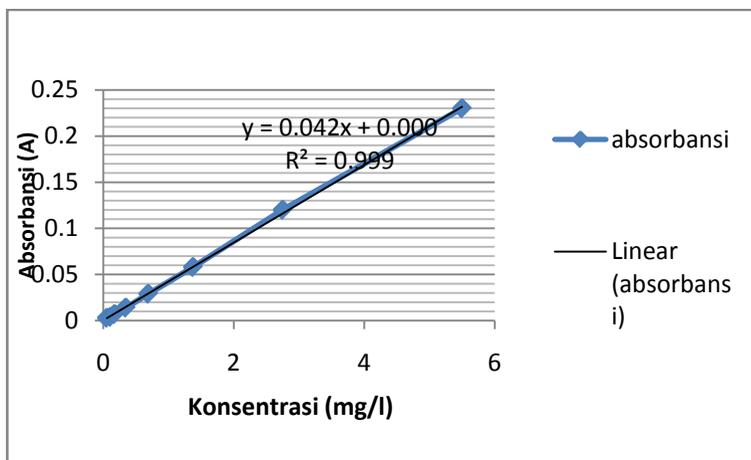
Unit selanjutnya setelah dilakukan filtrasi oleh slow sand filter adalah proses ozonasi oleh ozon generator. Kemampuan ozonasi dalam meremoval besi, semakin lama waktu kontak antara ozon dengan air baku, maka efisiensi removal yang didapatkan semakin baik pula. Hasil ozonasi terbaik adalah pada hari ke-5 sebesar **52.08%** dengan beban awal sebesar 6.383 mg/jam menjadi 3.06 mg/jam. Kemampuan unit ozon dalam meremoval besi sangat bergantung pada dosis ozon dalam air. Semakin sedikit dosis ozon dalam air, maka efisiensi removal ozon semakin rendah. Dosis ozon ini dipengaruhi dari bahan utama yang masuk alat ozon generator. Ditinjau dari jurnal yang didapatkan, banyaknya ozon yang dihasilkan dipengaruhi oleh faktor udara yang digunakan berasal dari udara bebas atau berasal dari senyawa oksigen murni. Dikatakan pula, apabila menggunakan oksigen, hasilnya dapat meningkat 4 kali dibanding menggunakan udara bebas.

Unit selanjutnya yaitu rapid sand filter. Pada unit ini proses yang terjadi adalah penyaringan partikel yang dihasilkan maupun yang lolos dari unit sebelumnya, sehingga air baku sudah memenuhi baku mutu dan siap dikonsumsi sebagai air minum. Beban besi yang dapat diturunkan rapid sand filter terbesar adalah pada hari ke-5 yaitu sebesar 79.63% dengan beban masuk sebesar 3.06 mg/jam menjadi 1.30 mg/jam. Hasil yang didapatkan secara keseluruhan menunjukkan rapid sand filter belum stabil dalam mengolah air baku. Ketidakstabilan ini dikarenakan ukuran partikel yang dihasilkan dari proses ozonasi belum menjadi flog, sehingga pada saat masuk pada unit rapid sand filter terdapat beberapa partikel yang masih lolos. Ukuran partikel sangat mempengaruhi keefektifan rapid sand filter dalam menyaring air baku.

4.4 Pengaruh Variasi *Rate Filtration* dan Waktu Ozonisasi terhadap Efisiensi Penurunan Mangan (Mn)

konsentrasi	absorbansi
0.055	0.003
0.11	0.004
0.172	0.007
0.344	0.014
0.688	0.029
1.375	0.058
2.75	0.12
5.5	0.23

Nilai konsentrasi tiap sampel parameter Mn sama halnya dengan Besi, dapat diketahui dari **grafik kalibrasi**. Nilai yang didapat dari spektrofotometer ($\lambda = 540$) dalam bentuk Absorbansi (y), kemudian dimasukkan dalam rumus $y = 0,0421x + 0,0003$, nilai x yang didapat, merupakan konsentrasi sampel.



4.4.1 Hasil Analisa Mangan Variasi Rate Filtration 0,3 m³/m².jam

Hal pertama dan penting yang dilakukan dalam melakukan variasi filtration rate adalah pengaturan debit pada valve sebelum masuk ke unit pertama yaitu slow sand filter. Cara mendapatkan filtration rate 0,3 m³/m².jam adalah dengan mengatur (membuka dan menutup) stop kran pada pipa penghubung antara tandon atas dengan slow sand filter menggunakan beaker glass 1 L, stop watch hingga mendapatkan debit 125 ml/30 detik. Pada variabel filtration rate ini, proses ozonisasi menjadi 25 dan 40 menit dan filtration rate pada rapid sand filter adalah 1,2 m³/m².jam. hasil analisa laboratorium dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Hasil Analisa Laboratorium Mn dengan Rate Filtration SSF 0,3 m³/m².jam

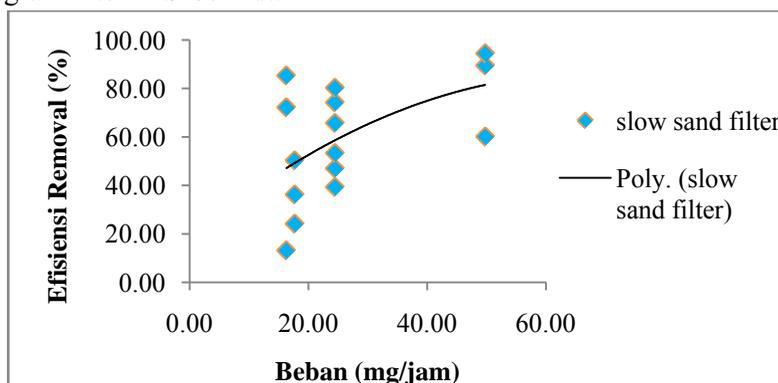
hari ke-	Tandon	SSF	Efisiensi Removal I (%)	Ozon	Efisiensi Removal (%)	RSF	Efisiensi Removal (%)
Kontrol (tanpa ozonasi)							
1	17,71	13,43	24,14	0,00	0,00	11,65	13,26
2	24,48	14,86	39,30	0,00	0,00	6,66	55,16
3	24,48	8,38	65,75	0,00	0,00	4,75	43,39
4	16,28	14,14	13,13	0,00	0,00	7,10	49,84
5	49,77	19,85	60,13	0,00	0,00	7,38	62,84
Ozonasi 25 menit							
1	17,71	11,29	36,22	10,23	9,46	4,32	61,77
2	24,48	12,98	46,99	9,06	30,14	2,48	80,86
3	24,48	6,31	74,24	4,58	27,34	1,81	71,36
4	16,28	4,52	72,21	3,53	21,97	0,76	83,26
5	49,77	5,24	89,48	4,88	6,80	1,58	69,80
Ozonasi 40 menit							

Lanjutan Tabel 4.3

hari ke-	Tandon	SSF	Efisiensi Removal (%)	Ozon	Efisiensi Removal (%)	RSF	Efisiensi Removal (%)
1	17,71	8,80	50,30	4,52	48,58	3,36	61,78
2	24,48	11,43	53,32	8,11	29,05	2,07	81,88
3	24,48	4,83	80,28	3,46	28,39	1,29	73,37
4	16,28	2,39	85,34	2,03	14,93	0,87	63,63
5	49,77	2,74	94,49	2,46	10,26	0,68	75,18

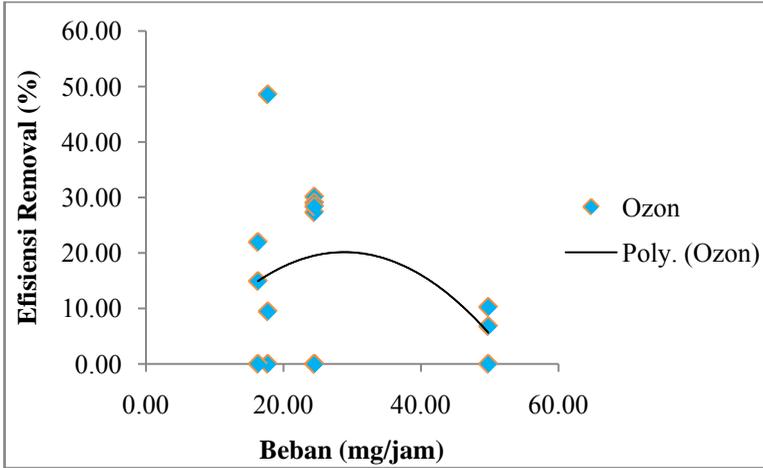
Sumber : Analisa Laboratorium Teknik Lingkungan-FTSP

Dari tabel diatas dapat dibaca kecenderungan data dengan melihat grafik 4.7 – 4.9 berikut.

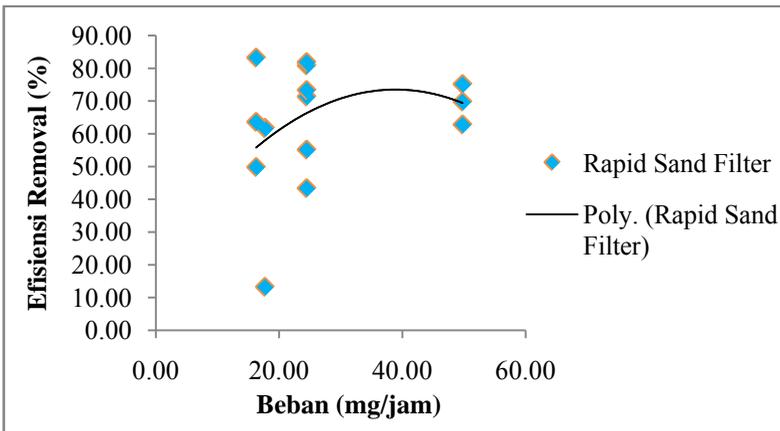


Grafik 4.7 Nilai Mangan Tanpa Ozonasi pada *Rate filtration* 0,3 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$

Grafik 4.7, 4.8, 4.9 di atas merupakan grafik beban Mn di tiap unit pengolahan dengan variabel $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$, yaitu grafik tanpa ozonisasi, ozonisasi selama 25 menit dan ozonisasi selama 40 menit. Berdasarkan grafik yang disajikan diatas dapat dilihat bahwa air baku yang digunakan kandungan Mn per hari memiliki beban yang cukup besar yaitu antara 16 mg/jam sampai 50 mg/jam.



Grafik 4.8 Nilai Mangan dengan Ozonasi 25 Menit pada *Rate filtration* $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$



Grafik 4.9 Nilai Mangan dengan Ozonasi 40 Menit pada *Rate filtration* $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$

Dari data yang dihasilkan dapat dilihat bahwa beban yang masuk tiap harinya berbeda-beda. Kemampuan unit *slow sand filter* semakin hari dan semakin lama waktu *running* menunjukkan perubahan efisiensi removal yang cenderung lebih besar. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu filtrasi, maka proses degradasi yang dilakukan oleh mikroorganisme terhadap mangan terjadi dengan baik.

Efisiensi terbaik pada pengolahan SSF terjadi pada hari ke-5 yaitu sebesar 94.49 %. Pada hari ke-5 ini beban yang dapat didegradasi slow sand filter dari 49.774 mg/jam menjadi 2.743 mg/jam. Proses degradasi mangan oleh slow sand filter pada hari ke-5 terjadi dengan sempurna karena pada hari ke-5 ini telah mengalami waktu *running* yang lama sehingga mikroorganisme yang tinggal/menempel pada media pasir mengalami perkembangbiakan dan membutuhkan makanan yang banyak, sehingga melakukan degradasi dengan baik.

Unit selanjutnya setelah dilakukan filtrasi oleh slow sand filter adalah proses ozonasi oleh ozon generator. Waktu detensi pada unit ozon ini adalah 25 dan 40 menit dikarenakan debit dan filtration ratenya kecil, sehingga waktu tinggal semakin lama. Kemampuan ozonasi dalam meremoval mangan, semakin lama waktu kontak antara ozon dengan air baku, maka efisiensi removal yang didapatkan semakin baik pula. Hasil ozonasi terbaik adalah pada hari ke-1 sebesar **48.58%** dengan beban awal sebesar 8.80 mg/jam menjadi 4.52 mg/jam. Sehingga dapat dikatakan bahwa unit ozon bekerja maksimal pada beban 8 mg/jam. Kemampuan unit ozon dalam meremoval mangan sangat bergantung pada dosis ozon dalam air. Semakin sedikit dosis ozon dalam air, maka efisiensi removal ozon semakin rendah. Ditinjau dari jurnal yang didapatkan, banyaknya ozon yang dihasilkan dipengaruhi oleh faktor udara yang digunakan berasal dari udara bebas atau berasal dari senyawa oksigen murni. Dikatakan pula, apabila menggunakan oksigen, hasilnya dapat meningkat 4 kali dibanding menggunakan udara bebas.

Pada unit rapid sand filter, efisiensi removal mangan terbaik terjadi pada hari ke-2 yaitu sebesar 81.88% dari beban awal sebesar 8.11mg/jam menjadi 2.07 mg/jam. Dari tabel 4.2 juga dapat dikatakan bahwa rapid sand filter efektif dalam meremoval mangan pada beban 8 – 9 mg/jam. Hasil yang didapatkan secara keseluruhan menunjukkan rapid sand filter belum stabil dalam mengolah air baku. Ketidakstabilan ini dikarenakan ukuran partikel yang dihasilkan dari proses ozonasi belum sepenuhnya menjadi flog, sehingga pada saat masuk pada unit rapid sand filter terdapat beberapa partikel yang masih lolos melewati pori. Ukuran partikel sangat mempengaruhi keefektifan rapid sand filter dalam menyaring air baku.

4.4.2 Hasil Analisa Mangan Variasi Rate Filtration 0,5 m³/m².jam

Hal pertama dan penting yang dilakukan dalam melakukan variasi filtration rate adalah pengaturan debit pada valve sebelum masuk ke unit pertama yaitu slow sand filter. Cara mendapatkan filtration rate 0,5 m³/m².jam sama dengan mendapatkan filtration rate 0,3 m³/m².jam dengan mengatur stop kran yang menjadi penghubung antara tandon atas dengan unit selanjutnya yaitu slow sand filter. Cara yang sama digunakan untuk mendapatkan filtration rate yang berbeda angka. Hasil analisa mangan dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Hasil Analisa Laboratorium Mn dengan Rate Filtration SSF 0,5 m³/m².jam

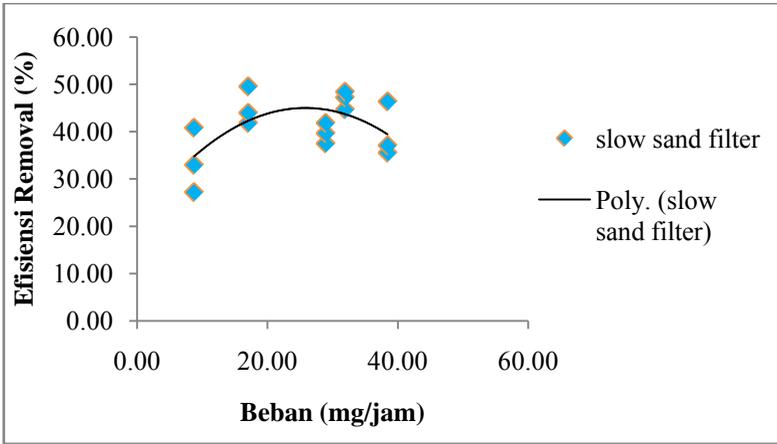
hari ke-	Tandon	SSF	Efisiensi Removal I (%)	Ozon	Efisiensi Removal (%)	RSF	Efisiensi Removal (%)
Kontrol (tanpa ozonasi)							
1	8,73	5,17	40,82	-	-	4,83	6,61
2	31,89	17,64	44,69	-	-	9,92	43,77

Lanjutan Tabel 4.4

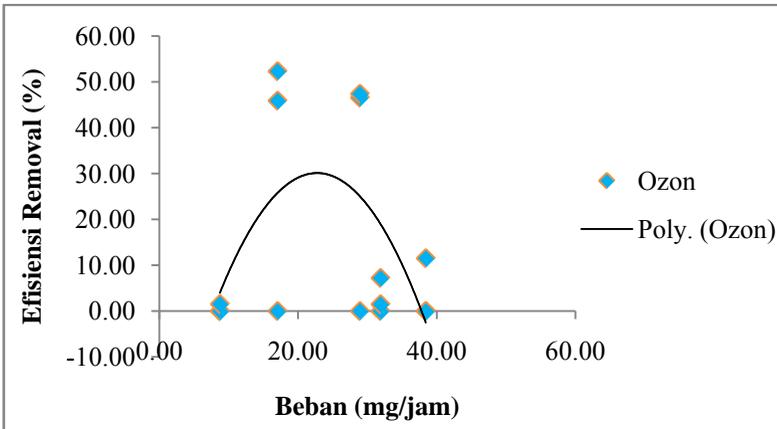
hari ke-	Tandon	SSF	Efisiensi Removal (%)	Ozon	Efisiensi Removal (%)	RSF	Efisiensi Removal (%)
3	17,04	9,92	41,81	-	-	7,54	23,95
4	38,42	24,76	35,55	-	-	15,86	35,97
5	28,92	18,08	37,50	-	-	8,05	55,46
Ozonasi 15 menit							
1	8,73	6,35	27,21	6,35	0,00	4,63	27,21
2	31,89	16,83	47,24	16,58	1,49	8,48	49,63
3	17,04	9,55	43,96	5,17	45,90	4,80	49,74
4	38,42	24,17	37,09	24,17	0,00	15,08	37,63
5	28,92	17,45	39,66	9,32	46,57	7,98	54,30
Ozonasi 25 menit							
1	8,73	5,85	32,98	5,76	1,54	4,57	21,84
2	31,89	16,45	48,42	15,26	7,22	4,57	72,20
3	17,04	8,60	49,54	4,10	52,33	3,30	61,63
4	38,42	20,61	46,37	18,23	11,53	8,63	58,14
5	28,92	16,83	41,82	8,85	47,40	7,43	55,87

Sumber : Analisa Laboratorium Teknik Lingkungan-FTSP

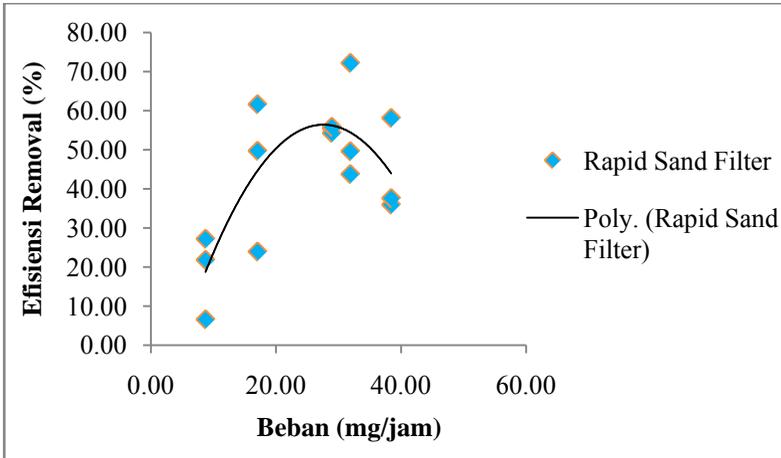
Dari tabel diatas dapat dibaca kecenderungan data dengan melihat grafik 4.10 – 4.12 berikut.



Grafik 4.10 Nilai Mangan Tanpa Ozonasi pada *Rate filtration* 0,5 m³/m².jam



Grafik 4.11 Nilai Mangan dengan Ozonasi 15 Menit pada *Rate filtration* 0,5 m³/m².jam



Grafik 4.12 Nilai Mangan dengan Ozonisasi 25 Menit pada *Rate filtration* $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$

Grafik 4.10, 4.11, 4.12 di atas merupakan grafik beban Mn di tiap unit pengolahan dengan variabel $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$, yaitu grafik tanpa ozonisasi, ozonisasi selama 15 menit dan ozonisasi selama 25 menit. Berdasarkan grafik yang disajikan diatas dapat dilihat bahwa air baku yang digunakan, memiliki kandungan Mn per hari memiliki beban yang cukup besar yaitu antara 9 mg/jam sampai 38 mg/jam.

Dari data yang dihasilkan dapat dilihat bahwa beban yang masuk tiap harinya berbeda-beda. Kemampuan unit *slow sand filter* semakin hari dan semakin lama waktu *running* menunjukkan perubahan efisiensi removal yang cenderung lebih besar. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu filtrasi, maka proses degradasi yang dilakukan oleh mikroorganisme terhadap mangan terjadi dengan baik.

Efisiensi terbaik pada pengolahan SSF terjadi pada hari ke-2 yaitu sebesar 48.42 %. Pada hari ke-2 ini beban yang dapat didegradasi slow sand filter dari 31.89 mg/jam menjadi 16.44

mg/jam. Efisiensi removal antara hari ke-2 dan hari ke-4 tidak banyak perbedaan yaitu pada beban 31.89 mg/jam dan 38.42 mg/jam. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa slow sand filter dengan kecepatan $0.5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$ dapat bekerja mendegradasi mangan dengan optimal pada kisaran beban 31.89 – 38.42 mg/jam.

Unit selanjutnya setelah dilakukan filtrasi oleh slow sand filter adalah proses ozonasi oleh ozon generator. Waktu detensi pada unit ozon ini adalah 15 dan 25 menit. Kemampuan ozonasi dalam meremoval mangan, semakin lama waktu kontak antara ozon dengan air baku, maka efisiensi removal yang didapatkan semakin baik pula. Hasil ozonasi terbaik adalah pada hari ke-5 sebesar **47.40%** dengan beban awal sebesar 16.82 mg/jam menjadi 8.85 mg/jam. Sehingga dapat dikatakan bahwa unit ozon bekerja maksimal pada beban 17 mg/jam. Kemampuan unit ozon dalam meremoval mangan sangat bergantung pada dosis ozon dalam air. Semakin sedikit dosis ozon dalam air, maka efisiensi removal ozon semakin rendah. Ditinjau dari jurnal yang didapatkan, banyaknya ozon yang dihasilkan dipengaruhi oleh faktor udara yang digunakan berasal dari udara bebas atau berasal dari senyawa oksigen murni.

Pada unit rapid sand filter, efisiensi removal mangan terbaik terjadi pada hari ke-2 yaitu sebesar 72.20% dari beban awal sebesar 15.2 mg/jam menjadi 4.57 mg/jam. Dari tabel 4.2 juga dapat dikatakan bahwa rapid sand filter efektif dalam meremoval mangan pada beban 15 - 16 mg/jam. Hasil yang didapatkan secara keseluruhan menunjukkan rapid sand filter belum stabil dalam mengolah air baku dengan beban yang fluktuatif. Ketidakstabilan ini dikarenakan ukuran partikel yang dihasilkan dari proses ozonasi belum sepenuhnya menjadi flog, sehingga pada saat masuk pada unit rapid sand filter terdapat beberapa partikel yang masih lolos melewati pori. Ukuran partikel sangat mempengaruhi keefektifan rapid sand filter dalam menyaring air baku.

4.5 Pengaruh Variasi *Rate Filtration* dan Waktu Ozonisasi terhadap Efisiensi Penurunan Kekeruhan

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai pengaruh variasi *filtration rate* dan waktu ozonisasi dalam meremoval Kekeruhan. Dari data yang didapatkan, dapat diketahui hasil pengolahan dengan variabel mana kekeruhan dapat teremoval dengan baik dan efektif. Pengaruh dua variabel tersebut, akan dijelaskan pada sub bab berikut :

4.5.1 Hasil Analisa Kekeruhan Variasi *Rate Filtration* 0,3 m³/m².jam

Untuk mendapatkan hasil berapa kekeruhan yang terkandung pada air baku dan setelah pengolahan diperlukan alat yang disebut turbidimeter. Alat ini khusus digunakan untuk mengukur turbidi/kekeruhan, satuan dari kekeruhan adalah NTU. Berdasarkan PERMENKES RI NO.492/MENKES/PER/IV/2010, kadar maksimum untuk kekeruhan yang diperbolehkan dalam air minum adalah sebesar 5NTU. Hasil analisa laboratorium untuk parameter kekeruhan dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Hasil Analisa Laboratorium Kekeruhan dengan *Rate Filtration* SSF 0,3 m³/m².jam

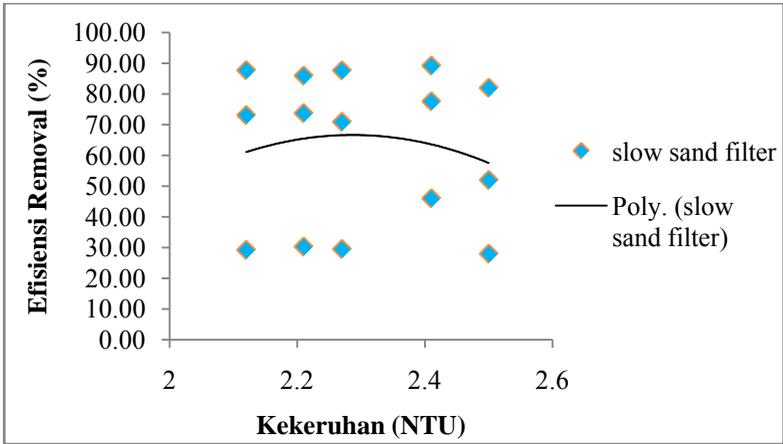
hari ke-	Tandon	SSF	Efisiensi Removal (%)	Ozon	Efisiensi Removal (%)	RSF	Efisiensi Removal (%)
Kontrol (tanpa ozonasi)							
1	2,41	1,3	46,06	0,00	0,00	0,670	48,46
2	2,5	1,8	28,00	0,00	0,00	0,960	46,67
3	2,12	1,5	29,25	0,00	0,00	0,520	65,33
4	2,27	1,6	29,52	0,00	0,00	0,590	63,125
5	2,21	1,54	30,32	0,00	0,00	0,540	64,94

Lanjutan Tabel 4.5

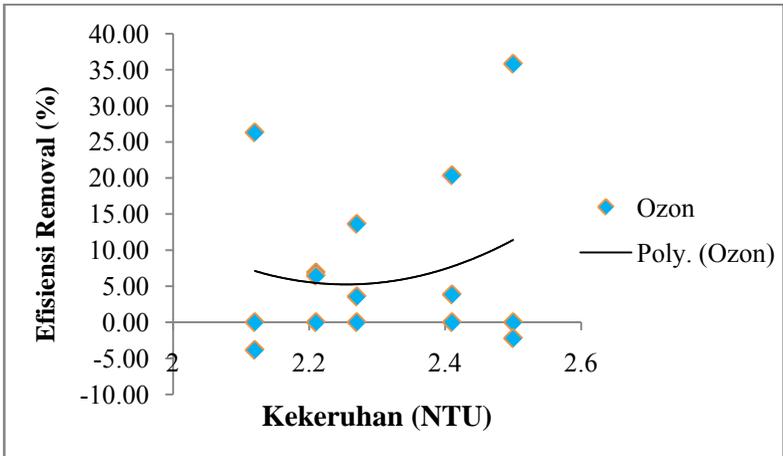
hari ke-	Tandon	SSF	Efisiensi Removal (%)	Ozon	Efisiensi Removal (%)	RSF	Efisiensi Removal (%)
Ozonasi 25 menit							
1	2,41	0,54	77,59	0,43	20,37	0,360	33,33
2	2,5	1,20	52,00	0,77	35,83	0,560	53,33
3	2,12	0,57	73,11	0,42	26,32	0,330	42,11
4	2,27	0,66	70,93	0,57	13,64	0,340	48,48
5	2,21	0,58	73,76	0,54	6,90	0,340	41,38
Ozonasi 40 menit							
1	2,41	0,26	89,21	0,25	3,85	0,220	15,38
2	2,5	0,45	82,00	0,46	-2,22	0,320	28,89
3	2,12	0,26	87,74	0,27	-3,85	0,210	19,23
4	2,27	0,28	87,67	0,27	3,57	0,220	21,43
5	2,21	0,31	85,97	0,29	6,45	0,270	12,90

Sumber : Analisa Laboratorium Teknik Lingkungan-FTSP

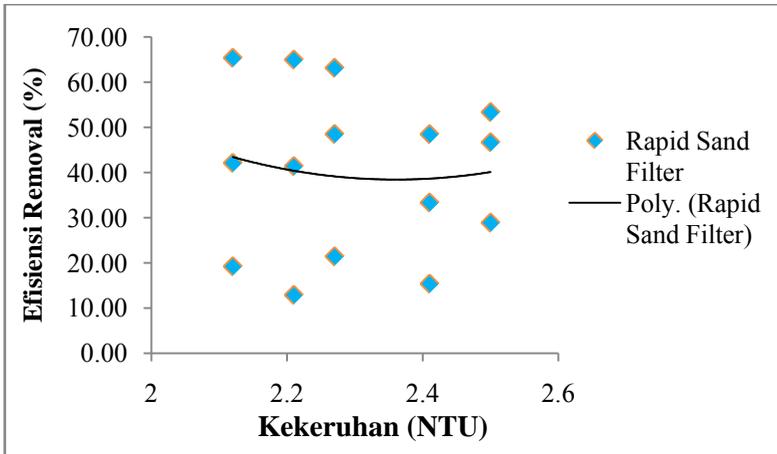
Dari tabel diatas dapat dibaca kecenderungan data dengan melihat grafik 4.13 – 4.15 berikut.



Grafik 4.13 Nilai Kekeruhan Tanpa Ozonasi pada *Rate filtration* 0,3 m³/m².jam



Grafik 4.14 Nilai Kekeruhan dengan Ozonasi 25 Menit pada *Rate filtration* 0,3 m³/m².jam



Grafik 4.15 Nilai Kekeruhan dengan Ozonasi 40 Menit pada *Rate filtration* $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$

Grafik 4.13, 4.14, 4.15 menjelaskan mengenai kandungan kekeruhan yang berada di tiap unit selama 5 hari penelitian. Kandungan kekeruhan pada hari kedua mempunyai nilai kekeruhan tertinggi jika dibandingkan dengan nilai kekeruhan pada hari yang lain. Salah satu faktor yang menyebabkan kekeruhan tinggi yaitu dikarenakan penggerusan tanah sekitar oleh aliran sungai yang mengalir di sepanjang kali buntung. Kali buntung merupakan kali dengan lebar kurang lebih 6 meter yang berjalan dari Jl Raya Taman menuju timur Sedati. Lokasi sumur ini berada di daerah Brebek-Waru Sidoarjo.

Banyak aktifitas warga yang membuang limbahnya langsung ke badan sungai, sehingga kualitas air sungai menjadi sangat jelek. Salah satu kegiatan warga yang membuang limbahnya langsung ke kali Buntung ini yaitu jasa pencucian motor, laundry, bengkel, dan limbah mandi dan cuci warga yang dapat menjadi salah satu penyebab terjadi kekeruhan tinggi.

Proses removal kekeruhan terjadi pada unit slow sand filter, yang sangat efektif dalam menyaring kekeruhan yang tidak terlalu tinggi nilainya (< 50 NTU), karena memakai pasir dengan diameter kecil dan dengan ketinggian 60 cm, sehingga dalam menyaring kekeruhan slow sand filter ini memiliki nilai removal tinggi. Dalam unit ozonisasi partikel yang menjadi penyebab kekeruhan tidak mengalami penyaringan, sehingga efisiensi removal pada unit ozon tidak terlalu besar. Dalam proses ozonasi ini memungkinkan terjadi pembentukan partikel baru karena proses pemecahan senyawa pencemar (besi, mangan, dan senyawa organik lain) menjadi partikel baru yang belum stabil.

Proses penyaringan kekeruhan yang terakhir yaitu pada unit rapid sand filter. Unit ini dipilih dalam penelitian ini karena tujuan dari rapid sand filter yaitu untuk menyaring partikel yang masih lolos dari unit slow sand filter dan unit ozon, sehingga air baku yang dihasilkan dari keseluruhan proses pengolahan memiliki hasil pengolahan yang baik dan layak digunakan sebagai air minum. Ukuran partikel sangat mempengaruhi keefektifan rapid sand filter dalam menyaring air baku.

4.5.2 Hasil Analisa Kekeruhan Variasi Rate Filtration 0,5 $m^3/m^2 \cdot jam$

Hasil analisa laboratorium untuk parameter kekeruhan dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Hasil Analisa Laboratorium Kekeruhan dengan Rate Filtration SSF 0,5 $m^3/m^2 \cdot jam$

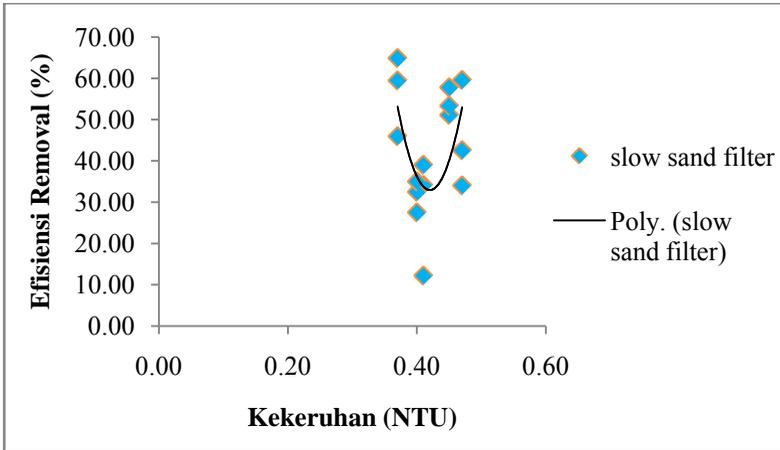
hari ke-	Tandon	SSF	Efisiensi Removal (%)	Ozon	Efisiensi Removal (%)	RSF	Efisiensi Removal (%)
Kontrol (tanpa ozonasi)							
1	0,47	0,31	34,04	-	-	0,23	25,81

Lanjutan Tabel 4.6

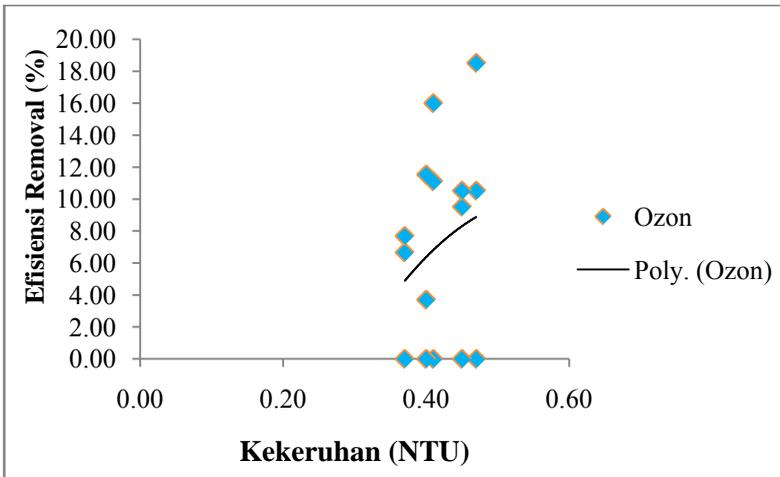
hari ke-	Tandon	SSF	Efisiensi Removal (%)	Ozon	Efisiensi Removal (%)	RSF	Efisiensi Removal (%)
2	0,41	0,36	12,20	-	-	0,31	13,89
3	0,45	0,22	51,11	-	-	0,17	22,73
4	0,40	0,29	27,50	-	-	0,25	13,79
5	0,37	0,20	45,95	-	-	0,18	10,00
Ozonasi 15 menit							
1	0,47	0,27	42,55	0,22	18,52	0,13	51,85
2	0,41	0,27	34,15	0,24	11,11	0,17	37,04
3	0,45	0,21	53,33	0,19	9,52	0,08	61,90
4	0,40	0,27	32,50	0,26	3,70	0,17	37,04
5	0,37	0,15	59,46	0,14	6,67	0,13	13,33
Ozonasi 25 menit							
1	0,47	0,19	59,57	0,17	10,53	0,10	47,37
2	0,41	0,25	39,02	0,21	16,00	0,15	40,00
3	0,45	0,19	57,78	0,17	10,53	0,11	42,11
4	0,40	0,26	35,00	0,23	11,54	0,17	34,62
5	0,37	0,13	64,86	0,12	7,69	0,10	23,08

Sumber : Analisa Laboratorium Teknik Lingkungan-FTSP

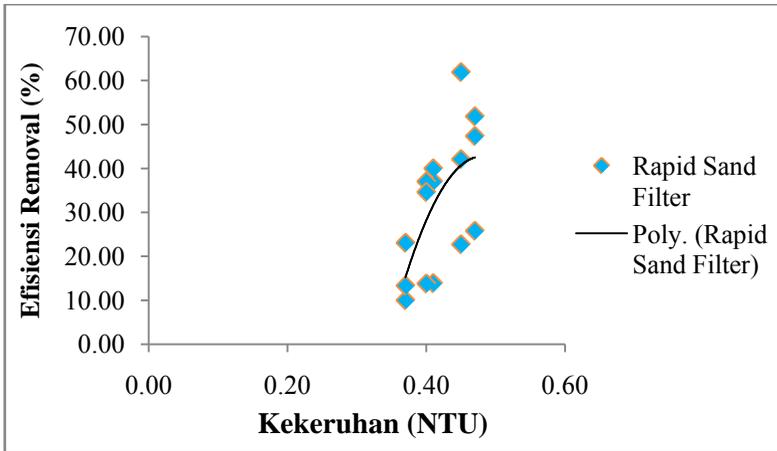
Dari tabel diatas dapat dibaca kecenderungan data dengan melihat grafik 4.16 – 4.18 berikut.



Grafik 4.16 Nilai Kekeruhan Tanpa Ozonasi pada *Rate filtration* 0,5 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$



Grafik 4.17 Nilai Kekeruhan dengan Ozonasi 15 Menit pada *Rate filtration* 0,5 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$



Grafik 4.18 Nilai Kekeruhan dengan Ozonasi 25 Menit pada *Rate filtration* $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa kekeruhan akan menurun setelah melewati di tiap unit pengolahan, namun penurunan tidak terlalu signifikan. Sebelum dilakukan pengolahan terhadap kekeruhan, air baku sudah memenuhi persyaratan air minum yaitu maksimal 5 NTU, namun tetap menggunakan parameter kekeruhan dikarenakan pada saat penelitian ini air pada sumur dalam keadaan hampir penuh dan pada musim hujan jadi pengenceran terjadi mulai dari sungai yang mengalir di samping sumur yang menyebabkan intrusi air ke dalam sumur. Pada penelitian pendahuluan, yaitu pada musim kemarau, didapatkan nilai kekeruhan adalah 8 NTU, jadi air baku ini tetap membutuhkan pengolahan parameter kekeruhan sebelum dikonsumsi warga.

Efisiensi removal kekeruhan pada unit ssf terbaik adalah pada hari ke-2 yaitu sebesar 39.02% dengan beban awal sebesar 0.41 NTU menjadi 0.25 NTU. Hal ini dapat dikatakan bahwa slow sand filter dapat meremoval kekeruhan pada nilai 0.4 NTU secara optimum. Efisiensi removal pada penelitian tahap ini

memiliki nilai efisiensi yang kecil, hal ini dikarenakan air baku memiliki kekeruhan yang kecil yaitu berkisar 0.37 NTU sampai 0.47 NTU. Nilai kekeruhan yang sangat kecil ini memungkinkan proses filtrasi yang dilakukan oleh unit penyaringan slow sand filter maupun rapid sand filter tidak bekerja optimum, sehingga nilai efisiensi removalnya kecil. Unit selanjutnya yaitu rapid sand filter. Pada unit ini terjadi penyaringan partikel yang dihasilkan maupun yang lolos dari pengolahan sebelumnya. Efisiensi removal rapid sand filter terbaik adalah pada hari ke-2 yaitu sebesar 40 % dari nilai 0.21 NTU menjadi 0.15 NTU. Dari hasil ini, dapat dikatakan bahwa unit rapid sand filter bekerja optimum pada kisaran nilai kekeruhan 0.22 NTU – 0.17 NTU. Ukuran partikel sangat mempengaruhi keefektifan rapid sand filter dalam menyaring air baku.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari tugas akhir ini adalah :

1. Nilai terbesar efisiensi removal pada slow sand filter terhadap besi, mangan, dan kekeruhan :
 - Besi : efisiensi removal (84,13%) ; beban awal – akhir (16,76 mg/jam – 2,67 mg/jam).
 - Mangan : efisiensi removal (48,42%) ; beban awal – akhir (31,89 mg/jam – 16,45 mg/jam).
 - Kekeruhan: efisiensi removal (89,21 %) ; kekeruhan awal – akhir (2,41 NTU – 0,26 NTU)
2. Nilai terbesar efisiensi removal pada unit ozon terhadap besi, mangan, dan kekeruhan :
 - Besi : efisiensi removal (75,4%) ; beban awal-akhir (16,76 mg/jam – 4,12 mg/jam).
 - Mangan : efisiensi removal (47,40%) ; beban awal – akhir (16,82 mg/jam – 8,85 mg/jam).
 - Kekeruhan: efisiensi removal (35,83 %) ; kekeruhan awal – akhir (1,2 NTU – 0,77 NTU)
3. Nilai terbesar efisiensi removal pada unit rapid sand filter terhadap besi, mangan, dan kekeruhan :
 - Besi : efisiensi removal (79,63%) ; beban awal-akhir (3,06 mg/jam – 1,3 mg/jam).
 - Mangan : efisiensi removal (72,20%) ; beban awal – akhir (15,26 mg/jam – 4,57 mg/jam).

Kekeruhan: efisiensi removal (64,94 %) ; kekeruhan awal – akhir (1,54 NTU – 0,54 NTU)

5.2 Saran

Adapun saran dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai diameter media dan kecepatan aliran pada unit *slow sand filter* yang efektif dalam mengolah air sumur dangkal dekat sungai tercemar.
2. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai dosis ozon yang efektif untuk menguraikan besi dan mangan.
3. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai penggantian unit *rapid sand filter* menjadi *slow sand filter* dalam mengolah air sumur dangkal dekat sungai tercemar.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai variasi ketebalan media *slow sand filter* dengan *filtration rate* yang berbeda.
5. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai bentuk dan letak baffle pada unit ozon, sehingga aliran air baku dapat terozonisasi dengan sempurna.

LAMPIRAN A

METODE ANALISA LABORATORIUM

1. Analisa Kekeruhan dengan Metode Turbidimetri

a. Bahan dan Alat

1. Sampel Air
2. Beaker glass
3. Turbidimeter

b. Prosedur Percobaan

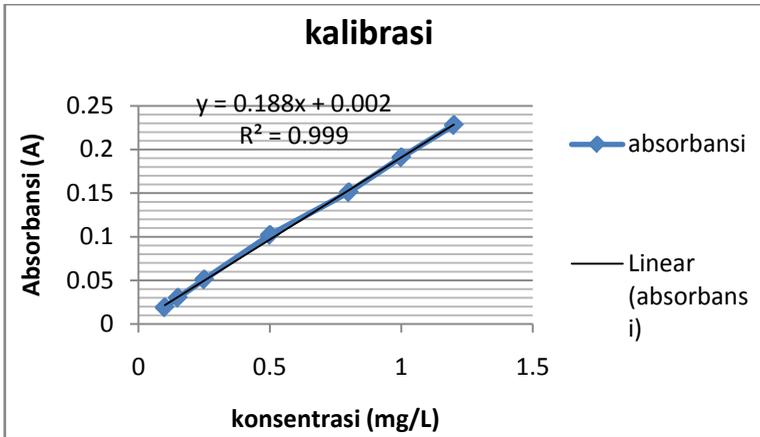
1. Nyalakan power alat turbidimetri, kemudian masukkan blanko dan set alat tersebut pada set zero (0).
2. Masukkan sampel air ke dalam tabung dan masukkan tabung ke dalam alat turbidimeter.
3. Catat angka yang dihasilkan.

2. Analisa Besi (Fe)

a. Kurva Kalibrasi

Tabel Nilai Absorbansi untuk Tiap Konsentrasi

konsentrasi	absorbansi
0.1	0.019
0.15	0.03
0.25	0.051
0.5	0.102
0.8	0.151
1	0.191
1.2	0.228



b. Bahan dan Alat

1. HCl pekat
2. Hydroxilamine ($\text{NH}_2\text{OH Cl}$)
3. Aquadest
4. Ammonium Asetat ($\text{CH}_3\text{COO}(\text{NH}_3)$)
5. Phenantrolin
6. Gelas ukur 25 ml
7. Erlenmeyer 25 ml
8. Pipet ukur 5 ml
9. Pipet ukur 1 ml
10. Pipet ukur 0,5 ml
11. Propipet
12. Buret 25 ml atau 50 ml
13. Kompor listrik
14. Spektrofotometer

c. Prosedur Percobaan

1. Siapkan larutan sampel sebanyak 25 ml
2. Tambahkan 1 ml HCl pekat
3. Tambahkan 0,5 ml *hydroxilamine* ($\text{NH}_2\text{OH Cl}$)
4. Panaskan hingga volume 15-20 ml

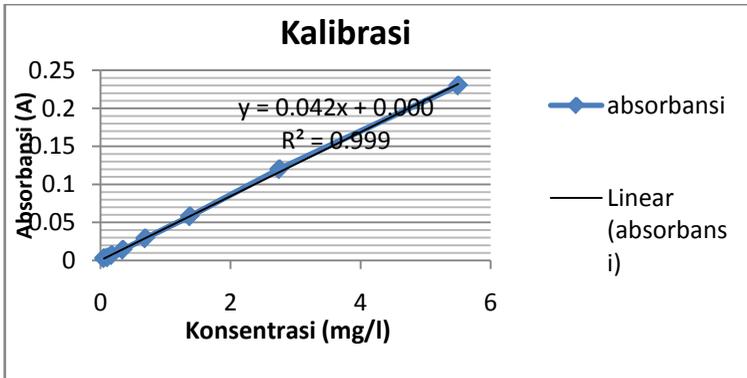
5. Dinginkan dan encerkan dengan aquadest hingga volume 25 ml
6. Ditambahkan 5 ml larutan amonium asetat
7. Ditambahkan 1 ml phenantrolin
8. Baca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 510 nm
9. (Perlakuan yang sama untuk blanko tapi tidak dipanaskan).

3. Analisa Mangan (Mn)

a. Kurva Kalibrasi

Tabel Nilai Absorbansi untuk Tiap Konsentrasi

konsentrasi	absorbansi
0.055	0.003
0.11	0.004
0.172	0.007
0.344	0.014
0.688	0.029
1.375	0.058
2.75	0.12
5.5	0.23



b. Bahan dan Alat

1. Nitrat pekat (HNO_3)
2. Perak Nitrat (AgNO_3)
3. Kristal $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$
4. Gelas ukur 25 ml
5. Erlenmeyer 25 ml
6. Pipet ukur 5 ml
7. Pipet ukur 1 ml
8. Pipet ukur 0,5 ml
9. Propipet
10. Buret 25 ml atau 50 ml
11. Kompor listrik
12. Spektrofotometer

c. Prosedur Percobaan Metode Spektrofotometer

1. Ambil 25 ml sampel,
2. Tambahkan 3 tetes asam nitrat pekat (HNO_3),
3. Titrasi dengan perak nitrat (AgNO_3) sampai terjadi endapan putih,
4. Panaskan dan sebelum mendidih tambahkan 1 spatula $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ (bila warna violet berarti ada Mn),
5. Baca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 540 nm. (Perlakuan sama untuk blanko tapi tidak dipanaskan).

LAMPIRAN B

ANALISA DOSIS DAN KEBUTUHAN OZON

1. Metode Iodometri Pengujian Kelarutan Ozon Dalam Air dengan Menggunakan Larutan KI

Tujuan : mengetahui banyaknya/dosis ozon yang dihasilkan oleh ozone generator.

Alat dan bahan :

1. Pipet volumetrik
2. Labu pengencer 1000 ml (1L)
3. Labu erlenmeyer 250 ml
4. Gelas beaker
5. Gelas ukur
6. Penjepit
7. Ozone generator
8. Aquades
9. H_2SO_4 2N
10. Potassium Iodide (KI) 2% 200 ml
11. Standard sodium thiosulfate ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,0111 N)
12. Larutan indikator

Prosedur percobaan :

- Untuk menghitung dosis ozon
 1. Diukur larutan KI menggunakan gelas ukur sebanyak 200 ml kemudian dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 250 ml.

2. Ozone generator dinyalakan kemudian selang dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer dan diinjeksi dengan ozon selama 15 menit.
3. Ditambahkan 10 ml H_2SO_4 2N, kemudian dititrasi dengan menggunakan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,0111 N hingga warna kuning iodine hampir hilang.
4. Ditambahkan larutan indikator sebanyak 1-2 ml, kemudian lanjutkan titrasi hingga warna biru hampir hilang.
5. Dihitung dosis ozon dengan menggunakan rumus :

$$\text{Dosis ozon (mg/menit)} = \frac{A \times N \times 24}{T}$$

Di mana :

A = ml titrasi

N = normality of $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (0,0111 N)

T = waktu ozonasi (menit)

- **Kebutuhan Ozon**

Tujuan : mengetahui seberapa banyak dosis ozon untuk mengoksidasi 2% KI

Prosedur percobaan :

1. Diukur larutan KI menggunakan gelas ukur sebanyak 200 ml kemudian dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 250 ml.
2. Dalam penelitian ini tidak menggunakan injeksi ozon sehingga ozon dimatikan.
3. Ditambahkan 10 ml H_2SO_4 2N, kemudian dititrasi dengan menggunakan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,0111 N hingga warna kuning iodine hampir hilang.

4. Ditambahkan larutan indikator sebanyak 1-2 ml, kemudian lanjutkan titrasi hingga warna biru hampir hilang.
5. Dihitung dosis ozon dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} & \text{Kebutuhan ozon (mg/menit)} \\ & = \text{dosis ozon (mg/menit)} - \frac{C \times N \times 24}{T} \end{aligned}$$

Di mana :

C = ml titrasi

N = normality of $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (0,0111 N)

T = waktu ozonasi (menit)

Perhitungan :

Diketahui :

A = 39,5 ml

N = 0,0111

T = 15 menit

Perhitungan :

$$\text{Dosis ozon (mg/menit)} = \frac{39,5 \times 0,0111 \times 24}{15}$$

$$\text{Dosis ozon (mg/menit)} = \mathbf{0,702 \text{ mg/min}}$$

Diketahui :

Ozone output dari ozone generator 0,4 g/jam = 400 mg/ jam

Perhitungan :

$$\text{Ozone output (mg/jam)} = 0,702 \text{ mg/menit} \times 60$$

$$\text{Ozone output (mg/jam)} = 42,11 \text{ mg/jam}$$

Diketahui :

C = 18,91 ml

N = 0,0111 N

T = 15 menit

Perhitungan :

$$\text{Kebutuhan ozon (mg/menit)} = 0,702 - \frac{18,91 \times 0,0111 \times 24}{15}$$

$$\text{Kebutuhan ozon (mg/menit)} = 0,366 \text{ mg/menit}$$

- Untuk menghitung dosis dan kebutuhan apabila tanpa ozonasi

Diketahui :

A = 71 ml

N = 0,0111

T = 1 menit

Perhitungan :

$$\text{Dosis ozon (mg/menit)} = \frac{71 \times 0,0111 \times 24}{1}$$

$$\text{Dosis ozon (mg/menit)} = \mathbf{18.9 \text{ mg/min}}$$

BIODATA PENYUSUN



Penyusun dilahirkan di Gresik, 02 Agustus 1991 dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penyusun menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SDN Lundo I pada tahun ajaran 1998-2004, serta sekolah menengah pertama di SMPN 2 Benjeng pada tahun ajaran 2004-2007, serta sekolah menengah atas di SMAN 1 Cerme pada tahun 2007-2010. Setelah lulus penulis mengikuti program beasiswa Bidik Misi yang diselenggarakan oleh Dinas Pendidikan dan Perguruan Tinggi Republik Indonesia dan diterima pada Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS Surabaya

pada tahun 2010. Disela-sela kegiatan penulis juga aktif dalam kegiatan jurusan maupun luar jurusan. Penulis aktif dalam organisasi KPPL-HMTL sebagai staff Bakti Lingkungan dan staff dalam organisasi Al-Kaun Teknik Lingkungan. Penulis juga aktif dalam kegiatan kemahasiswaan di UKM Pramuka Gudop 610-611 ITS. Di luar jam perkuliahan penyusun juga sebagai tim proyek baik dari Pemerintah maupun Swasta antara lain mengenai AMDAL, Distribusi Air Minum, Sampah, dan B3. Apabila pembaca ingin bertanya berkaitan dengan tugas akhir yang penyusun lakukan atau sekedar memberikan saran dan kritik dipersilahkan menghubungi jami_aja@yahoo.com.