

Pengaruh Nilai *Flowrate Allowance* pada Dimensi

Sand Filter

YUONO, FIRDA NABILA ZAHARA, HARDIANTI, DYAH SETYO PERTIWI

Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: dsp@itenas.ac.id

Received DD MM YYYY | *Revised* DD MM YYYY | *Accepted* DD MM YYYY

ABSTRAK

Studi ini dilakukan untuk membandingkan flowrate allowance yang berbeda pada dimensi sand filter. Sand filter merupakan alat yang digunakan untuk menyisihkan kontaminan yang terdapat dalam fluida menggunakan media penyaring. Pada studi ini, sand filter didesain untuk mengolah limbah cair sebanyak 85 m³/hari. Dengan flowrate allowance 10% diperoleh nilai dimensi sand filter sebagai berikut: diameter 1,13 m, tinggi 1,5 m, tebal shell dan head 0,18 in, effective filter area 1 m², dan waktu retensi selama 0,31 jam. Sedangkan, dengan flowrate allowance 20% diperoleh diameter filter 1,16 m, tinggi 1,52 m, tebal shell 0,3125 in, tebal head 0,25 in, effective filter area 1,06 m², dan waktu retensi selama 0,33 jam. Kenaikan flowrate allowance tidak memberikan pengaruh terlalu besar terhadap dimensi namun memberikan faktor keamanan yang lebih baik. Pertimbangan ekonomi perlu ditambahkan untuk memutuskan desain yang dipilih.

Kata kunci: *flowrate allowance, sand filter, dimensi, berat, tekanan*

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect the different flowrate allowance on the dimension of sand filter. Sand filter removes contaminants contained in water or wastewater. In this study, sand filter is designed to treat 85 m³/day of wastewater. With an allowance of 10%, the dimensions of the sand filter are 1.13 m diameter, 1.5 m high, 0.18 in thick shell and head, 1 m² effective filter area, and 0.31 hour retention time. Meanwhile, with an allowance of 20%, the filter diameter is 1.16 m, height 1.52 m, shell thickness 0.3125 in, head thickness 0.25 in, effective filter area 1.06 m², and retention time of 0.33 hours. The increased in flowrate allowance does not have too much influence on the filter dimensions but provides a better safety factor. Economic considerations need to be added to chose optimum flowrate allowance.

Keywords: *flowrate allowance, sand filter, dimensions, weight, pressure*

1. PENDAHULUAN

Pengolahan limbah cair di *water treatment unit* berfungsi untuk memperbaiki kualitas air limbah sehingga menghasilkan air olahan yang tidak berbahaya ketika akan dibuang kembali ke perairan. Pada proses *water treatment unit*, terdapat beberapa tahap pengolahan di antaranya proses preparasi, netralisasi, koagulasi, flokulasi dan sedimentasi. Air limbah yang telah melewati proses sedimentasi akan memasuki proses filtrasi pada *sand filter*. Pada operasi ini partikulat atau kontaminan yang masih terkandung didalam air limbah lebih banyak tersisihkan.

Filtrasi merupakan pembersihan partikel dari suatu fluida dengan melewatkannya pada medium penyaringan sehingga partikel dapat tertahan di atas media penyaring. Filtrasi yang digunakan pada *water treatment unit* ini salah satunya yaitu *sand filter*. Terdapat dua jenis *sand filter*, yaitu *Slow Sand filter* (Saringan Pasir Lambat) dan *Rapid Sand filter* (Saringan Pasir Cepat). *Slow sand filter* merupakan penyaringan partikel yang tidak didahului oleh proses pengolahan kimiawi (koagulasi). Kecepatan aliran dalam media pasir ini kecil karena ukuran media pasir lebih kecil. *Filter* pasir lambat adalah *filter* yang mempunyai kecepatan filtrasi lambat. Kecepatan yang lebih lambat ini disebabkan ukuran media pasir juga lebih kecil (effective size = 0,15 – 0,35 mm). *Filter* lambat digunakan untuk menghilangkan kandungan organik dan organisme patogen dari air baku. *Filter* pasir lambat ini efektif digunakan dengan kekeruhan relatif rendah yaitu dibawah 50 NTU tergantung distribusi ukuran partikel pasir, ratio luas permukaan *filter* terhadap kedalaman dan kecepatan filtrasi. *Rapid Sand filter* merupakan jenis unit filtrasi yang mampu menghasilkan debit air yang lebih banyak, namun kurang efektif untuk mengatasi bau dan rasa yang ada pada air yang disaring. Debit air yang cepat tersebut menyebabkan lapisan bakteri yang berguna untuk menghilangkan patogen namun membutuhkan proses desinfeksi yang lebih intensif. Arah aliran airnya dari bawah ke atas. Pada proses ini umumnya melakukan backwash atau pencucian saringan tanpa membongkar keseluruhan saringan (V. Widiyanti, 2018).

Proses pengolahan limbah di *sand filter* ini dilakukan pada suatu bejana tekan. Bejana tekan berfungsi sebagai media untuk penyimpanan (*storage tank*), namun juga sebagai sarana pengangkut (*transportation tank*) dan media proses suatu fluida gas maupun cair untuk dikonversi menjadi fluida yang dibutuhkan. Bejana tekan dapat dibedakan menjadi dua berdasarkan posisi orientasi yaitu bejana tekan vertikal dan horizontal. Bejana tekan vertikal atau tall tower adalah bejana dengan posisi menjulang ke atas umumnya digunakan pada instalasi konversi suatu fluida dan berada pada tempat yang terbatas. Sedangkan, bejana tekan horizontal memiliki posisi yang memanjang ke samping. Bejana jenis ini biasanya berada pada tempat dengan area yang luas.

Pada proses filtrasi padatan dapat terpisahkan karena adanya media penyaring, pada *sand filter* ini media penyaring yang digunakan berupa zeolit. Zeolit merupakan senyawa berkerangka alumino-silikat yang terjadi di alam dengan daya tukar kation yang tinggi, adsorpsi tinggi dan bersifat hidrasi-dehidrasi. Zeolit dapat digunakan untuk beberapa keperluan dalam industri, pertanian, dan lingkungan, terutama untuk menghilangkan bau, karena zeolit dapat menyerap molekul-molekul gas seperti CO, CO₂, H₂S dan lainnya. Zeolit memiliki sifat fisika dan kimia yang baik yaitu sebagai penyerap, penukar ion, penyaring molekul dan sebagai katalisator. Zeolit terdiri dari 2 jenis, yaitu zeolit alam dan sintetis. Zeolit juga memiliki beberapa kelemahan, diantaranya mengandung banyak pengotor seperti Na, K, Ca, Mg dan Fe serta kristalinitasnya kurang baik. Keberadaan pengotor-pengotor tersebut dapat mengurangi aktivitas dari zeolit. Untuk memperbaiki karakter zeolit alam biasanya dilakukan aktivasi dan modifikasi terlebih dahulu (S. Komariah, 2017).

2. METODOLOGI

Studi ini diawali dengan pengumpulan data dan dilanjutkan dengan perhitungan dimensi, berat dan tekanan *sand filter* pada suatu unit pengolahan limbah cair. Data desain yang digunakan adalah laju alir yang memasuki *sand filter*, persentasi ketinggian air di dalam *sand filter* dan tekanan operasi. *Flowrateallowance* dihitung pada 10% dan 20%.

Persamaan-persamaan yang digunakan dalam perhitungan adalah persamaan (1) sampai dengan (13). Desain dari *flowrate* yang masuk ke dalam *sand filter* dapat dihitung menggunakan persamaan (1). Besarnya nilai *flow rate* dapat mempengaruhi effective filter area yang dapat dihitung menggunakan persamaan (2). Kecepatan *superficial* limbah cair melalui media filter diasumsikan 2 gpm/ft² (Metcalf & Eddy, 2003). *Effective filter area* merupakan luas total media *filter* yang terkena aliran cairan atau udara, yang dapat digunakan untuk filtrasi. Diameter dari *sand filter* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (3). Ketinggian dari *sand filter* dapat dihitung menggunakan persamaan (4). Berdasarkan literatur *Media Depth for Multimedial Carbon* adalah 3 ft (Metcalf & Eddy, 2003). Menurut Fathul Mubin dkk (2016) untuk menghitung *liquid retention time*, maka perlu diketahui data volume cairan sehingga dapat dihitung berdasarkan persamaan (5) dan (6). Berdasarkan Migas (2019) perhitungan *desain pressure* dapat digunakan untuk menghitung ketebalan dari suatu tangki di mana hasilnya merupakan hasil minimum *requirement*. Umumnya *design pressure* dapat dihitung menggunakan persamaan (7). Ketebalan suatu tangki dapat dihitung berdasarkan persamaan (8). *Head thickness* dapat dihitung berdasarkan jenis *head* nya, di mana pada *sand filter* jenis *head* yang digunakan adalah *ellipsoidal*. Untuk menghitung ketebalannya dapat digunakan persamaan (9). Berat dari tangki dapat dihitung menggunakan persamaan (10). Berat dari suatu media yang terdapat pada *sand filter* dapat dihitung berdasarkan persamaan (11). Berat dari air yang memasuki *filter* dapat dihitung menggunakan persamaan (12). Untuk berat operasi keseluruhan dari *filter* dapat dihitung menggunakan persamaan (13).

$$Design\ flowrate\ per\ unit = Flowrate \times (1 + Allowance) \quad (1)$$

$$A = \frac{Q}{\sum Unit \times V} \quad (2)$$

Di mana:

$$\begin{aligned} A &= \text{Luas filter (m}^2\text{)} \\ Q &= \text{Flowrate (m}^3\text{/jam)} \\ V &= \text{Superficial velocity (m}^3\text{/ m}^2\text{.jam)} \end{aligned}$$

$$D_f = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \quad (3)$$

Di mana:

$$\begin{aligned} A &= \text{Luas filter (m}^2\text{)} \\ D_f &= \text{Diameter Filter (m)} \end{aligned}$$

$$h = h' \times \left(1 + \frac{\eta}{100 - \eta}\right) \quad (4)$$

Di mana :

$$\begin{aligned} h' &= \text{media depth} \\ \eta &= \text{Filter free board} \end{aligned}$$

$$V_{liquid} = \text{percentage liquid volume in tank} \times \text{Volume tangki} \quad (5)$$

$$\text{Liquid retention time} = \frac{V_{liquid}}{Q} \quad (6)$$

$$\text{Design pressure} = \text{operating pressure} + \text{pressure allowance} \quad (7)$$

$$t = \frac{PR}{SE-0,6P} + CA \quad (8)$$

$$t = \frac{PD}{2SE-0,2P} + CA \quad (9)$$

Di mana :

- P = Design pressure
- S = Stress value of material
- E = Joint efficiency
- D = Diameter bagian dalam
- R = Jari-jari bagian dalam
- CA = Corrosion allowance

$$\text{Total Wt} = (\text{shell wt} + \text{head wt}) \times (1 + 6\%) \quad (10)$$

$$\text{weight of media} = \text{Volume of media} \times \text{Density media} \quad (11)$$

$$\text{weight of water} = \{ [\pi \times r^2 \times (h - h')] + [\pi \times r^2 \times h' \times \phi] \} \times \rho \text{ air} \quad (12)$$

$$\text{operating weight} = \text{weight of (vessel + Media + water filled)} \quad (13)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada studi ini, sand filter dimaksudkan untuk mengolah air atau air limbah dengan laju 85 m³/hari. Pada perhitungan desain, kapasitas dari *filter* dihitung setelah ditambahkan dengan *allowance nya*. Laju alir yang diperoleh dengan *flowrate allowance* 10% sebesar 93,5 m³/hari (3,9 m³/jam). Sedangkan, laju alir dengan *flowrate allowance* 20% sebesar 103 m³/hari (4,25 m³/jam). Hasil perhitungan dimensi, berat dan tekanan *sand filter* ditunjukkan pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil perhitungan, dimensi dari *filter* dapat dipengaruhi oleh kecepatan superfisial dari air limbah yang melewati *sand filter*. Berdasarkan **Metcalf & Eddy (2003)** *superficial velocity* dari *filter* memiliki rentang antara 2-8 gpm/ft². Pada perhitungan ini, *superficial velocity* yang diambil yaitu 2 gpm/ft² atau 4 m³/ m².jam. Besarnya kecepatan *superficial* yang diambil perlu diperhatikan agar dapat meminimalisir penurunan efektifitas dan efisiensi dari *filter*. Hal ini dapat terjadi karena aliran air limbah semakin cepat melewati rongga di antara butiran media *filter*. Waktu kontak antara permukaan media penyaring dengan air yang akan disaring akan semakin berkurang.

Tabel 1 Hasil Perhitungan Dimensi, Berat dan Tekanan *Sand filter*

No	Parameter	<i>Allowance</i> 10%	<i>Allowance</i> 20%	Satuan
1	<i>Flowrate</i>	85	85	m ³ /day
2	<i>Design flowrate per unit</i>	94	103	m ³ /day
3	<i>Effective filter area</i>	1,00	1,06	m ²
4	<i>Filter diameter</i>	1,13	1,16	m
5	<i>Media depth</i>	1,00	0,91	m
6	<i>Filter free board</i>	33%	40%	
7	<i>Filter height</i>	1,50	1,52	m
8	<i>Percentage liquid volume in tank (specified)</i>	80%	80%	
9	<i>Liquid volume</i>	1,20	1,29	m ³
10	<i>Liquid retention time</i>	0,31	0,33	Jam
11	<i>Operating pressure</i>	43,50	43,50	Psia
12	<i>Design pressure</i>	90,00	91,35	Psia
13	<i>Filter radius</i>	0,56	0,58	M
14	<i>Head thickness</i>	0,18	0,26	In
15	<i>Shell thickness</i>	0,18	0,27	In
16	<i>Operating Weight (Vessel + Media + Water filled)</i>	2373	2464	kg

Berdasarkan perhitungan menggunakan *flowrate allowance* 10% diperoleh effective filter area 1 m² dengan waktu retensi 0,31 jam, diameter *filter* ialah 1,13 m dan untuk tingginya sebesar 1,5 m. Ketebalan dari dinding dan *head filter* dari sand filter adalah 0,18 in. Sedangkan, berdasarkan perhitungan dengan *flowrate allowance* 20% diameter *filter* ialah 1,16 m dan untuk tingginya sebesar 1,52 m. Serta, ketebalan dari dinding *filter* berdasarkan perhitungan yaitu 0,27 in dan tebal *head*nya 0,2 in. Berdasarkan standar yang ada dipasaran tebal dari *shell filter* yaitu 5/16 in atau 0,31 in dan tebal *head*nya 0,25 in. *Filter* yang digunakan berbentuk silinder dan bentuk *head* yang digunakan yaitu *ellipsoidal*. Ketebalan dari suatu alat dapat dipengaruhi oleh tekanan operasi yang digunakan, di mana semakin besar tekanannya maka semakin besar pula ketebalannya. Pada umumnya ketika mendesain tekanan suatu alat diberikan toleransi sebesar tekanan 10% dari tekanan operasinya. Ketebalan suatu alat dari waktu ke waktu akan berkurang akibat adanya korosi, gesekan dan lain sebagainya.

Setelah melakukan perhitungan terhadap dimensi dari *filter*, dapat dihitung pula berat dari *filter* dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah ada. Berat *sand filter* dihitung dengan menjumlahkan berat dari tangki *filter*, media *filter* yang digunakan dan berat fluida yang diolah. Berat dari tangki berdasarkan perhitungan menggunakan *flowrate allowance* 10% yaitu 267,32 kg. Sedangkan, berdasarkan perhitungan menggunakan *flowrate allowance* 20% berat dari *shell* dan *head* yaitu 264,93 kg. Media *sand filter* yang digunakan merupakan pasir zeolit dengan ukuran 6 x 12 mesh. Di mana berat dari media *filter* yang diperlukan pada proses filtrasi sebanyak 1.203,41 kg. Selain itu dihitung berat dari air yang bisa dimasukkan ke dalam suatu *filter*. Berat air tersebut dapat dipengaruhi oleh dimensi dari *filter*, kecepatan superfisial dan porositas dari multimedia *filter*. Berdasarkan perhitungan berat air yang dapat mengisi *filter* sebanyak 902,97 kg. Berdasarkan perhitungan dengan *flowrate allowance* 10%, berat *filter* dalam keadaan beroperasi ialah 2.373 kg dan berat *filter* ketika beroperasi berdasarkan perhitungan dengan *flowrate allowance* 20% yaitu 2.464 kg. Kenaikan *flowrate allowance* 10% hanya menaikkan berat sebanyak 91 kg (3,8%). Meskipun nampak tidak terlalu besar kenaikan berat ini dapat cukup berarti secara ekonomi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dimensi, berat dan tekanan *sand filter* dapat diambil kesimpulan bahwa dimensi *sand filter* dengan flowrate allowance 10% adalah 1,13 m untuk diameter, tinggi 1,5 m, tebal *shell head* 0,18 in dan *effective filter area* 1 m². Sedangkan dengan flowrate allowance 20%, dimensi *sand filter* yaitu 1,16 m untuk diameter, tinggi 1,52 m, tebal *shell* 0,3125 in, *head* 0,25 in dan *effective filter area* 1,06 m². Perbedaan *allowance flowrate* yang digunakan relative tidak memberikan pengaruh besar terhadap dimensi, berat dan tekanan. Namun, memberikan faktor keamanan yang lebih baik. Selain itu, pertimbangan ekonomi perlu ditambahkan untuk pengambilan keputusan desain yang dipilih.

DAFTAR PUSTAKA

- Komariah, Siti. (2017). *Studi Pengaruh Zeolit Alam Klinoptilolit Termodifikasi Larutan Kitosan Terhadap Penurunan Kandungan Klorida (Cl) Dan Total Dissolved Solid (TDS) Air Payau*. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Megyesy, Eugene F. (2001). *Pressure Vessel handbook 12th edition*. PV Publishing Inc.: United States of America
- Metcalf & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering 4th edition*.
- Migas. (2009). *Rangkuman Diskusi maximum Operating Pressure (Mop) Vs Design Pressure*.
- Mubin, Fathul dkk. (2016). *Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Di Kelurahan Istiqlal Kota Manado*. Universitas Sam Ratulangi Manado. Manado.
- Widiyanti, Vanny. (2018). *Studi Kinerja Slow Sand filter Dengan Bantuan Lampu Light-Emitting Diode (Led) Biru Dan Merah*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.