

# Perencanaan Pengolahan Daur Ulang Efluen IPAL PT SIER Menjadi Air Minum untuk Kegiatan Industri

Dita Amara Yeranda dan Agus Slamet

Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

*e-mail*: agus.tlits@gmail.com

**Abstrak**—PT SIER memiliki IPAL untuk air limbah industri dan domestik dengan kapasitas sebesar 10.000 m<sup>3</sup>/hari. Efluen IPAL telah memenuhi baku mutu sehingga aman dibuang ke Sungai Tambak Os. Dalam rangka memenuhi kebutuhan air bersih untuk industri di kawasannya, PT SIER berencana membangun sistem IPAM dengan memanfaatkan air efluen IPALnya. Kajian Perencanaan bertujuan untuk mendapatkan perkiraan unit operasi yang diperlukan, biaya investasi dan operasi perawatan. Perencanaan menggunakan data primer kualitas air efluen IPAL dari hasil pencatatan efluen IPAL, serta kebutuhan air *tenant* yang tertarik membeli air hasil olahan. Hasil perencanaan dengan kapasitas pengolahan sebesar 2700 m<sup>3</sup>/hari yang terdiri dari unit *rapid sand filter*, *ion exchanger*, nanofiltrasi, dan *chlorine gas disinfection*. Biaya investasi yang diperlukan adalah Rp464.289.037 dan biaya operasional serta pemeliharaan yang dibutuhkan sebesar Rp436.387.676 per tahun.

**Kata Kunci**—Air Minum, Ofluen IPAL, PT SIER.

## I. PENDAHULUAN

PT SIER (Surabaya Industrial Estate Rungkut) berdiri pada tanggal 28 Februari 1974. Salah satu wujud kepedulian PT SIER terhadap lingkungan ialah melaksanakan sistem manajemen lingkungan, yaitu dengan menyediakan fasilitas pelayanan berupa Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). IPAL PT SIER dibangun pada tahun 1980 seluas ±3,2 Ha dengan kapasitas 10.000 m<sup>3</sup>/hari. Efluen IPAL PT SIER telah memenuhi baku mutu efluen air limbah [1]. Selain itu, fasilitas lain yang disediakan oleh PT SIER adalah air bersih untuk kebutuhan industri. Penyediaan air bersih oleh PT SIER bekerjasama dengan PDAM yaitu PDAM Kota Surabaya.

Pada tahun 2016, mulai terdapat permintaan dari pihak industri untuk pengadaan air bersih kepada pihak PT SIER. Kualitas air bersih yang diinginkan memiliki kualitas yang sama dengan kualitas air PDAM. Namun, pihak industri berharap harga jual dari air tersebut lebih murah dari harga jual air PDAM sehingga dapat menghemat biaya penggunaan air bersih sebelumnya. Hal tersebut membuat pihak IPAL PT SIER berinisiatif untuk mengolah efluennya menjadi air untuk kegiatan industri.

Untuk mewujudkan hal tersebut, pihak IPAL PT SIER berencana mengolah efluen IPAL menjadi air minum dengan menggunakan teknologi membran. Teknologi membran memang memiliki efisiensi removal hampir 100% sehingga dapat dihasilkan air yang sangat bersih. Namun, dalam operasional jangka panjang, penggunaan teknologi membran untuk mengolah efluen IPAL menjadi air minum untuk kegiatan industri dapat menyebabkan terjadinya biofouling yaitu penempelan dan akumulasi organisme hidup yang

melekat pada permukaan substrat (material yang ditempel di biofouling) sehingga diperlukan perawatan dan pemeliharaan rutin secara berkala [2]. Hal ini tentunya tidak mudah dan memerlukan biaya yang tidak sedikit. Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan alternatif dengan membuat unit pengolahan efluen IPAL PT SIER menjadi air minum yang baik dari segi teknis dan finansial. Efluen IPAL diolah hingga memenuhi Parameter Wajib Standar Kualitas Air Minum Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010.

## II. METODE PERENCANAAN

### A. Tahapan Perencanaan

Tahapan perencanaan terdiri dari pengumpulan tinjauan pustaka, pengumpulan data, serta pengolahan data dan pembahasan. Tahapan perencanaan ini dapat diuraikan sebagai berikut:

#### 1) Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka bertujuan untuk membantu dan mendukung ide perencanaan serta dapat meningkatkan pemahaman lebih jelas terhadap ide yang direncanakan. Tinjauan pustaka juga harus mendapatkan *feedback* dari hasil pengolahan dan pembahasan untuk menyesuaikan hasil pengolahan dengan literatur yang ada. Sumber literatur yang digunakan adalah jurnal, peraturan, baku mutu, artikel, dan tugas akhir yang berkaitan dengan perencanaan ini.

#### 2) Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam perencanaan pengolahan daur ulang efluen IPAL PT SIER menjadi air minum ini antara lain:

##### 1. Data Primer

Data primer yang dibutuhkan dalam perencanaan ini antara lain:

- a. Kualitas air baku (efluen IPAL) untuk mengetahui karakteristik air baku yang akan diolah sehingga dapat dilakukan pemilihan alternatif yang sesuai berdasarkan karakteristik tersebut.
- b. Data hasil wawancara dengan Kepala IPAL SIER dan Kepala Divisi Pengembangan PT SIER yang mencakup dasar pelaksanaan program dan cakupan area pelayanan. Data akan digunakan untuk memperkuat latar belakang perencanaan dan gambaran awal mengenai cakupan pelayanan.

##### 2. Data Sekunder

Data sekunder yang dibutuhkan dalam perencanaan ini antara lain:

- a. Data debit dan kualitas efluen IPAL untuk digunakan sebagai dasar dalam pemilihan alternatif teknologi

Tabel 1.  
Karakteristik air baku

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Uji 1	Uji 2	Uji 3
Kekeruhan	NTU	5	3,92	4,3	2,5
TDS	mg/L	500	1064	610	616
Warna	TCU	15	9	4	9
Besi	mg/L	0,3	<0,067	0,013	0,759
Arsen	mg/L	0,01	<0,005	<0,005	<0,005
Fluorida	mg/L	1,5	1,319	1,69	1,92
Nitrit	mg/L	3	<0,0298	0,0787	0,011
Selenium	mg/L	0,01	<0,0078	<0,0078	<0,0078
<i>E. coli</i>	JPT/100 mL	0	140000	23000	79000
<i>Total coli</i>	JPT/100 mL	0	920000	350000	540000

pengolahan.

- b. Data kebutuhan air *tenant* yang tertarik membeli air hasil olahan untuk mengetahui debit pengolahan.

### 3) Pengolahan Data dan Pembahasan

Dari data-data yang terkumpul akan diolah untuk mendapatkan:

#### 1. Alternatif sistem pengolahan

Penentuan alternatif sistem pengolahan dilakukan dengan memperhatikan dua aspek yaitu aspek teknis dan aspek finansial. Pembuatan alternatif pengolahan dilakukan sesuai tahapan berikut:

- Membandingkan kualitas influen dengan kualitas efluen yang diinginkan menurut baku mutu Parameter Wajib Permenkes Nomor 492 Tahun 2010.
- Membandingkan kualitas efluen IPAL dengan baku mutu kelas air PP Nomor 81 Tahun 2001.
- Kemudian, menentukan parameter apa saja yang harus di removal.
- Membuat alternatif pengolahan sesuai kriteria desain yang diharapkan.

Adapun kriteria desain rangkaian alternatif pengolahan yang diharapkan adalah sebagai berikut:

- Memiliki persen removal yang tinggi terhadap parameter dengan kadar tinggi.
- Luas lahan yang dibutuhkan kecil.
- Menggunakan teknologi membran.
- Nilai investasi tinggi.
- Tidak membutuhkan banyak biaya operasional dan pemeliharaan.

#### 2. Detail Engineering Design (DED)

Setelah mengetahui teknologi pengolahan yang akan digunakan, maka langkah selanjutnya adalah penyusunan *Detail Engineering Design* (DED).

#### 3. Biaya investasi serta biaya operasional dan pemeliharaan

Setelah selesai menyusun DED, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan biaya investasi yang diperoleh serta biaya operasional dan pemeliharaan yang diperlukan terhadap hasil perencanaan dengan melakukan perhitungan BOQ (*Bill of Quantity*) dan RAB (Rencana Anggaran Biaya) menggunakan HSPK Kota Surabaya Tahun 2018.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan terletak di dalam kawasan IPAL PT

SIER. IPAL PT SIER sendiri memiliki luas wilayah  $\pm 13.000$  m<sup>2</sup>. Dari luas area tersebut, terdapat lokasi yang dapat digunakan sebagai lahan perencanaan dengan luas 476,85 m<sup>2</sup>.

### B. Karakteristik Air Baku

Karakteristik air baku diperoleh dari hasil uji laboratorium dan data sekunder kualitas efluen IPAL dari PT SIER. Terdapat 11 parameter yang diuji yaitu kekeruhan, total dissolved solid (TDS), *E. coli*, total coli, warna, besi (Fe), arsen (As), selenium (Se), fluorida (F<sup>-</sup>), nitrit (NO<sub>2</sub>), dan suhu. Parameter tersebut merupakan sebagian parameter wajib di Standar Kualitas Air Minum Permenkes 492/2010. Sementara, data sekunder kualitas efluen IPAL dibandingkan dengan baku mutu kelas air PP Nomor 81 Tahun 2001 agar dapat diketahui parameter yang berada di level kelas 3 atau 4. Parameter dengan level 3 atau 4 adalah COD serta minyak dan lemak. Pada Tabel 1 dapat diketahui karakteristik dari air baku perencanaan ini.

Berdasarkan data pada Tabel 1, dapat diketahui juga parameter yang sangat melampaui baku mutu. Parameter tersebut adalah parameter mikrobiologi yaitu *E. coli*, *total coli*, dan TDS.

### C. Debit Pengolahan

Debit pengolahan adalah debit produksi yang ditambah dengan kebutuhan air untuk keperluan operasional seperti proses *backwash* dan regenerasi resin, dan pelarut bahan kimia CIP (*Clean in Process*) sebesar 30% serta *reject water* membran sebesar 38%. Total kebutuhan air dari *tenant* sebesar 1.224 m<sup>3</sup>/hari. Namun, untuk mengantisipasi adanya penambahan permintaan, maka debit produksi ditambah menjadi 1.500 m<sup>3</sup>/hari. Sehingga debit pengolahan pada perencanaan ini adalah 2700 m<sup>3</sup>/hari.

### D. Pemilihan Alternatif Pengolahan

Dalam proses perencanaan, diperlukan beberapa alternatif pengolahan untuk menghilangkan kandungan parameter yang melampaui baku mutu dan memperoleh sistem pengolahan sesuai kriteria desain. Berdasarkan kualitas efluen untuk pengolahan efluen air limbah menjadi air minum untuk kegiatan industri ini dapat digunakan unit pengolahan berupa:

- Rapid Sand Filter*, untuk menurunkan kandungan COD, BOD, kekeruhan, warna, serta minyak dan lemak.
- Filter Karbon Aktif*, untuk menurunkan kandungan kekeruhan, logam berat, serta minyak dan lemak.
- Ion Exchanger*, untuk menurunkan kandungan TDS, logam berat, dan warna.

d. Teknologi membran, untuk menurunkan atau menghilangkan kandungan TSS, TDS, serta bakteri.

Dari unit-unit pengolahan tersebut, dibuat tiga rangkaian alternatif pengolahan sebagai berikut:

a. Alternatif 1

1. *Rapid Sand Filter* (RSF)
2. *Ion Exchanger*
3. Nanofiltrasi
4. Gas chlor Disinfection

b. Alternatif 2

1. *Rapid Sand Filter* (RSF)
2. *Ion Exchanger*
3. Mikrofiltrasi
4. Gas chlor Disinfection

c. Alternatif 3

1. *Rapid Sand Filter* (RSF)
2. Mikrofiltrasi
3. Reverse Osmosis (RO)
4. Gas chlor Disinfection

Untuk memilih alternatif pengolahan yang terbaik diperlukan adanya analisis secara kuantitatif dan kualitatif. Adapun kriteria yang diperhatikan terdiri dari:

- a. Pemenuhan kualitas hasil olahan terhadap baku mutu Parameter Wajib Standar Kualitas Air Minum Nomor 492/2010.
- b. Tidak membutuhkan lahan yang luas.
- c. Menggunakan teknologi membran.
- d. Biaya investasi paling kecil.
- e. Biaya operasional dan pemeliharaan kecil.

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa terhadap kriteria desain yang diharapkan, maka alternatif pengolahan 1 yang digunakan dalam perencanaan ini.

### E. Perencanaan Unit Pengolahan

Unit pengolahan terdiri dari unit intake, holding tank, rapid sand filter dual media, *ion exchanger*, nanofiltrasi, disinfeksi, dan *reservoir*. Berikut adalah detail perencanaannya.

#### 1) Perencanaan Intake

Intake dalam perencanaan ini berasal dari bak efluen IPAL SIER yang kemudian dialirkan ke holding tank menggunakan pipa. Sistem perpipaan tidak menggunakan sistem tanam karena apabila digunakan sistem tanam diperlukan penggalian pada saat melewati jalur jalan aspal. Sistem aliran dilakukan dengan menggunakan pompa. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan kebutuhan pompa untuk mengetahui pompa yang dibutuhkan untuk kemudian disesuaikan dengan spesifikasi pompa di pasaran. Adapun pompa yang digunakan adalah pompa *submersible*.

#### 2) Perencanaan Holding Tank

*Holding tank* diperlukan untuk menampung kebutuhan air selama operasional 1 hari dan mengatasi fluktuasi debit. *Holding tank* berjumlah 2 bak agar dapat digunakan secara bergantian apabila dilakukan proses pemeliharaan. Air dari *holding tank* akan disalurkan ke unit selanjutnya yaitu unit *Rapid Sand Filter Dual Media*.

##### Direncanakan:

- a. Debit (Q) = 2700 m<sup>3</sup>/hari
- b. Jumlah bak (n) = 2 bak
- c. Freeboard (fb) = 0,5 m
- d. Tebal dinding = 0,20 m

e. Waktu detensi (td) = 20 menit

f. Kedalaman (H<sub>air</sub>) = 2 m

##### Hasil perhitungan:

1. Debit tiap bak (Q) = Q : n  
= 0,016 m<sup>3</sup>/detik

2. Volume bak (V) = Q : td  
= 19 m<sup>3</sup>

3. Kedalaman total (H) = H<sub>air</sub> + fb  
= 2,5 m

4. Luas permukaan (A<sub>s</sub>) = V : H<sub>air</sub>  
= 9,4 m

5. Lebar (L) = (A<sub>s</sub> : 2)<sup>0,5</sup>  
= 2,2 m

6. Lebar total (L<sub>total</sub>) = L + dinding  
= 2,6 m

7. Panjang = 2 x L  
= 4,3 m

8. Panjang total = P + dinding  
= 4,7 m

#### 3) Perencanaan Rapid Sand Filter Dual Media

Jenis filter yang digunakan adalah *Rapid Sand Filter Dual Media*. Dalam perencanaan ini digunakan *dual media* karena dapat memperpanjang kerja filter sehingga periode *backwash* juga semakin lama. Media yang digunakan adalah media pasir dan antrasit. Media pasir terletak di bawah media antrasit. Hal ini dikarenakan massa jenis pasir lebih berat daripada massa jenis antrasit sehingga diharapkan ketika proses *backwashing*, media yang paling atas dapat terangkat akibat adanya getaran dari media dibawahnya sehingga flok-flok yang menempel pada media filter dapat dibersihkan. Selain itu, diharapkan setelah proses *backwash*, media antrasit dapat mengendap terlebih dahulu. Diameter media antrasit lebih besar daripada media pasir agar *clogging* tidak mudah terjadi sehingga dapat memperpanjang umur *filter*.

a. Bak filter

##### Direncanakan:

1. Debit (Q) = 31,3 L/detik

2. Kecepatan penyaringan (v<sub>0</sub>) = 6 m/jam

3. Panjang = lebar

4. Tebal dinding = 0,2 m

5. Bak filter berbentuk persegi

##### Hasil perhitungan:

1. Jumlah bak = 2 bak

2. Debit tiap bak = 0,016 m<sup>3</sup>/detik

3. Luas permukaan = 9,38 m<sup>2</sup>

4. Panjang/lebar = 3,1 m

5. Panjang/lebar total = 3,5 m

##### b. *Headloss media filter*

Terdapat 3 media pada bak filter yaitu antrasit, pasir, dan kerikil.

##### Direncanakan:

a. Suhu air = 27<sup>0</sup> C

b. Viskositas absolut (μ) = 0,000855 N.detik/m<sup>2</sup>

c. Viskositas kinematis (ν) = 0,00000858 m<sup>2</sup>/detik

d. Densitas air (ρ) = 0,99654 g/cm<sup>3</sup>

e. Gravitasi bumi (g) = 9,81 m/detik<sup>2</sup>

Tiga media filter memiliki kriteria desain yang berbeda, seperti pada Tabel 2.

Hasil perhitungan:

Tabel 2.  
Kriteria desain media pada filter

Kriteria Desain	Simbol	Antrasit	Pasir	Kerikil
Kedalaman media	-	610 mm	150 mm	300 mm
<i>Effective size</i>	ES	0,5 mm	0,5 mm	-
<i>Uniformity coefficient</i>	UC	1,7	1,7	-
<i>Spesific gravity</i>	Sg	1,3	2,65	2,65
Porositas media	ε	0,48	0,42	0,38
Faktor bentuk	Ψ	0,55	0,82	0,83
Ukuran butir	d	1 mm	0,5 mm	10 mm

Tabel 3.  
Headloss media pada filter

Media	N <sub>re</sub>	C <sub>D</sub>	hL Rose	f'	hL Carman
Antrasit	10,68	3,5	2,2 cm	9,1	1,3 cm
Pasir	7,96	4,42	1,6 cm	12,7	1 cm
Kerikil	241,82	0,63	0,02 cm	2,1	0,016 cm

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan beberapa rumus berikut:

$$N_{re} = \frac{\omega \times \rho \times d \times v_0}{\mu} \quad \text{(Persamaan Bilangan Reynol)} \quad [3]$$

$$C_D = \frac{24}{N_{re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{re}}} + 0,34 \quad \text{(Persamaan Koefisien Drag)} \quad [3]$$

$$h_L = 1,067 \frac{C_D \times L \times v_0^2}{\omega \times d \times \epsilon^4 \times g} \quad \text{(Persamaan Headloss Rose)} \quad [3]$$

$$f' = 150 \frac{(1-\epsilon)}{N_{re}} + 1,75 \quad \text{(Persamaan Fungsi N<sub>re</sub>)} \quad [3]$$

$$h_L = f' \frac{L \times (1-\epsilon) \times v_0^2}{\omega \times d \times g^3 \times g} \quad \text{(Persamaan Headloss Carman)} \quad [3]$$

Dengan menggunakan kelima rumus tersebut, diperoleh hasil perhitungan seperti pada Tabel 3.

c. *Ekspansi media saat backwash*

Perhitungan ekspansi media saat *backwash* diperlukan untuk mengetahui tinggi ekspansi tiap media sehingga dapat diperoleh dimensi kedalaman dari bak filter. Berikut perhitungannya.

a. Media kerikil

Ekspansi tidak boleh terjadi pada media penyangga (kerikil) saat proses *backwash*.

Data:

- N<sub>re</sub> = 139903
- C<sub>D</sub> = 0,35

Hasil perhitungan:

- v<sub>s</sub> = 0,96 m/detik
- v<sub>B</sub> = v<sub>s</sub> × ε<sup>4,5</sup> = 0,012 m/detik (v<sub>B</sub> < v<sub>s</sub> **OK!**)

b. Media pasir

Data:

- N<sub>re</sub> = 711,88
- C<sub>D</sub> = 0,49

Hasil perhitungan:

- v<sub>s</sub> = 0,15 m/detik
- hL saat *backwash* = 0,14 m
- Porositas saat ekspansi (ε<sub>e</sub>) = 0,58
- Tinggi ekspansi media (L<sub>e</sub>) = 0,21 m
- Rasio ekspansi = 37,65%

c. Media antrasit

Data:

- N<sub>re</sub> = 981,51
- C<sub>D</sub> = 0,46

Hasil perhitungan:

- v<sub>s</sub> = 0,15 m/detik
- hL saat *backwash* = 0,11 m

- Porositas saat ekspansi (ε<sub>e</sub>) = 0,58
- Tinggi ekspansi media (L<sub>e</sub>) = 0,75 m
- Rasio ekspansi = 22,4%

d. Ekspansi total media

- Total tinggi ekspansi media = 0,95 m
- Total kedalaman media = 0,76
- Persentase ekspansi total = 25,41%

d. Gutter

Direncanakan:

- Debit tiap bak (Q) = 0,016 m<sup>3</sup>/detik
- Total tinggi ekspansi media = 0,95 m
- Panjang gutter = 3,1 m
- Kedalaman = 0,1 m
- Kecepatan aliran = 0,1 m/detik
- Lebar = kedalaman

Hasil perhitungan:

- Tinggi lokasi gutter = 2,4 m
- Lebar = 0,3 m
- Kedalaman = 0,3 m

e. Sistem *underdrain*

Direncanakan:

- Volume air *backwash* = 70 m<sup>3</sup>
- Lama pencucian = 10 menit
- Kecepatan aliran manifold = 2,5 m/detik
- Jarak ujung manifold dengan dinding = 0,2 m
- Jarak antar pipa lateral = 0,2 m
- Jarak ujung pipa lateral dengan dinding = 0,2 m
- Diameter orifice = 1,5 cm
- Luas orifice : luas filter = 0,005

Hasil perhitungan:

- Luas permukaan pipa manifold = 0,05 m<sup>2</sup>
- Diameter pipa manifold = 267 mm
- Kecepatan aliran pipa manifold = 2,08 m/detik
- Diameter pipa lateral = 60 mm
- Jumlah pipa lateral = 20 pipa
- Debit tiap pipa lateral = 0,0057 m<sup>3</sup>/detik
- Luas penampang pipa lateral = 0,003 m<sup>2</sup>
- Kecepatan aliran pipa lateral = 2,01 m/detik
- Panjang pipa lateral = 1,2 m
- Luas permukaan orifice = 0,000176 m<sup>2</sup>
- Luas total orifice = 0,047 m<sup>2</sup>
- Jumlah total orifice per filter = 265 orifice
- Jumlah orifice tiap lateral = 13 orifice
- Jarak antar orifice = 7 cm

Tabel 4.  
Rekap Biaya Pembangunan

No.	Unit	Biaya Pembangunan
1	Intake	Rp72.481.500
2	Holding Tank	Rp7.987.739
3	Rapid Sand Filter	Rp47.553.151
4	Ion Exchanger	Rp115.876.185
5	Nanofiltrasi	Rp142.430.000
6	Gas Chlor Disinfection	Rp15.786.595
7	Reservoir	Rp62.173.866
	Total	Rp464.289.037

Tabel 5.  
Rekap Biaya OM Selama Satu Tahun

No.	Jenis Biaya	Biaya OM
1	Bahan kimia	Rp163,014,499
2	Resin	Rp22,055,286
3	Media filter	Rp5,741,590
4	Listrik	Rp43,953,300
5	Tenaga kerja	Rp201,623,001
	Total	Rp436,387,676

4) *Perencanaan Ion Exchanger*

*Ion exchanger* digunakan untuk proses demineralisasi kandungan logam terlarut hingga menghasilkan air murni (H<sub>2</sub>O). Kemudian, air akan diolah menggunakan nanofiltrasi. Salah satu anion dalam air baku adalah silikat (SiO<sup>4-</sup>). Demineralisasi dengan *removal* silikat terdiri dari rangkaian pengolahan kation ion *exchanger*, CO<sub>2</sub> *stripping*, lalu anion ion *exchanger*.

a. Kebutuhan resin

Direncanakan:

1. Debit (Q) = 31,3 L/detik
2. Konsentrasi TDS = 1064 mg/L
3. Kapasitas pertukaran kation = 1,25 eq/L
4. Densitas resin kation = 870 kg/m<sup>3</sup>
5. Jumlah valensi kation H<sup>+</sup> = 1
6. Kapasitas pertukaran anion = 3,5 mmol/gram
7. Densitas resin anion = 730 kg/m<sup>3</sup>
8. Jumlah valensi anion Cl<sup>-</sup> = 1
9. *Regeneration cycle* = 4 jam/cycle
10. Berat molekul CaCO<sub>3</sub> = 100
11. Berat ekivalen CaCO<sub>3</sub> = 50 meq/mg

Hasil perhitungan:

1. Jumlah kation = 532 mg/L
2. Kapasitas pertukaran kation = 4,5 meq/L
3. Jumlah kation sebagai CaCO<sub>3</sub> = 10,6 eq/m<sup>3</sup>
4. *Cation exchange capacity* = 4788 eq/cycle
5. Massa resin kation = 4596 kg
6. Kapasitas pertukaran anion = 3,5 meq/L
7. Jumlah anion sebagai CaCO<sub>3</sub> = 10,6 meq/L
8. *Anion exchange capacity* = 4788 eq/cycle
9. Massa resin anion = 1368 kg

b. Tangki kation/anion *exchanger*

Direncanakan:

1. Tinggi kolom = 2 kali diameter
2. Ketinggian ruang influen = 0,3 m
3. Ketinggian ruang efluen = 0,3 m

Hasil perhitungan:

1. Diameter tangki kation = 0,7 m
2. Ketinggian kolom tangki kation = 1,4 m
3. Tinggi tangki kation = 2 m
4. Diameter tangki anion = 0,6 m
5. Ketinggian kolom tangki kation = 1,2 m
6. Tinggi tangki kation = 1,8 m

c. Kebutuhan zat regeneran

Direncanakan:

1. Zat kimia yang digunakan adalah HCl 99% dan NaOH 98%

Hasil perhitungan:

1. Kebutuhan HCl = 3,5 kg/cycle

2. Kebutuhan NaOH = 3,9 kg/cycle

5) *Perencanaan Teknologi Membran*

Pada perencanaan ini, digunakan teknologi membran nanofiltrasi dari Shandong Zhaojin Motian Co., Ltd. dengan nama tipe *Industrial Nanofiltration Membrane System* brand MOTIAN. Produk ini memiliki dimensi panjang 10 m, lebar 2 m, dan tinggi 2,5 m. Sehingga, luas lahan yang dibutuhkan adalah 20 m<sup>2</sup>. Membran nanofiltrasi ini memiliki kemampuan *reject water* sebesar 38%. Dengan unit nanofiltrasi akan dihasilkan air olahan dengan kualitas tinggi karena kandungan kekeruhan dan mikroorganisme terremoval hampir 100%. Namun, kadar kekeruhan dan mikroorganisme yang berhasil tertahan, lama kelamaan harus dibersihkan agar tidak mengganggu operasional membran. Pembersihan pada membran dilakukan dengan menggunakan bahan kimia yang sesuai peruntukkannya, metode ini disebut CIP (*Clean-in-Place*). Bahan kimia yang digunakan saat CIP adalah natrium hidroksida (NaOH) dan sodium dodecylsulfate (SDS). NaOH dan SDS mampu menghilangkan foulant organik yang berasal dari alam, foulant koloid dari campuran organik / anorganik, serta bahan biologis (jamur, jamur, *slime* dan biofilm).

6) *Perencanaan Disinfeksi*

Desinfeksi yang dipilih adalah klorinasi karena efektif membunuh bakteri dan virus serta terdapat sisa klor yang dapat digunakan untuk menghilangkan re-kontaminasi saat distribusi air dengan perpipaan. Dalam perencanaan ini, direncanakan menggunakan produk disinfeksi dari Yantai Jietong Water Treatment Technology Co., Ltd. Nama produk tersebut adalah *Chlorine gas producing equipment*. Total luas lahan yang dibutuhkan adalah kurang lebih 10 m<sup>2</sup>.

7) *Perencanaan Reservoir*

Setelah air baku selesai diolah, maka akan ditampung di reservoir. Reservoir direncanakan berkapasitas 500 m<sup>3</sup> dan berjumlah 2 bak. Struktur bangunan *reservoir* adalah bangunan beton.

F. *Biaya Investasi*

Biaya investasi adalah biaya konstruksi dari perencanaan ini. Perhitungan diawali dengan menghitung BOQ tiap unit terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan perhitungan RAB sehingga diperoleh rekap biaya investasi yang disusun pada Tabel 4:

G. *Biaya Operasional dan Pemeliharaan*

Biaya operasional dan pemeliharaan terdiri dari biaya penyediaan bahan kimia, resin, dan media filter serta pembayaran listrik dan gaji tenaga kerja.tertera pada Tabel 5.

#### IV. KESIMPULAN

Kesimpulannya terdiri dari; (1) Sistem perencanaan yang terpilih dalam pengolahan efluen IPAL PT SIER menjadi air minum untuk kegiatan industri, unit operasi yang diperlukan antara lain: *Rapid Sand Filter Dual Media*, *ion exchanger*, nanofiltrasi, dan chlorine gas disinfection dengan kapasitas pengolahan 2.700 m<sup>3</sup>/hari; (2) Biaya investasi yang diperlukan sebesar Rp464.289.037. Sedangkan biaya operasional pemeliharaan yang diperlukan dalam satu tahun adalah Rp436.387.676.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. A. Pongpalilu and M. Mariyah, "Laporan Kerja Praktek Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. SIER (Surabaya Industrial Estate Rungkut)," Surabaya, 2015.
- [2] A. Faizal, "Keanekaragaman Biota Penempel (Biofouling) pada Substrat Kayu dan Fiber yang Digunakan oleh Kapal di Perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta," Institut Pertanian Bogor, 2016.
- [3] T. D. Reynolds and P. A. Richards, *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*, 2nd ed. Lafayette: PWS Publishing Company, 1996.