

Evaluasi dan Desain Ulang Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Susun Sederhana Sewa Randu Kota Surabaya

Fitria Indaryani dan Alfian Purnomo

Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

e-mail: alfianpurnomo@gmail.com

Abstrak—Rusunawa Randu merupakan salah satu Rusunawa di Surabaya. Rusunawa Randu menghasilkan air limbah domestik baik *blackwater* (kakus) maupun *greywater* (non kakus). Rusunawa ini sudah memiliki unit pengolahan air limbah kakus berupa tangki septik di setiap bloknya, *Anaerobic Biofilter* dan *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR). *Anaerobic Biofilter* berkapasitas 12 m³ dan secara eksisting melayani efluen dari tangki septik Blok D saja, sedangkan ABR berkapasitas 45 m³. Namun ABR tersebut secara eksisting belum dioperasikan, dan direncanakan untuk mengolah air limbah non kakus dari semua blok. Evaluasi IPAL *Anaerobic Biofilter* dan ABR dilakukan dengan cara mengukur dimensi masing-masing unit, menganalisis sampel air limbah dan membandingkan parameter waktu detensi, OLR dan HLR eksisting dengan kriteria desain. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa IPAL tersebut tidak memenuhi kriteria desain, maka dari itu hasil efluen belum memenuhi baku mutu Permen LHK No. 68 Tahun 2016. Rekomendasi dari hasil evaluasi yaitu IPAL *Anaerobic Biofilter* dan ABR eksisting tetap digunakan dengan menyesuaikan debit yang masuk. *Anaerobic Biofilter* akan mengolah air limbah kakus dari blok B, C, D dan F, dan ABR akan mengolah air limbah non kakus dari blok A, B, D dan F. Kedua IPAL eksisting tersebut, masing-masing dilengkapi unit grease trap, untuk mengolah minyak dan lemak.

Kata Kunci—Air Limbah Domestik, *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR), *Anaerobic Biofilter*, Evaluasi IPAL, Rusunawa Randu.

I. PENDAHULUAN

RUSUNAWA (Rumah Susun Sederhana Sewa) merupakan salah satu solusi menyelesaikan permasalahan keterbatasan lahan permukiman di perkotaan, khususnya untuk masyarakat berpenghasilan rendah (MBR). Namun Rusunawa juga memiliki potensi menyebabkan pencemaran air, yang berasal dari air limbah domestik penghuninya. Limbah domestik memberikan kontribusi pencemaran sebesar 60% dalam penurunan kualitas air di Kota Surabaya dan limbah industri (non domestik) sebesar 40%. Limbah domestik dapat dibagi menjadi dua macam, limbah kakus (*blackwater*) merupakan limbah yang berasal dari *Water Closet* atau tinja manusia dan limbah non kakus (*greywater*) merupakan limbah yang berasal dari kegiatan mencuci, memasak, mandi, atau limbah yang berasal selain dari tinja.

Kualitas air limbah domestik di salah satu Rusunawa di Surabaya memiliki nilai COD 329,81 mg/L, BOD 182,02 mg/L dan TSS 103,33 mg/L, di mana parameter-parameter tersebut tidak memenuhi baku mutu air limbah domestik Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 [1]. Upaya pencegahan pencemaran kualitas air dapat dilakukan dengan menerapkan salah satu alternatif teknologi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

Menurut data dari Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman, Cipta Karya dan Tata Ruang, Kota Surabaya memiliki 30 Rusunawa, di mana mayoritas Rusunawa sudah dilengkapi dengan fasilitas unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Namun sebagian besar IPAL yang ada di Rusunawa memerlukan perbaikan dan tidak beroperasi dengan optimal.

Rusunawa Randu merupakan salah satu Rusunawa di Surabaya, terletak di Jalan Randu Agung, termasuk dalam wilayah Kelurahan Sidotopo Wetan, Kecamatan Kenjeran. Menurut data administrasi kependudukan RT/RW tahun 2020, Rusunawa Randu terdiri dari 6 blok dan dihuni sebanyak 1.094 jiwa. Rusunawa Randu menghasilkan air limbah domestik baik *blackwater* (kakus) maupun *greywater* (non kakus) yang berasal dari aktivitas penghuninya.

Di Rusunawa Randu sudah terdapat tangki septik dan IPAL lanjutan dari tangki septik dengan teknologi *Anaerobic Biofilter* untuk mengolah limbah kakus (efluen tangki septik). Sedangkan untuk limbah non kakus di Rusunawa Randu terdapat IPAL berupa *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR), namun tidak beroperasi pengolahannya, sehingga tidak terjadi pengolahan air limbah non kakus yang ada di Rusunawa Randu. *Anaerobic Biofilter* tersebut berkapasitas 12 m³ dan secara eksisting hanya melayani efluen dari tangki septik Blok D saja, dan ABR berkapasitas 45 m³. Berdasarkan hasil analisis sampel air limbah, baik kakus maupun non kakus di Rusunawa Randu tidak memenuhi baku mutu Permen LHK No. 68 Tahun 2016.

Evaluasi IPAL eksisting di Rusunawa Randu diharapkan dapat menganalisis permasalahan yang menyebabkan IPAL tersebut tidak beroperasi. Perencanaan ulang untuk unit *Anaerobic Biofilter* dan ABR eksisting di Rusunawa Randu dengan menyesuaikan debit dan beban air limbah yang diolah sesuai dengan kapasitas unit-unit tersebut. Hal tersebut diharapkan bisa menjadi solusi dalam pengolahan air limbah di Rusunawa Randu, sehingga efluen air limbah telah memenuhi baku mutu Permen LHK No. 68 Tahun 2016.

II. METODOLOGI

A. Ruang Lingkup

Ruang lingkup evaluasi IPAL di Rusunawa Randu adalah:

1. Unit IPAL Rusunawa Randu yang dievaluasi adalah *Anaerobic Biofilter* untuk limbah kakus (efluen tangki septik) dan *Anaerobic Baffled Reactor* untuk limbah non kakus.
2. Kriteria desain yang dievaluasi adalah waktu detensi, OLR, HLR dan efisiensi penyisihan tiap polutan.

Tabel 2.
Debit Air Limbah Harian Maksimum di Rusunawa Randu

Blok	fp	Debit Harian Maksimum Non Kakus (m ³ /hari)	Debit Harian Maksimum Kakus (m ³ /hari)	Debit Harian Maksimum Air Limbah (m ³ /hari)
Blok A	1,23	19,80	1,84	21,64
Blok B	1,23	22,47	2,09	24,56
Blok C	1,23	24,21	2,25	26,46
Blok D	1,23	22,63	2,10	24,73
Blok E	1,23	28,67	2,66	31,34
Blok F	1,23	29,64	2,75	32,40
Total		147,42	13,70	161,13

3. Baku mutu air limbah yang digunakan adalah Permen LHK No. 68 Tahun 2016.

B. Metode Evaluasi

Metode evaluasi yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu melakukan pengukuran dan pengambilan sampel air limbah → menganalisis sampel air limbah di laboratorium → menganalisis sistem IPAL dan menghitung kriteria desain yang di evaluasi → memperbaiki unit yang bermasalah dan dikombinasikan alternatif unit baru apabila efluen masih belum memenuhi baku mutu.

C. Pengumpulan Data

Data primer yang digunakan dalam evaluasi ini meliputi data kualitas air limbah kakus (*blackwater*), non kakus (*greywater*), influen dan efluen dari unit *anaerobic biofilter*. Parameter yang diukur dalam air limbah tersebut yaitu pH, TSS, BOD, COD minyak dan lemak, amoniak dan total coliform. Data priner lainnya yaitu dimensi dari tiap unit IPAL, *anaerobic biofilter* dan ABR.

Data sekunder yang digunakan adalah debit air minum, yang didapatkan dari rekening PDAM tiap bulannya dan jumlah penghuni setiap blok di Rusunawa Randu.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Debit Air Limbah

Debit air limbah dihitung berdasarkan debit air minum yang digunakan tiap blok di Rusunawa Randu. Debit air limbah rata-rata sebesar 80% dari debit air minum [2]. Air limbah dibagi menjadi 2 macam, air limbah kakus dan non kakus. Menurut penelitian sebelumnya, persentase banyaknya limbah kakus dan non kakus dalam air limbah adalah 8,5% dan 91,5%. Maka dari data tersebut didapatkan debit air limbah kakus dan non kakus rata-rata di Rusunawa Randu.

Namun dalam evaluasi unit IPAL harus menggunakan debit air limbah harian maksimum. Debit air maksimum harian maksimum didapatkan dengan cara mengkalikan faktor harian maksimum dengan debit rata-rata air limbah, baik limbah kakus dan non kakus. Permasaan faktor harian maksimum untuk air limbah dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$fp = \frac{Qdm}{Qave} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

fp = faktor harian maksimum

Tabel 1.
Kualitas Air Limbah di Rusunawa

Parameter	Inlet IPAL <i>Anaerobic Biofilter</i>	Outlet IPAL <i>Anaerobic Biofilter</i>	Air Limbah Kakus	Air Limbah Non Kakus
pH	7,9	7,4	7,5	6,3
TSS (mg/l)	258	174	546	424
BOD (mg/l)	160	160	508	380
COD (mg/l)	300	302	955	715
Minyak Lemak (mg/l)	14	12	88	66
Amoniak (mg/l)	296,39	250,96	496,15	62,7
Total Coliform (MPN/100ml)	8×10^{12}	$2,2 \times 10^9$	$2,9 \times 10^{11}$	$1,7 \times 10^7$

Qdm = debit harian maksimum dalam 1 tahun (m³/detik)

Qave = debit rata-rata dalam 1 tahun (m³/detik).

Faktor harian air limbah di Rusunawa Randu yang didapatkan dari perhitungan dengan persamaan (1) sebesar 1,23. Hasil perhitungan debit air limbah kakus dan non kakus harian maksimum di Rusunawa Randu tiap bloknya dapat dilihat pada Tabel 1.

B. Kualitas Air Limbah di Rusunawa Randu

Kualitas air limbah yang digunakan dalam penelitian evaluasi IPAL di Rusunawa berasal dari air limbah kakus (*blackwater*), non kakus (*greywater*), influen dan efluen dari unit *anaerobic biofilter*. Hasil uji laboratorium sampel air limbah dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil analisis air limbah pada Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa semua parameter air limbah di Rusunawa Randu tidak memenuhi baku mutu berdasarkan Permen LHK No 68 Tahun 2016, kecuali parameter pH.

C. Analisis Evaluasi IPAL di Rusunawa Randu

IPAL yang dianalisis evaluasi yaitu IPAL eksisting *anaerobic biofilter* dan *anaerobic baffled reactor* di Rusunawa Randu. Analisis yang dilakukan dengan cara mengecek proses pengolahan dalam sistem IPAL eksisting dengan parameter waktu detensi, HLR dan OLR, kemudian dibandingkan dengan kriteria desain dari tiap unitnya. Analisis evaluasi lainnya yang dilakukan adalah mengukur dimensi eksisting tiap unit IPAL eksisting dan menghitung performa penyisihan polutan setelah diolah didalam IPAL eksisting. Berikut adalah analisis evaluasi IPAL eksisting di Rusunawa Randu.

1) *IPAL Anaerobic Biofilter Eksisting*

Kapasitas IPAL *anaerobic biofilter* di Rusunawa Randu adalah 12 m³, dengan lima kompartemen didalamnya. Kompartemen pertama merupakan bak pengendap dan kompartemen kedua hingga kelima merupakan reaktor biofilter. Kondisi eksisting sumber air limbah kakus yang masuk ke IPAL *anaerobic biofilter* ini berasal dari hanya 1 blok saja, blok D. Namun dalam analisis evaluasi di unit *anaerobic biofilter* menggunakan kapasitas debit pengolahan IPAL Rusunawa Randu dengan kondisi eksisting dari air

Tabel 3.
Kualitas Efluen Air Limbah *Grease Trap – Anaerobic Biofilter*

Parameter	% Penyisihan di <i>Grease Trap</i>		% Penyisihan di Bak Pengendap <i>Anaerobic Biofilter</i>		% Penyisihan Kompartemen <i>Anaerobic Biofilter</i>	
	% Penyisihan	Efluen	% Penyisihan	Efluen	% Penyisihan	Efluen
pH	7,9	-	7,9	-	7,9	-
TSS (mg/l)	258	-	258	60,6%	101,64	70%
BOD (mg/l)	160	-	160	28%	115,1	86%
COD (mg/l)	300	-	300	26%	221,3	78%
Minyak Lemak (mg/l)	14	95%	0,7	-	0,7	-
Amoniak (mg/l)	296,39	-	296,39	-	296,39	-
Total Coliform (MPN/ 100ml)	8×10^{12}	-	8×10^{12}	-	8×10^{12}	-

limbah kakus berasal dari 1 blok dan kondisi limbah kakus ketika dari semua blok.

a) Dimensi reaktor IPAL *anaerobic biofilter*

- Panjang total reaktor *anaerobic biofilter* = 12,4 m
- Panjang reaktor *anaerobic biofilter* = 9,8 m
- Lebar *anaerobic biofilter* = 1,3 m
- Tinggi *anaerobic biofilter* = 0,74 m
- Panjang bak pengendap (kompartemen 1) = 2,6 m
- Lebar bak pengendap (kompartemen 1) = 1,3 m
- Tinggi bak pengendap (kompartemen 1) = 0,74 m
- Volume bak pengendap = 2,5 m³
- Volume reaktor *anaerobic biofilter* = 9,5 m³

b) Efisiensi Penyisihan

Berdasarkan hasil analisis di laboratorium dapat diketahui kualitas inlet dan outlet IPAL *anaerobic biofilter*, yang telah ditampilkan pada Tabel 1.

- *Chemical Oxygen Demand (COD)*
 Influen : 300 mg/l
 Efluen : 302 mg/l
 Efisiensi : $\frac{\text{influen} - \text{effluen}}{\text{influen}} \times 100\%$
 $= \frac{300 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 302 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}{300 \frac{\text{mg}}{\text{l}}} \times 100\% = -1 \%$
- *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*
 Influen : 160 mg/l
 Efluen : 160 mg/l
 Efisiensi : $\frac{\text{influen} - \text{effluen}}{\text{influen}} \times 100\%$
 $= \frac{160 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 160 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}{160 \frac{\text{mg}}{\text{l}}} \times 100\% = 0 \%$
- *Total Suspended Solid (TSS)*
 Influen : 258 mg/l
 Efluen : 174 mg/l
 Efisiensi : $\frac{\text{influen} - \text{effluen}}{\text{influen}} \times 100\%$
 $= \frac{258 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 174 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}{258 \frac{\text{mg}}{\text{l}}} \times 100\% = 33 \%$
- Minyak dan lemak
 Influen : 14 mg/l
 Efluen : 12 mg/l
 Efisiensi : $\frac{\text{influen} - \text{effluen}}{\text{influen}} \times 100\%$
 $= \frac{14 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 12 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}{14 \frac{\text{mg}}{\text{l}}} \times 100\% = 14\%$
- Amoniak
 Influen : 296,4 mg/l NH₃N
 Efluen : 250,96 mg/l NH₃N
 Efisiensi : $\frac{\text{influen} - \text{effluen}}{\text{influen}} \times 100\%$

$$= \frac{296,4 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{NH}_3\text{N} - 250,96 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{NH}_3\text{N}}{296,4 \frac{\text{mg}}{\text{l}}} \times 100\%$$

$$= 15\%$$

- Total coliform
 Influen : 8×10^{12} MPN / 100 ml
 Efluen : $2,2 \times 10^9$ MPN / 100 ml
 Efisiensi : $\frac{\text{influen} - \text{effluen}}{\text{influen}} \times 100\%$
 $= \frac{(8 \times 10^{12} \frac{\text{mg}}{\text{l}}) - (2,2 \times 10^9 \frac{\text{mg}}{\text{l}})}{300 \frac{\text{mg}}{\text{l}}} \times 100\%$
 $= 99,97 \%$

c) Waktu Detensi (Td)

- Waktu detensi untuk debit dari 1 blok D
 $Q = 2,102 \text{ m}^3/\text{hari}$
 Volume reaktor = 9,5 m³
 Waktu detensi = $\frac{\text{Volume}}{\text{Debit}}$
 $= \frac{9,5 \text{ m}^3}{2,102 \text{ m}^3/\text{hari}}$
 $= 4,52 \text{ hari atau } 109,47 \text{ jam}$
 (Tidak memenuhi Kriteria Desain)
- Waktu detensi untuk debit dari semua blok
 $Q = 13,7 \text{ m}^3/\text{hari}$
 Volume reaktor = 9,5 m³
 Waktu detensi = $\frac{\text{Volume}}{\text{Debit}}$
 $= \frac{9,5 \text{ m}^3}{13,7 \text{ m}^3/\text{hari}}$
 $= 0,69 \text{ hari atau } 16,65 \text{ jam}$
 (Tidak memenuhi Kriteria Desain)

Berdasarkan hasil perhitungan waktu detensi unit *anaerobic biofilter* apabila menampung debit dari 1 blok D saja, tidak memenuhi kriteria desain. Hal tersebut dikarenakan debit yang masuk terlalu kecil. Sedangkan apabila dirancang untuk menampung debit dari seluruh blok, IPAL tidak mampu mengolah dengan optimal. Karena debit yang masuk terlalu besar, yang dapat dilihat dari hasil perhitungan waktu detensi IPAL tersebut tidak memenuhi kriteria desain juga. Kriteria desain waktu detensi untuk IPAL anaerobik biofilter adalah 24 – 48 jam. Debit maksimal yang dibutuhkan untuk memenuhi kriteria desain waktu detensi 24 jam, yaitu 9,5 m³/hari.

d) OLR (*Organic Loading Rate*)

- OLR untuk debit dari 1 blok D
 $Q = 2,102 \text{ m}^3/\text{hari}$
 Volume reaktor = 9,5 m³
 BOD_{in} (So) = 160 mg/l = 0,16 kg/m³
 OLR = $\frac{Q \times \text{So}}{\text{Volume}}$
 $= \frac{2,102 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 0,16 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{9,5 \text{ m}^3}$

Tabel 4.
Kualitas Efluen Air Limbah Grease Trap – ABR

Parameter	% Penyisihan di Grease Trap		% Penyisihan di Bak Pengendap Anaerobic Biofilter		% Penyisihan Kompartemen Anaerobic Biofilter	
	% Penyisihan	Efluen	% Penyisihan	Efluen	% Penyisihan	Efluen
pH	6,3	-	6,3	-	6,3	-
TSS (mg/l)	424	-	424	52,6%	200,84	68%
BOD (mg/l)	380	-	380	26%	282,4	71%
COD (mg/l)	715	-	715	24%	543,4	67%
Minyak Lemak (mg/l)	66	95%	3,3	-	3,3	-
Amoniak (mg/l)	62,7	-	62,7	-	62,7	-
Total Coliform (MPN/ 100ml)	$1,7 \times 10^7$	-	$1,7 \times 10^7$	-	$1,7 \times 10^7$	-

$$= 0,035 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}$$

(Tidak memenuhi Kriteria Desain)

- OLR untuk debit dari semua blok
 $Q = 13,7 \text{ m}^3/\text{hari}$
 Volume reaktor = $9,5 \text{ m}^3$
 $BOD_{in} (So) = 160 \text{ mg/l} = 0,16 \text{ kg/m}^3$
 $OLR = \frac{Q \times So}{Volume}$
 $= \frac{13,7 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 0,16 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{9,5 \text{ m}^3}$
 $= 0,23 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}$

(Tidak memenuhi Kriteria Desain)

Berdasarkan hasil perhitungan OLR unit anaerobik biofilter apabila menampung debit dari 1 blok D atau debit dari semua blok Keduanya menghasilkan nilai yang tidak memenuhi kriteria desain. Kriteria desain OLR untuk IPAL anaerobik biofilter adalah $0,4 - 4,7 \text{ kg/ m}^3 \cdot \text{hari}$. Ketidaksiesuaian antara hasil perhitungan IPAL eksisting dengan kriteria desain mungkin dikarenakan volume reaktor IPAL yang ada terlalu besar. Karena dengan dicoba menggunakan kapasitas debit harian maksimum dari semua blok juga ternyata belum memenuhi kriteria desain OLR anaerobic biofilter atau terjadi perubahan kualitas air limbah, yang menyebabkan beban BOD ketika perencanaan anaerobic biofilter awal berbeda dengan ketika saat ini dievaluasi.

e) HLR (Hydraulic Loading Rate)

- HLR untuk debit dari 1 blok D
 $Q = 2,102 \text{ m}^3/\text{hari}$
 Panjang reaktor = $9,8 \text{ m}$
 Lebar reaktor = $1,3 \text{ m}$
 Luas permukaan (As) = $12,74 \text{ m}^2$
 $HLR = \frac{Q}{As}$
 $= \frac{2,102 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{12,74 \text{ m}^2}$
 $= 0,165 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$

(Memenuhi Kriteria Desain)

- HLR untuk debit dari semua blok
 $Q = 13,7 \text{ m}^3/\text{hari}$
 Panjang reaktor = $9,8 \text{ m}$
 Lebar reaktor = $1,3 \text{ m}$
 Luas permukaan (As) = $12,74 \text{ m}^2$
 $HLR = \frac{Q}{As}$
 $= \frac{13,7 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{9,5 \text{ m}^2}$
 $= 1,075 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$

(Memenuhi Kriteria Desain). Berdasarkan hasil perhitungan HLR unit anaerobic biofilter apabila

menampung debit dari 1 blok D atau debit dari semua blok Keduanya menghasilkan nilai yang memenuhi kriteria desain. Kriteria desain HLR untuk IPAL anaerobik biofilter adalah $< 2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$.

2) IPAL Anaerobic Baffled Reactor Eksisting

Anaerobic Baffled Reactor (ABR) eksisting di IPAL Rusunawa Randu yang didesain mengolah air limbah non kakus dari seluruh blok. Kapasitas IPAL ABR eksisting di Rusunawa Randu adalah 45 m^3 , dengan lima kompartemen didalamnya. Kompartemen pertama merupakan bak pengendap dan kompartemen kedua hingga kelima merupakan reaktor pengolahan anaerobik.

a) Dimensi reaktor IPAL ABR

- Panjang total ABR = 7 m
- Panjang reaktor ABR = $4,9 \text{ m}$
- Lebar ABR = 3 m
- Tinggi ABR = $2,14 \text{ m}$
- Panjang bak pengendap (kompartemen 1) = $2,1 \text{ m}$
- Lebar bak pengendap (kompartemen 1) = 3 m
- Tinggi bak pengendap (kompartemen 1) = $2,14 \text{ m}$
- Volume bak pengendap = $13,5 \text{ m}^3$
- Volume reaktor ABR = $31,5 \text{ m}^3$

b) Waktu detensi

$$Q = 147,43 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Volume \text{ reaktor} = 31,5 \text{ m}^3$$

$$Waktu \text{ detensi} = \frac{Volume}{Debit}$$

$$= \frac{31,5 \text{ m}^3}{147,43 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= 0,214 \text{ hari atau } 5,1 \text{ jam}$$

(Tidak memenuhi Kriteria Desain)

Berdasarkan hasil perhitungan waktu detensi unit ABR apabila menampung debit dari semua blok, tidak memenuhi kriteria desain. Hal tersebut dikarenakan debit yang masuk terlalu terlalu besar. Kriteria desain waktu detensi untuk IPAL ABR adalah $> 8 \text{ jam}$.

c) Organic Loading Rate (OLR)

$$Q = 147,43 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Volume \text{ reaktor} = 31,5 \text{ m}^3$$

$$COD_{in} (So) = 715 \text{ mg/l} = 0,715 \text{ kg/m}^3$$

$$OLR = \frac{Q \times So}{Volume}$$

$$= \frac{147,43 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 0,715 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{31,5 \text{ m}^3}$$

$$= 3,346 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}$$

(Tidak memenuhi Kriteria Desain)

Berdasarkan hasil perhitungan OLR unit ABR apabila menampung debit dari semua blok Keduanya menghasilkan nilai yang tidak memenuhi kriteria desain. Kriteria desain

OLR untuk IPAL ABR adalah $< 3 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}$. Ketidaksesuaian antara hasil perhitungan IPAL eksisting dengan kriteria desain mungkin dikarenakan volume reaktor IPAL yang ada terlalu besar atau debit yang masuk terlalu besar juga.

d) *Hydraulic Loading Rate (HLR)*

$$\begin{aligned} Q &= 147,43 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Panjang reaktor} &= 4,9 \text{ m} \\ \text{Lebar reaktor} &= 3 \text{ m} \\ \text{Luas permukaan (As)} &= 14,7 \text{ m}^2 \\ \text{HLR} &= \frac{Q}{As} \\ &= \frac{147,43 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{14,7 \text{ m}^2} \\ &= 10,03 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \end{aligned}$$

(Tidak memenuhi Kriteria Desain)

Berdasarkan hasil perhitungan HLR unit ABR apabila menampung debit dari semua blok, menghasilkan nilai yang memenuhi kriteria desain. Kriteria desain HLR untuk IPAL ABR adalah $16,8 - 38,4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$. Ketidaksesuaian antara hasil perhitungan HLR IPAL eksisting dengan HLR kriteria desain mungkin dikarenakan luas penampang (As) reaktor IPAL yang ada terlalu besar atau debit yang masuk terlalu kecil juga.

D. *Rancangan Ulang IPAL Eksisting di Rusunawa Randu*

Rancangan ulang IPAL eksisting di Rusunawa Randu dilakukan untuk unit *anaerobic biofilter* dan ABR. Hal tersebut dikarenakan berdasarkan analisis evaluasi yang telah dilakukan, terdapat kriteria desain masing-masing unit IPAL yang belum memenuhi kriteria desainnya. Kriteria desain yang tidak terpenuhi dapat menyebabkan tidak maksimal pengolahan didalam IPAL tersebut, sehingga efluen air limbah belum memenuhi baku mutu dan polutan masih berbahaya untuk dibuang ke badan air secara langsung. Berikut adalah rancangan ulang IPAL eksisting berdasarkan hasil evaluasi di Rusunawa Randu.

1) *Rancangan Ulang Anaerobic Biofilter Eksisting*

Dalam rancangan ulang ini, debit yang masuk IPAL *anaerobic biofilter* eksisting direncanakan mengolah air limbah kakus dari empat blok, blok B, C, D dan F. Sehingga debit harian maksimum air limbah kakus yang diolah *anaerobic biofilter* sebesar $9,19 \text{ m}^3/\text{hari}$. Maka dengan debit $9,19 \text{ m}^3/\text{hari}$, akan dicek kembali apakah sudah memenuhi kriteria desain untuk parameter waktu detensi, OLR dan HLR atau belum.

a) Waktu detensi

$$\begin{aligned} Q &= 9,19 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Volume reaktor} &= 9,5 \text{ m}^3 \\ \text{Waktu detensi} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Debit}} \\ &= \frac{9,5 \text{ m}^3}{9,19 \text{ m}^3/\text{hari}} \\ &= 1,033 \text{ hari atau } 24,8 \text{ jam} \end{aligned}$$

(Memenuhi kriteria desain. Kriteria desain waktu detensi untuk IPAL *anaerobic biofilter* adalah 24 – 48 jam).

b) *Organic Loading Rate (OLR)*

$$\begin{aligned} Q &= 9,19 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Volume reaktor} &= 9,5 \text{ m}^3 \\ \text{BOD}_{in} \text{ (So)} &= 160 \text{ mg/l} = 0,16 \text{ kg/m}^3 \\ \text{OLR} &= \frac{Q \times So}{\text{Volume}} \end{aligned}$$

$$= \frac{9,19 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 0,16 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{9,5 \text{ m}^3}$$

$$= 0,155 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}$$

(Tidak memenuhi Kriteria Desain)

Kriteria desain OLR untuk IPAL *anaerobic biofilter* adalah $0,4 - 4,7 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}$. Parameter OLR tidak dapat terpenuhi karena beban yang masuk ke *anaerobic biofilter* terlalu kecil atau volume reaktor yang terlalu besar. Karena volume reaktor tidak dapat diubah, maka dari itu beban yang masuk harus diperbesar atau diberi nutrisi lebih sebelum masuk ke *anaerobic biofilter*.

c) *Hydraulic Loading Rate (HLR)*

$$\begin{aligned} Q &= 9,19 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Panjang reaktor} &= 9,8 \text{ m} \\ \text{Lebar reaktor} &= 1,3 \text{ m} \\ \text{Luas permukaan (As)} &= 12,74 \text{ m}^2 \\ \text{HLR} &= \frac{Q}{As} \\ &= \frac{9,19 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{12,74 \text{ m}^2} \\ &= 0,72 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \end{aligned}$$

(Memenuhi kriteria desain. kriteria desain HLR untuk IPAL *anaerobic biofilter* adalah $< 2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$).

d) Efisiensi penyisihan polutan

Efisiensi penyisihan polutan yang masuk ke *anaerobic biofilter* dapat dilihat pada Tabel 3 [3]:

e) Perencanaan *grease trap* untuk unit *anaerobic biofilter* eksisting

- Debit harian maksimum total = $9,19 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Konsentrasi minyak dan lemak = 14 mg/l
= $0,014 \text{ kg/m}^3$
- Beban minyak dan lemak
= $Q_{total} \times \text{konsentrasi minyak}$
= $9,19 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,014 \text{ kg/m}^3$
= $0,1287 \text{ kg/hari}$

Dimensi kompartemen

- Jumlah kompartemen = 1 buah
- Waktu detensi (td) = 10 menit = $0,007 \text{ hari}$
- Volume *Grease Trap* = $Q_{total} \times td$
= $9,19 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,007 \text{ hari}$
= $0,064 \text{ m}^3$
- Kedalaman efektif = $0,5 \text{ meter}$
- *Freeboard* = $0,3 \text{ meter}$
- Kedalaman total
= $\text{kedalaman efektif} + \text{freeboard}$
= $0,5 \text{ meter} + 0,3 \text{ meter} = 0,8 \text{ m}$
- Luas Permukaan (As) = $\frac{\text{Volume}}{\text{Kedalaman efektif}}$
= $\frac{0,064 \text{ m}^3}{0,5 \text{ meter}} = 0,13 \text{ m}^2$
- Rasio panjang : lebar = $2 : 1$
- Lebar
= $\sqrt{\frac{\text{Luas permukaan (As)}}{2}}$
= $\sqrt{\frac{0,13 \text{ m}^2}{2}} = 0,255 \text{ meter}$
= $0,3 \text{ meter}$ (dibulatkan)
- Panjang
= $\frac{\text{Luas permukaan (As)}}{\text{Lebar}}$
= $\frac{0,13 \text{ m}^2}{0,3 \text{ meter}} = 0,43 \text{ meter}$

- = 0,45 meter (dibulatkan)
- Tebal dinding = 0,1 m
- Panjang total *grease trap* = 0,65 meter
- Lebar total *grease trap* = 0,5 meter
- Kedalaman total = 1 meter

Efisiensi Penyisihan

- Persen penyisihan lemak dan minyak di *grease trap* = 95% [4]
- Konsentrasi minyak tersisihkan = %R x konsentrasi minyak = 95% x 0,014 kg/m³ = 0,0133 kg/m³

Efluen

- Konsentrasi minyak efluen = *Konsentrasi (influent - tersisihkan)* = 0,014 kg/m³ - 0,0133 kg/m³ = 0,0007 kg/m³ = 0,7 mg/l

2) *Rancangan Ulang ABR Eksisting*

Rancangan ulang unit ABR eksisting debit yang masuk direncanakan mengolah air limbah non kaku dari empat blok, blok A, B, D dan F. Sehingga debit harian maksimum air limbah non kaku yang diolah ABR sebesar 94,54 m³/hari. Maka dengan debit 94,54 m³/hari, akan dicek kembali apakah sudah memenuhi kriteria desain untuk parameter waktu detensi, OLR dan HLR atau belum. Waktu detensi

$$Q = 94,54 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Volume reaktor} = 31,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu detensi} = \frac{\text{Volume}}{\text{Debit}} = \frac{31,5 \text{ m}^3}{94,54 \text{ m}^3/\text{hari}} = 0,33 \text{ hari atau } 8 \text{ jam}$$

(Memenuhi kriteria desain, kriteria desain waktu detensi untuk IPAL ABR adalah > 8 jam).

a) *Organic Loading Rate (OLR)*

$$Q = 94,54 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Volume reaktor} = 31,5 \text{ m}^3$$

$$\text{COD}_{in} (\text{So}) = 715 \text{ mg/l} = 0,715 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{OLR} = \frac{Q \times \text{So}}{\text{Volume}} = \frac{94,54 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 0,715 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{31,5 \text{ m}^3} = 2,146 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}$$

(Memenuhi kriteria desain, kriteria desain OLR untuk IPAL ABR adalah <3 kg/ m³.hari).

b) *Hydraulic Loading Rate (HLR)*

$$Q = 94,54 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Panjang reaktor} = 4,9 \text{ m}$$

$$\text{Lebar reaktor} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Luas permukaan (As)} = 14,7 \text{ m}^2$$

$$\text{HLR} = \frac{Q}{As} = \frac{94,54 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{14,7 \text{ m}^2} = 6,4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$$

(Tidak memenuhi Kriteria Desain)

Kriteria desain HLR untuk IPAL ABR adalah 16,8 – 38,4 m³/m².hari. Parameter HLR tidak dapat terpenuhi karena debit yang masuk ke ABR terlalu kecil. Karena dimensi panjang dan lebar reaktor tidak dapat diubah, maka dari itu debit yang masuk harus diperbesar. Namun apabila debit diperbesar maka parameter waktu detensi tidak dapat memenuhi kriteria desain, sehingga dapat disimpulkan ada

kesalahan perencanaan ketika merencanakan IPAL ABR tersebut.

c) *Efisiensi penyisihan polutan*

Efisiensi penyisihan polutan yang masuk ke ABR dapat dilihat pada Tabel 4 [5] :

d) *Perencanaan grease trap untuk unit ABR eksisting*

- Debit harian maksimum total = 94,54 m³/hari
- Konsentrasi minyak dan lemak = 66 mg/l = 0,066 kg/m³
- Beban minyak dan lemak = 6,24 kg/hari

Dimensi kompartemen

- Jumlah kompartemen = 1 buah
- Waktu detensi (td) = 10 menit = 0,007 hari
- Volume *Grease Trap* = 0,656 m³
- Kedalaman total = *kedalaman efektif + freeboard* = 1 meter + 0,3 meter = 1,3 m
- Luas Permukaan (As) = $\frac{\text{Volume}}{\text{Kedalaman efektif}} = \frac{0,656 \text{ m}^3}{1 \text{ meter}} = 0,656 \text{ m}^2$
- Rasio Panjang : Lebar = 2 : 1
- Lebar = $\sqrt{\frac{\text{Luas permukaan (As)}}{2}} = \sqrt{\frac{0,656 \text{ m}^2}{2}} = 0,57 \text{ meter} = 0,6 \text{ meter (dibulatkan)}$
- Panjang = $\frac{\text{Luas permukaan (As)}}{\text{Lebar}} = \frac{0,656 \text{ m}^2}{0,6 \text{ meter}} = 1,09 \text{ meter} = 1,1 \text{ meter (dibulatkan)}$
- Tebal dinding = 0,15 m
- Panjang total *grease trap* = 1,4 meter
- Lebar total *grease trap* = 0,9 meter
- Kedalaman total = 1,6 meter

Efisiensi Penyisihan

- Konsentrasi minyak tersisihkan = 95% x 0,066 kg/m³ = 0,0627 kg/m³

Efluen

Konsentrasi minyak efluen = *Konsentrasi (influent - tersisihkan)* = 0,066 kg/m³ - 0,0627 kg/m³ = 0,0033 kg/m³ = 3,3 mg/l

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari evaluasi dan desain ulang di Rusunawa Randu adalah sebagai berikut : IPAL eksisting di Rusunawa Randu ada 2, dengan teknologi *anaerobic biofilter* untuk mengolah limbah kaku dan *anaerobic baffled reactor* untuk mengolah limbah non kaku. Hasil evaluasi kedua IPAL tersebut tidak mampu menampung semua air limbah yang dihasilkan di Rusunawa Randu. Maka, IPAL *anaerobic biofilter* akan mengolah limbah kaku dari blok B, C, D dan F, dengan kapasitas sebesar 9,19 m³/hari. Lalu IPAL *anaerobic baffled reactor* akan mengolah limbah non kaku dari blok A, B, D dan F, dengan kapasitas sebesar 94,9 m³/hari. Masing-masing IPAL eksisting dilengkapi dengan unit *grease trap*, untuk mengolah minyak dan lemak. *Grease*

trap untuk *anaerobic biofilter* berkapasitas 0,064 m³, sedangkan *grease trap* untuk ABR berkapasitas 0,656 m³.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dinas Pengelolaan Bangunan dan Tanah, Dinas Kebersihan dan Ruang Terbuka Hijau dan Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman, Cipta Karya dan Tata Ruang Kota Surabaya yang telah memberikan ijin dan data-data yang diperlukan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Safrodin and S. Mangkoedirdjo, "Desain IPAL pengolahan grey

- water dengan teknologi subsurface flow constructed wetland di rusunawa grudo surabaya," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [2] S. Iskandar, I. Fransisca, E. Arianto, and A. Ruslan, *Buku 3 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik – Terpusat Skala Permukiman*. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2016.
- [3] B. Gutterer, L. Sasse, T. Panzerbieter, and R. Thorsten, *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries*, vol. 49. German: Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA), 2009.
- [4] J. Wongthanate, N. Mapracha, and P. Bengjaphorn, "Efficiency of modified grease trap for domestic wastewater treatment," *J. Ind. Technol.*, vol. 10, no. 2, 2014.
- [5] A. Mahatyanta, "Perencanaan desain alternatif IPAL dengan Teknologi Anaerobic Baffled Reactor dan Anaerobic Filter untuk Rumah Susun Romokalisari Surabaya," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2016.