

USIA LAYAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) SEMANGGI DITINJAU BERDASARKAN KINERJA PADA REAKTOR UTAMA

Moh. Nurul Aziz¹⁾, Budi Utomo²⁾, Sudarto³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Univerirtas Sebelas Maret

²⁾ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

³⁾ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

Email: mohnurulaziz@gmail.com Jalan Ir. Sutami No. 36A Surakarta 57126

Abstract

Semanggi Wastewater Treatment Plant (S-WWTP) is a domestic wastewater treatment units in Surakarta City, located in Semanggi Village and serves the southern part of Surakarta City which consists of 28 urban villages and service areas covering 5800 m². wastewater treatment in S-WWTP is carried out by regional water company of Surakarta with a processing capacity is 60 L/sec and in April 2019 it has served active customers of 9875 Home Connections(HC). The purpose of this research was to determine the existing performance and predict the performance of the main reactor of S-WWTP based on population growth and the number of customers in the next 20 years. It provided an alternative in the development of wastewater treatment in the future. The results of the research analysis showed that the total population and number of customers from S-WWTP in the next 20 years according to the arithmetic method are 245378 people and 15705 Home Connections. Based on the geometric method, the population and the number of customers amounted to 246970 people and 18991 Home Connections. The existential performance in the main reactor of S-WWTP based on the discharge of wastewater produced from active customers in April 2019 was 78 L/sec, while the performance based on the processing efficiency value of the wastewater quality test was 31.6% of BOD5 efficiency and 23.1% of COD efficiency. Development efforts that can be made for the main IPAL-S reactor in order to be able to serve the population and customers in the next 20 years was by shortening the residence time in the aeration tank, increasing pump power in the equalization tank, and replacing of existing diffusion pump units in aeration tanks to improve the quality of wastewater treatment.

Keywords: Semanggi WWTP, main reactor, discharge, population, customers

Abstrak

IPAL Semanggi (IPAL-S) merupakan unit pengolahan air limbah rumah tangga di Kota Surakarta yang berlokasi di Kelurahan Semanggi dan melayani wilayah bagian selatan dari Kota Surakarta yang terdiri dari 28 kelurahan dan area layanan seluas 5800 m². Pengolahan air limbah rumah tangga di IPAL-S dilakukan oleh PDAM Kota Surakarta dengan kapasitas pengolahan sebesar 60 L/dt dan pada April 2019 telah melayani pelanggan aktif sebanyak 9875 Sambungan Rumah (SR). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kinerja eksisting dan memprediksi kinerja dari reaktor utama IPAL-S berdasarkan pertumbuhan jumlah penduduk dan jumlah pelanggan pada area pelayanan dalam 20 tahun mendatang. Memberikan Alternatif dalam pengembangan pengolahan air limbah di masa depan. Hasil analisis penelitian menunjukkan bahwa proyeksi jumlah penduduk dan jumlah pelanggan dari IPAL-S pada 20 tahun mendatang menurut metode aritmatik adalah berjumlah 245378 jiwa dan 15705 SR. Sementara berdasarkan metode geometrik sebesar 246970 jiwa dan 18991 SR. Kinerja reaktor utama IPAL-S berdasarkan debit air limbah yang mengalir menuju IPAL-S yang berasal dari pelanggan aktif pada April 2019 dengan faktor timbulan air buangan sebesar 80% adalah 78 liter/detik. Sementara kinerja reaktor utama IPAL-S berdasarkan nilai efisiensi pengolahan dari hasil uji kualitas air limbah yang dilakukan oleh peneliti adalah sebesar 31,6 % untuk nilai BOD5 dan 23,1 % untuk nilai COD. Nilai tersebut menunjukkan bahwa efisiensi pengolahan pada reaktor utama IPAL-S termasuk rendah. Upaya pengembangan yang dapat dilakukan untuk reaktor utama IPAL-S agar tetap mampu melayani penduduk dan pelanggan dalam 20 tahun mendatang yaitu dengan memperpendek waktu tinggal air limbah pada bak aerasi, peningkatan daya pompa pada bak ekualisasi agar dapat mengalirkan debit sesuai alternatif perencanaan, serta penggantian unit pompa difusi yang ada pada bak aerasi agar terjadi peningkatan kualitas pengolahan air limbah. Kata kunci: IPAL Semanggi, reaktor utama, debit, jumlah penduduk, jumlah pelanggan

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang begitu cepat pada wilayah perkotaan akan menimbulkan dampak terhadap kondisi lingkungan. Meningkatnya jumlah penduduk mengakibatkan bertambahnya konsumsi air bersih yang berdampak pada peningkatan produksi air limbah. Air limbah harus diolah dengan benar karena dapat mengakibatkan permasalahan lingkungan diantaranya bau yang tidak sedap, menurunnya kualitas air tanah dan sungai, serta dapat menimbulkan berbagai macam penyakit baik yang menular maupun tidak (Nopiah, 2016).

Kota Surakarta dengan luas 44,4 km² berpenduduk 516.102 jiwa dengan tingkat kepadatan 11.675 orang per km² (BPS, 2018). Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang ada di Kota Surakarta yaitu IPAL Mojosongo, IPAL Pucangsawit, IPAL Semanggi. IPAL Semanggi (IPAL-S) dibangun tahun 1999 dengan kapasitas pengolahan 30 liter/detik, kemudian pada tahun 2006 ditingkatkan menjadi 60 liter/detik.

Berdasarkan fakta-fakta di atas, peningkatan jumlah penduduk dan pelanggan di wilayah pelayanan IPAL-S dalam 20 tahun mendatang berbanding lurus dengan peningkatan jumlah produksi air limbah domestik. Hal ini akan menyebabkan terjadinya peningkatan pencemaran air dan tanah oleh air limbah, dan akan memberikan dampak yang signifikan terhadap kemampuan dan usia pelayanan pengelolaan air limbah pada reaktor utama IPAL-S. Permasalahan di atas menjadi dasar bagi peneliti untuk mengkaji batas usia layan IPAL-S dan upaya yang bisa dilakukan untuk memperpanjang usia pelayanan dari IPAL-S peningkatan dalam pengelolaan air limbah di IPAL-S secara berkelanjutan.

LANDASAN TEORI

Limbah cair adalah gabungan atau campuran dari air dan bahan pencemar yang terbawa oleh air, baik dalam keadaan terlarut maupun tersuspensi yang terbuang dari sumber domestik (perkantoran, perumahan, dan perdagangan), sumber industri dan pada saat tertentu tercampur dengan air tanah, air permukaan atau air hujan (Soeparman dkk, 2002).

Karakteristik air limbah cair dapat diketahui menurut sifat fisika, kimia, dan biologi. Studi karakteristik limbah perlu dilakukan agar dapat dipahami sifat-sifat tersebut dan sejauh mana tingkat pencemaran yang dapat ditimbulkan terhadap lingkungan (Ginting, 2007).

Karakteristik air limbah perlu diketahui 3 jenis sifatnya terlebih dahulu, yaitu :

1. Sifat fisika, ditentukan berdasarkan bau, warna, temperatur, dan kandungan zat padat sebagai efek estetika dari kejernihan.
2. Sifat kimia, ditentukan berdasarkan kandungan derajat keasaman (pH), kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD), kebutuhan oksigen kimiawi (COD), dan oksigen terlarut (DO) di dalam air limbah yang dapat merugikan lingkungan.
3. Sifat biologi, ditentukan berdasarkan jenis mikroorganisme yang terkandung dalam air limbah yang efisiensi untuk proses biologis dan evaluasi kualitas air.

Air limbah domestik yang dilepas ke lingkungan khususnya sungai haruslah memenuhi standar baku mutu air limbah domestik. Baku mutu air limbah domestik adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah domestik yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha atau kegiatan. Syarat baku mutu air limbah domestik berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.68/2016 ditampilkan pada Tabel 1

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Domestik

No.	Parameter	Kadar Maksimum
1	pH	6,0-9,0
2	BOD	30 mg/L
3	COD	100 mg/L
4	TSS	30 mg/L
5	Minyak dan Lemak	5 mg/L
6	Amoniak	10 mg/L
7	Total Coliform	3000/100mL

Pengolahan Air Buangan dengan Sistem Lumpur Aktif. Pada proses pertumbuhan biomassa tersuspensi, mikroorganisme bertanggung jawab atas kelangsungan jalannya proses dalam kondisi liquid dengan metode pengadukan atau pencampuran yang tepat. Biomassa yang ada dinamakan dengan lumpur aktif, karena adanya mikroorganisme aktif yang dikembalikan ke bak atau unit aerasi untuk melanjutkan biodegradasi zat organik yang masuk sebagai influen (Said, 2000).

Pengelolaan air limbah di Kota Surakarta direncanakan terdiri dari 30% sistim perpipaan atau off site dan 70% dengan sistim on site yang terdiri dari septik tank, IPAL komunal, dan sistem mandi-cuci-kakus (MCK)

Waktu tinggal adalah berapa lama limbah akan menginap di dalam sistem pengolahan, lebih lama limbah menginap maka proses pengolahan lebih baik, tetapi dengan konsekuensi konstruksi bangunan menjadi besar. Sebaliknya apabila terlalu cepat maka air limbah hanya sekedar lewat saja tanpa ada proses pengolahan.

Perhitungan waktu tinggal menggunakan rumus di bawah ini :

$$HRT = \frac{v}{Q} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan:

HRT = Waktu tinggal (detik)

v = Volume (liter)

Q = Debit (liter/detik)

Proyeksi jumlah penduduk dan jumlah sambungan rumah (SR) pelanggan IPAL dianalisis berdasar Metode aritmatik, geometrik dan regresi eksponensial berikut :

1. Metode Aritmatik:

$$K_a = \frac{P_o - P_1}{T_o - T_1} \dots\dots\dots (2)$$

$$P_n = P_o + k (T_n - T_o) \dots\dots\dots (3)$$

Dengan:

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke-n

P_o = Jumlah penduduk pada tahun awal proyeksi

K_a = Konstanta aritmatik

T_n = Tahun ke-n

T_o = Tahun awal proyeksi

P_1 = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun ke-1

T_1 = Tahun ke-1 yang diketahui

2. Metode Geometrik:

$$P_n = P_o \times (1 + r)^n \dots\dots\dots (4)$$

Dengan:

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke-n

P_o = Jumlah penduduk pada tahun awal proyeksi

r = Laju pertumbuhan penduduk

n = Jumlah interval

Menentukan debit air limbah dalam perencanaan suatu sistem pengolahan air limbah sangatlah penting. Debit air limbah merupakan salah satu karakteristik penting dari air limbah yang menjadi penentu sistem yang akan dirancang. Debit air limbah akan menjadi faktor penting dalam penentuan ukuran unit-unit pengolahan yang akan dibangun karena debit merupakan volume per satuan waktu.

Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai debit adalah dengan menggunakan rumus kontinuitas berikut ini :

$$Q = \frac{v}{t} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

Q = Debit air limbah (m^3 /detik)

v = Volume (m^3)

t = Waktu proses pengolahan (detik)

Kebutuhan air baku perkotaan untuk kota dengan penduduk 500.000–1.000.000 jiwa adalah 170 liter/org/hari (Petunjuk Teknis Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum Perkotaan, 1998). Limbah cair domestik yang dihasilkan oleh setiap orang adalah 60-80% dari kebutuhan air bersih (Lampiran Kepmen Nomor 534/KPTS/M/2001)

Perhitungan kebutuhan air rumah tangga dapat dicari menggunakan rumus

$$Kart = P \times S \times Q \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

Kart = Kebutuhan air rumah tangga (liter/hari)

P = Jumlah pelanggan (SR)

S = Jumlah jiwa per SR (orang)

Q = Konsumsi Unit Sambungan Rumah (liter/orang/hari)

Skala efisiensi yang ingin dicapai dari suatu kegiatan atau aktivitas diberikan berdasarkan pada kriteria-kriteria yang telah ditetapkan. Dalam hal sistem pengolalian di IPAL, efisiensi biasanya diberikan dalam kriteria desain pengolahan yang digunakan.

Nilai efisiensi pengolahan air limbah, terutama BODs dan COD, Efisiensi sistem pengolahan air limbah dapat

dihitung dengan rumus :

$$E = \frac{C_o - C}{C_o} \times 100 \% \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

- E = Efisiensi (%)
- C_o = Konsentrasi influen (mg/l)
- C = Konsentrasi efluen (mg/l)

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian deskriptif kuantitatif dengan melakukan studi literatur sehingga dapat diketahui prediksi umur pelayanan, kemampuan kapasitas tampungan, serta evaluasi dan strategi pengembangan dalam pengelolaan air limbah di IPAL Semanggi.

Tahap-tahap penelitian meliputi :

1. Pengumpulan data, data-data yang mendukung dalam penelitian ini diklasifikasikan menjadi 2 jenis data, yaitu data primer dan sekunder. Data primer dalam penelitian ini diperoleh berdasarkan hasil tinjauan secara langsung untuk mengetahui kondisi eksisting IPAL dan melakukan wawancara, serta data hasil uji kualitas air limbah di Laboratorium Teknik Penyehatan Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Data sekunder diperoleh oleh pihak lain, instansi terkait, dan penelitian terdahulu. Data sekunder dalam penelitian ini diantaranya data kapasitas dan debit IPAL Semanggi, data jumlah pelanggan IPAL, data pertumbuhan penduduk pada wilayah layanan IPAL Semanggi yang diperoleh dari Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Pemerintah Kota Surakarta dan Badan Pusat Statistik Kota Surakarta.
2. Berdasarkan pada data dan informasi yang sudah terkumpul, selanjutnya dapat diolah dan dianalisis untuk mendapatkan hasil akhir berupa proyeksi jumlah penduduk dan jumlah pelanggan pada area pelayanan dari IPAL Semanggi pada 20 tahun yang akan datang, nilai efisiensi dari kinerja reaktor utama IPAL Semanggi dan mengetahui prediksi usia pelayanan dari IPAL Semanggi Kota Surakarta.
3. Tahap analisis yang dilakukan adalah menghitung proyeksi jumlah penduduk, menghitung volume air limbah domestik yang dihasilkan, serta memprediksi umur pelayanan dan kemampuan kapasitas tampungan di reaktor utama IPAL Semanggi. Hasil analisis tersebut kemudian akan dievaluasi sesuai dengan kemampuan IPAL Semanggi dalam mengolah air limbah selama masa operasinya. Selanjutnya, direncanakan strategi pengembangan dalam hal pengelolaan air limbah di IPAL Semanggi, yang kemudian akan dimasukkan dalam kesimpulan dan saran.
4. Tahap hasil dan pembahasan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan pembahasan berdasarkan hasil analisis prediksi kinerja kuantitatif IPAL Semanggi dalam 20 tahun mendatang.
5. Dalam tahap ini, hasil dari analisis data, evaluasi, dan pembahasan yang dilakukan kemudian disimpulkan dan diberikan saran-saran terkait dengan kesimpulan yang ditulis.

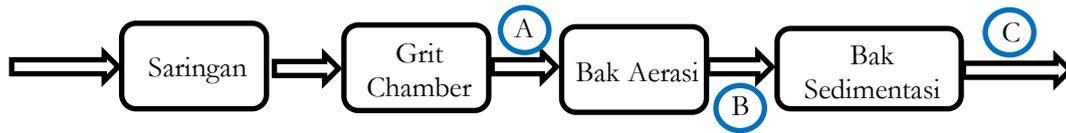
HASIL DAN PEMBAHASAN

Unit Pengolahan IPAL Semanggi terdiri atas bangunan-bangunan:

1. Saringan untuk menyaring material padat yang ada di dalam limbah cair
2. *Grit Chamber* untuk menampung limbah cair setelah disaring dan memisahkan lumpur dan cairan
3. Bak Ekualisasi untuk meratakan fluktuasi aliran masuk
4. Bak Aerasi sebagai tempat berlangsungnya proses fisika, kimia, dan biologi
5. Bak Sedimentasi untuk mengendapkan semua material sedimen dalam limbah cair
6. Bak Pengering Lumpur sebagai fasilitas untuk mengeringkan lumpur.

Kapasitas (debit) air limbah eksisting yang mengalir menuju IPAL-S berdasarkan hasil analisis dari 9875 sambungan rumah dengan faktor timbulan air buangan sebesar 80% adalah 78 liter/detik. Kapasitas IPAL-S saat ini sebesar 60 liter/detik, sehingga dengan kapasitas pengolahan tersebut IPAL-S sudah tidak mampu mengolah limbah karena sudah melebihi kapasitas desain dari IPAL-S.

Kondisi eksisting kualitatif IPAL-S dievaluasi berdasarkan data efisiensi pengolahan dari hasil uji kualitas air limbah di Laboratorium Teknik Penyehatan Fakultas Teknik UNS pada bulan April 2019, sehingga penulis mengambil sampel air limbah pada tiga titik, yaitu titik A, B, dan C. Titik pengambilan sampel bisa dilihat pada Gambar 1



Gambar 1 Titik-Titik Pengambilan Sampel Air Limbah IPAL-S

Hasil uji kualitas air limbah IPAL-S yang dilakukan oleh peneliti di Laboratorium Teknik Penyehatan Fakultas Teknik UNS. Nilai efisiensi pengolahan IPAL-S dari hasil uji kualitas air limbah yang diambil dari titik A dan B dapat dilihat pada tabel 2 sebagai berikut

Tabel 2 Efisiensi Kualitas Air Limbah IPAL-S

No	Parameter	Satuan	Inlet (A)	Aerasi (B)	Effisiensi (%)
1	pH	-	7	7	
2	BOD	mg/L	45,6	31,2	31,6
3	COD	mg/L	52	40	23,1
4	TSS/MLSS	mg/L	225	61	72,9

berdasarkan hasil analisis dari rerata hasil uji air limbah diperoleh nilai efisiensi BOD₅ dan COD pada reaktor utama adalah sebesar 31,6% dan 23,1%. Dari tabel diatas dapat dinyatakan bahwa pengolahan air limbah pada reaktor utama IPAL-S saat ini rendah karena nilai efisiensi yang dihasilkan masih berada dibawah 50%.

Secara umum beberapa peralatan mekanikal yang terhubung dengan unit pengolahan reaktor utama IPAL-S adalah sebagai berikut :

1. Pompa Air Limbah

Pengoperasian pompa limbah di bak ekualisasi yakni menggunakan 2 jenis pompa submersible sewage pump dengan merk Grundfos. Secara keseluruhan ada 9 unit pompa, terdiri dari 6 unit dengan kapasitas 20 liter/detik dan tambahan 3 unit pompa bypass langsung menuju outlet dari IPAL. Berdasarkan data sekunder dari pihak pengelola IPAL-S, dalam pelaksanaannya hanya 2 pompa dengan kapasitas 20 liter/detik yang dioperasikan secara bergantian. Hal ini terjadi karena pada kondisi normal debit inlet menuju bak ekualisasi kecil, apabila pada kondisi puncak dan musim penghujan debit yang menuju bak aerasi cukup tinggi, maka semua pompa di fungsikan agar tidak terjadi over load pada grit chamber.

2. Pompa Aerator

Pada bak aerasi secara keseluruhan ada 6 unit pompa jenis submersible aerator pump dengan merk Gundfros. Berdasarkan data sekunder dari pihak pengelola IPAL-S, dalam pelaksanaannya blower dalam bak aerasi beroperasi secara penuh dengan waktu operasional 24 jam.

Proyeksi jumlah penduduk dan jumlah pelanggan di wilayah selatan yang dilayani oleh IPAL Semanggi yang diestimasi berdasar Metode Aritmatik dan Metode Geometrik dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3 Proyeksi Jumlah Penduduk dan Jumlah Pelanggan IPAL-S

Tahun	Jumlah Penduduk		Jumlah Pelanggan	
	Aritmatik	Geometrik	Aritmatik	Geometrik
2019	226188	226220	10167	10203
2020	227198	227268	10458	10542
2021	228208	228320	10750	10893
2022	229218	229377	11041	11255
2023	230228	230439	11333	11629
2024	231238	231505	11624	12015
2025	232248	232577	11916	12415
2026	233258	233654	12207	12827
2027	234268	234736	12499	13254
2028	235278	235822	12790	13694
2029	236288	236914	13082	14150
2030	237298	238011	13373	14620
2031	238308	239113	13665	15106
2032	239318	240219	13956	15608
2033	240328	241332	14248	16127

2034	241338	242449	14539	16663
2035	242348	243571	14831	17216
2036	243358	244699	15122	17789
2037	244368	245832	15414	18380
2038	245378	246970	15705	18991

Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa Metode Aritmatik dan Metode Geometrik memberikan hasil estimasi jumlah penduduk dan jumlah sambungan rumah hingga tahun 2038 yang hampir sama. Proyeksi kebutuhan air dan jumlah limbah cair selanjutnya menggunakan Metode Aritmatik

Penentuan debit air limbah yang dihasilkan dari pemakai air bersih dapat dilakukan setelah analisis kebutuhan air bersih pemakai diperoleh. Rekapitulasi hasil perhitungan kebutuhan air bersih dan debit air limbah yang dihasilkan berdasarkan proyeksi jumlah penduduk dan pelanggan di wilayah pelayanan IPAL-S mulai tahun 2019 – 2038 dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 4 Rekapitulasi Hasil Debit Air Limbah yang Dihasilkan dari Penduduk dan Pelanggan Berdasarkan Standar Pelayanan Minimal

Tahun	P _n (jiwa)	80% P _n (jiwa)	Q _{ab} (L/detik)	Q _{al} (L/detik)	Tahun	P _n (SR)	P _n (jiwa)	Q _{ab} (L/detik)	Q _{al} (L/detik)
2019	226188	180950	285	227	2019	10167	50833	100	80
2020	227198	181758	286	228	2020	10458	52290	103	82
2021	228208	182566	287	229	2021	10750	53748	106	85
2022	229218	183374	289	230	2022	11041	55205	109	87
2023	230228	184182	290	231	2023	11333	56663	111	89
2034	241338	193070	304	242	2024	11624	58120	114	91
2025	232248	185798	292	233	2025	11916	59578	117	94
2026	233258	186606	294	234	2026	12207	61035	120	96
2027	234268	187414	295	235	2027	12499	62493	123	98
2028	235278	188222	296	236	2028	12790	63950	126	101
2029	236288	189030	298	237	2029	13082	65408	129	103
2030	237298	189838	299	238	2030	13373	66865	132	105
2031	238308	190646	300	239	2031	13665	68323	134	108
2032	239318	191454	301	240	2032	13956	69780	137	110
2033	240328	192262	303	241	2033	14248	71238	140	112
2034	241338	193070	304	242	2034	14539	72695	143	114
2035	242348	193878	305	243	2035	14831	74153	146	117
2036	243358	194686	306	244	2036	15122	75610	149	119
2037	244368	195494	308	245	2037	15414	77068	152	121
2038	245378	196302	309	246	2038	15705	78525	155	124

Hasil perhitungan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2038 sebesar 245.378 jiwa akan menghasilkan debit air limbah sebesar 246 liter/detik. Sementara proyeksi jumlah SR pada tahun 2038 sebesar 15.705 SR akan menghasilkan debit air limbah sebesar 124 liter/detik. Hasil tersebut dapat menyatakan bahwa reaktor utama IPAL-S tidak mampu mengolah air limbah yang dihasilkan oleh 80% penduduk di wilayah pelayanan IPAL-S dan SR IPAL karena debit air limbah yang dihasilkan melebihi batas kapasitas desain tampungan IPAL, yaitu sebesar 60 L/detik ($Q_{al} > Q_{IPAL}$).

Alternatif Pengembangan Reaktor Utama IPAL-S

Kapasitas unit pengolahan utama IPAL-S, yaitu didapatkan berdasarkan data sebagai berikut. Luas dan kedalaman bak aerasi masing-masing adalah 20,25 x 16 m² dan 4,25 m. Volume air yang mampu ditampung oleh bak aerasi yaitu 1377 m³ = 1377000 liter.

Beberapa hal yang perlu diketahui dalam penentuan kapasitas bak aerasi, yaitu :

1. Volume bak aerasi
 $V = 1377 \text{ m}^3 = 1377000 \text{ liter}$
2. Debit air limbah perencanaan

$$Q_{IPAL} = 60 \text{ liter/detik}$$

Waktu Tinggal pada Unit Aerasi

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

$$HRT = \frac{1377000}{60}$$

$$HRT = 22950 \text{ detik} = 6,4 \text{ jam}$$

Dari hasil perhitungan diketahui total waktu tinggal pada bak aerasi 6,4 jam.

Perubahan waktu tinggal air limbah pada bak aerasi akan berpengaruh pada nilai kapasitas penolakan air limbah itu sendiri. beberapa pilihan alternatif perubahan waktu tinggal pada bak aerasi IPAL-S, yaitu:

1. Perubahan waktu tinggal menjadi 4 jam
2. Perubahan waktu tinggal menjadi 2 jam

Alternatif ini dilakukan guna memperoleh kapasitas bak aerasi yang sesuai untuk mengakomodasi pertumbuhan penduduk dan pelanggan yang menyebabkan peningkatan produksi air limbah di masa mendatang.

Berikut adalah perhitungan dari masing-masing alternatif perubahan waktu tinggal pada bak aerasi

1. Perubahan Waktu Tinggal pada bak aerasi menjadi 4 jam.

Kapasitas Bak Aerasi diketahui :

$$t_{alt} = 4 \text{ jam} = 14400 \text{ detik}$$

Maka, kapasitas bak aerasi adalah :

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

$$Q = \frac{1377000}{14400}$$

$$Q = 95,65 \approx 96 \text{ liter/detik}$$

2. Perubahan Waktu Tinggal pada bak aerasi menjadi 2 jam

Kapasitas Bak Aerasi diketahui :

$$t_{alt} = 2 \text{ jam} = 7200 \text{ detik}$$

Maka, kapasitas bak aerasi adalah :

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

$$Q = \frac{1377000}{7200}$$

$$Q = 191,25 \approx 191 \text{ liter/detik}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa dengan memperpendek waktu tinggal dapat meningkatkan kapasitas air limbah yang dapat diolah pada bak aerasi yang pada kondisi eksisting sekarang sebesar 60 liter/detik, dapat meningkat menjadi 96 liter/detik untuk $t = 4$ jam, dan 191 liter/detik untuk $t = 2$ jam. Pada hasil perhitungan alternatif yang pertama menunjukkan bahwa bak aerasi mampu mengolah air limbah yang dihasilkan oleh pelanggan IPAL-S hingga tahun 2026. Sementara untuk perhitungan alternatif kedua menunjukkan bahwa bak aerasi mampu mengolah air limbah yang dihasilkan oleh pelanggan IPAL-S hingga 20 tahun ke depan, karena limbah yang dihasilkan oleh pelanggan IPAL-S pada tahun 2038 sebesar 124 liter/detik, sementara debit dari IPAL-S sebesar 191 liter/detik ($Q_{al} < Q_{IPAL}$). Hasil perhitungan ini juga menunjukkan bahwa kedua alternatif tersebut belum mampu menghasilkan nilai debit kapasitas IPAL dalam melayani pengolahan air limbah yang dihasilkan oleh seluruh penduduk di wilayah pelayanan IPAL-S, dikarenakan debit air limbah yang dihasilkan oleh penduduk telah melebihi batas kapasitas alternatif ($Q_{al} > Q_{IPAL}$).

Nilai efisiensi BOD5 pada kondisi eksisting hanya 31,6 %, sementara efisiensi COD hanya 23,1 %. Hal ini menunjukkan bahwa sudah terjadinya penurunan kinerja dalam pengolahan air limbah yang ada pada bak aerasi IPAL-S. Sehingga pompa difusi pada bak aerasi memegang peranan yang cukup penting terkait nilai efisiensi yang dihasilkan. Jumlah produksi oksigen dengan pompa difusi pada unit aerasi perlu ditingkatkan agar suplai oksigen dan untuk mikroorganisme tetap terjaga sehingga berdampak terhadap nilai efisiensi BOD5 yang dihasilkan dapat menjadi lebih baik.

KESIMPULAN

1. Berdasarkan metode aritmatik dan metode geometrik, proyeksi jumlah penduduk pada wilayah pelayanan dari IPAL-S pada 20 tahun mendatang sebesar 245378 jiwa dan 246970 jiwa, sementara proyeksi jumlah pelanggan IPAL-S sebesar 15705 SR dan 18991 SR.
2. Kinerja reaktor utama IPAL-S berdasarkan debit air limbah yang mengalir menuju IPAL-S yang berasal dari pelanggan aktif pada April 2019 dengan faktor timbulan air buangan sebesar 80% adalah 78 liter/detik.

Kapasitas IPAL-S pada tahun 2019 sebesar 60 liter/detik, sehingga dengan kapasitas pengolahan tersebut IPAL-S sudah tidak mampu mengolah limbah karena sudah melebihi kapasitas desain dari IPAL-S. Sementara kinerja reaktor utama IPAL-S berdasarkan nilai efisiensi pengolahan dari hasil uji kualitas air limbah yang dilakukan oleh peneliti adalah sebesar 31,6 % untuk nilai BOD5 dan 23,1 % untuk nilai COD. Nilai tersebut menunjukkan bahwa efisiensi pengolahan pada reaktor utama IPAL-S termasuk rendah. Hal ini disebabkan karena sudah menurunnya kinerja pompa difusi pada bak aerasi, sehingga kurang optimal dalam mengolah air limbah.

3. Upaya pengembangan yang dapat dilakukan untuk reaktor utama IPAL-S agar tetap mampu melayani penduduk dan pelanggan dalam 20 tahun mendatang yaitu dengan memperpendek waktu tinggal air limbah pada bak aerasi, peningkatan daya pompa pada bak ekualisasi agar dapat mengalirkan debit sesuai alternatif perencanaan, serta penggantian unit pompa difusi yang ada pada bak aerasi agar terjadi peningkatan kualitas pengolahan air limbah.

SARAN

1. Alternatif pengembangan pengolahan air limbah di reaktor utama IPAL-S perlu dilakukan untuk menghindari terjadinya kelebihan kapasitas tampungan IPAL dalam 20 tahun mendatang.
2. Dengan dilaksanakannya alternatif pengembangan pada reaktor utama IPAL-S, PDAM Kota Surakarta dapat menambah jaringan perpipaan baru kepada masyarakat pada wilayah pelayanan IPAL-S
3. Perlu ditingkatkannya pengawasan dan pemantauan terhadap sistem dan unit pengolahan air limbah di IPAL-S
4. Perlunya edukasi terhadap masyarakat agar dapat mengalirkan air limbah ke IPAL melalui pemasangan sambungan rumah, untuk meminimalisir pembuangan air limbah secara langsung ke lingkungan, agar tidak terjadi pencemaran lingkungan dimasa mendatang

DAFTAR PUSTAKA

- BPS-Badan Pusat Statistik Kota Surakarta. 2018. Kota Surakarta Dalam Angka. Katalog: 1102001.3372. ISSN : 0215-6164. NO. Publikasi: 33726.1801.
- Menteri Lingkungan Hidup. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik
- Nopiah. 2016. *Prediksi Umur Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Mojosongo Surakarta*. Universitas Sebelas Maret : Surakarta
- Nusa Idaman Said. 2000. *Pengolahan Air Limbah Domestik di Dki Jakarta "Tinjauan Permasalahan, Strategi Dan Teknologi Pengolahan"*. Jakarta: BPPT.
- Perdana Ginting. 2007. *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*. Bandung :CV. Yrama Widya.
- Soeparman dan Suparmin. 2002. *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair Suatu Pengantar*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.