



Effectiveness Analysis of Communal Wastewater Treatment Plants Based on Design Criteria Standards: A Case Study of Balikpapan City

Melisa Stephanie Simangunsong¹, Rahmat Bangun Giarto², Desak Made Ristia Kartika³

^{1,2,3} Politeknik Negeri Balikpapan

 rahmat.bangun@poltekba.ac.id (Penulis Korespondensi)

Received 09-04-2023; revision 19-05-19, accepted 20-06-28

Abstract

Communal Wastewater Treatment Plants (WWTPs) are one of the efforts to reduce water pollution caused by domestic wastewater. This study aimed to evaluate the performance of two communal WWTPs in Balikpapan City based on their compliance with SNI 8455:2017 design criteria and the quality of the treated effluent. A descriptive quantitative approach was employed through field observations, reactor dimension measurements, and laboratory analyses of wastewater samples collected at the influent and effluent points. The analyzed parameters included Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solids (TSS), and pH. The results showed that the BOD removal efficiency of the RT.10 WWTP was 29.54%, which was higher than that of the RT.63 WWTP (13.95%). The effluent COD concentration from the RT.10 WWTP complied with the applicable standard, whereas the COD and TSS concentrations from the RT.63 WWTP exceeded the regulatory limits. Although both WWTPs met the basic design configuration of the Anaerobic Baffled Reactor (ABR) system specified in SNI 8455:2017, their treatment performance was not yet optimal, indicating the need for improved operation and maintenance.

Keywords: communal wastewater treatment plant; SNI 8455:2017; Anaerobic Baffled Reactor (ABR); Biological Oxygen Demand (BOD); treatment efficiency

ANALISIS EFEKTIVITAS IPAL KOMUNAL DITINJAU DARI STANDAR KRITERIA DESAIN DI KOTA BALIKPAPAN

Abstrak

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal merupakan salah satu upaya untuk mengurangi pencemaran air akibat limbah domestik. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas kinerja dua IPAL komunal di Kota Balikpapan berdasarkan kesesuaian desain terhadap SNI 8455:2017 dan kualitas efluen yang dihasilkan. Penelitian menggunakan metode kuantitatif deskriptif melalui observasi lapangan, pengukuran dimensi reaktor, serta pengujian kualitas air limbah pada titik inlet dan outlet. Parameter yang dianalisis meliputi Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solids (TSS), dan pH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan BOD pada IPAL RT.10 sebesar 29,54%, lebih tinggi dibandingkan IPAL RT.63 sebesar 13,95%. Nilai COD outlet pada IPAL RT.10 telah memenuhi baku mutu, sedangkan COD dan TSS pada IPAL RT.63 masih melebihi baku mutu yang ditetapkan. Meskipun kedua IPAL telah memenuhi konfigurasi dasar sistem Reaktor Anaerob Bersekat (SRAB) sesuai SNI 8455:2017, kinerja pengolahan belum optimal sehingga diperlukan peningkatan pada aspek operasi dan pemeliharaan instalasi.

Kata Kunci: IPAL komunal; SNI 8455:2017; Reaktor Anaerob Bersekat; BOD; efektivitas

1. Pendahuluan

Air limbah domestik merupakan salah satu sumber pencemar yang berkontribusi terhadap penurunan kualitas badan air apabila tidak dikelola dengan baik. Kandungan bahan organik, padatan tersuspensi, serta senyawa pencemar lainnya dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut, menimbulkan bau, dan mengganggu keseimbangan ekosistem perairan. Parameter Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solids (TSS), dan pH merupakan indikator utama yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat pencemaran air limbah domestik.

Di Indonesia, pengelolaan air limbah domestik telah diatur melalui Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68 Tahun 2016 yang menetapkan baku mutu efluen untuk parameter BOD, COD, TSS, dan pH sebelum air limbah dibuang ke badan air. Selain itu, Pemerintah Kota Balikpapan juga telah menetapkan kebijakan pengelolaan air limbah domestik melalui Peraturan Wali Kota Balikpapan Nomor 24 Tahun 2016 sebagai upaya meningkatkan kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Salah satu sistem yang banyak diterapkan pada kawasan permukiman adalah Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal. Keberhasilan sistem ini tidak hanya ditentukan oleh teknologi pengolahan yang digunakan, tetapi juga dipengaruhi oleh kesesuaian desain, kapasitas pelayanan, serta kondisi operasi dan pemeliharaan instalasi. Penelitian oleh Putri dan Hardiansyah (2022) menunjukkan bahwa efektivitas IPAL komunal dalam menurunkan parameter BOD, COD, dan TSS masih bervariasi sehingga diperlukan evaluasi terhadap kinerja instalasi secara berkala. Demikian pula, penelitian Sattuang et al. (2020) melaporkan bahwa efektivitas IPAL sangat dipengaruhi oleh desain unit pengolahan dan kondisi operasional, dengan efisiensi penyisihan BOD mencapai 93,56% pada sistem yang dirancang sesuai karakteristik air limbah.

Berbagai penelitian juga menunjukkan bahwa teknologi pengolahan biologis mampu meningkatkan kualitas air limbah apabila dirancang dan dioperasikan dengan baik. Said dan Santoso (2015) melaporkan bahwa sistem Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) mampu menurunkan konsentrasi BOD, COD, dan TSS secara signifikan apabila waktu tinggal hidrolik dan media biofilm dirancang secara optimal. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kesesuaian desain reaktor menjadi faktor penting dalam menentukan efektivitas proses pengolahan biologis.

Di sisi lain, tingginya nilai BOD menunjukkan tingginya kandungan bahan organik yang memerlukan oksigen untuk proses dekomposisi biologis. Apabila air limbah dengan nilai BOD tinggi dibuang langsung ke badan air tanpa pengolahan, maka kadar oksigen terlarut akan menurun dan berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, parameter BOD menjadi salah satu indikator utama dalam evaluasi kinerja IPAL.

Meskipun berbagai penelitian telah mengevaluasi efektivitas teknologi pengolahan air limbah domestik, kajian yang menghubungkan kesesuaian desain IPAL komunal berdasarkan SNI 8455:2017 dengan kinerja pengolahan aktual pada kawasan permukiman masih terbatas, khususnya di Kota Balikpapan. Padahal, standar tersebut mengatur aspek penting dalam perencanaan sistem Reaktor Anaerob Bersekat (SRAB), mulai dari kapasitas pelayanan, waktu tinggal hidrolik, hingga dimensi reaktor yang berpengaruh terhadap efektivitas pengolahan.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan mengevaluasi kesesuaian desain dua IPAL komunal di Kota Balikpapan berdasarkan SNI 8455:2017, serta menganalisis efektivitas

pengolahan air limbah berdasarkan parameter BOD, COD, TSS, dan pH. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi masukan dalam upaya peningkatan kinerja IPAL komunal dan mendukung pengelolaan air limbah domestik yang berkelanjutan.

2. Metode

2.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan tujuan mengevaluasi kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal berdasarkan kesesuaian desain terhadap Standar Nasional Indonesia (SNI 8455:2017) serta efektivitas pengolahan air limbah domestik. Evaluasi dilakukan pada dua lokasi IPAL komunal di Kota Balikpapan, yaitu IPAL RT.10 Kelurahan Sungai Nangka dan IPAL RT.63 Kelurahan Muara Rapak.

Baku mutu air limbah domestik digunakan sebagai acuan dalam mengevaluasi kualitas efluen yang dihasilkan oleh IPAL komunal. Parameter yang dianalisis meliputi pH, Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), dan Total Suspended Solids (TSS). Suatu IPAL dinyatakan memenuhi persyaratan apabila nilai setiap parameter pada air limbah keluaran tidak melebihi batas maksimum yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan Kadar Maksimum	
pH	-	6-9
Biological Oxygen Demand (BOD)	mg/L	30
Chemical Oxygen Demand (COD)	mg/L	100
Total Suspended Solids (TSS)	mg/L	30

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016

2.2 Lokasi Penelitian

Objek penelitian meliputi dua unit IPAL Komunal yang telah beroperasi dengan karakteristik berbeda yakni IPAL RT.10 Kelurahan Sungai Nangka, dibangun pada tahun 2014 dan telah beroperasi lebih dari lima tahun dan IPAL RT.63 Kelurahan Muara Rapak, dibangun pada tahun 2022 sehingga masih tergolong unit pengolahan baru. Pemilihan kedua lokasi dimaksudkan untuk membandingkan pengaruh umur operasional terhadap performa pengolahan limbah domestik.



Gambar 1. Lokasi RT 10 Kel. Sungai Nangka



Gambar 2. Lokasi RT 63 Kel. Muara Rapak

2.3 Pengumpulan Data

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder.

1. Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari lokasi penelitian melalui kegiatan observasi lapangan, pengukuran, dan pengujian laboratorium. Observasi dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi eksisting Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal, meliputi kondisi fisik bangunan, sistem pengolahan, serta konfigurasi reaktor anaerob bersekat (SRAB). Dilakukan pengukuran dimensi setiap kompartemen reaktor sebagai dasar evaluasi kesesuaian desain terhadap ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI) 8455:2017. Pengambilan sampel air limbah dilakukan pada titik inlet dan outlet masing-masing IPAL untuk mengetahui perubahan kualitas air setelah melalui proses pengolahan. Sampel yang diperoleh kemudian dianalisis di Laboratorium Kesehatan Daerah (LABKESDA) Provinsi Kalimantan Timur dengan parameter pengujian meliputi Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solids (TSS), dan pH. Hasil pengujian laboratorium tersebut digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi efektivitas kinerja IPAL komunal serta tingkat kesesuaiannya terhadap baku mutu air limbah domestik.
2. Data sekunder diperoleh melalui studi literatur dan pengumpulan dokumen pendukung yang berkaitan dengan penelitian. Acuan yang digunakan meliputi Standar Nasional Indonesia (SNI) 8455:2017 tentang Perencanaan Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga dengan Sistem Reaktor Anaerob Bersekat (SRAB), SNI 03-2398-2002 mengenai tata cara perencanaan tangki septik dengan sistem resapan, serta Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik. Data sekunder mencakup informasi mengenai jumlah pengguna IPAL, konsumsi air bersih masyarakat, serta dokumen teknis yang berkaitan dengan sistem pengolahan air limbah pada lokasi penelitian. Seluruh data tersebut digunakan sebagai acuan dalam proses analisis desain, evaluasi kinerja IPAL, serta pembahasan hasil penelitian.

2.4 Analisis Efektivitas Pengolahan

Efektivitas IPAL ditentukan berdasarkan kemampuan sistem menurunkan konsentrasi BOD antara inlet dan outlet. Persentase efisiensi dihitung menggunakan persamaan:

$$Efisiensi = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\%$$

Keterangan :

C_{in} = konsentrasi BOD pada inlet

C_{out} = konsentrasi BOD pada outlet

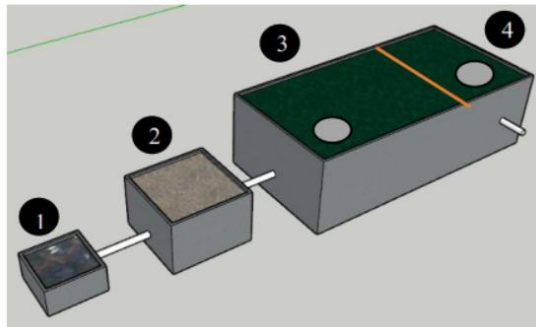
Semakin besar nilai efisiensi menunjukkan semakin baik kinerja pengolahan limbah domestik. Hasil outlet juga dibandingkan terhadap baku mutu parameter COD, TSS, dan pH sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kondisi Eksisting IPAL Komunal

Penelitian dilakukan pada dua Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal yang berlokasi di RT.10 Kelurahan Sungai Nangka dan RT.63 Kelurahan Muara Rapak, Kota Balikpapan. Kedua IPAL memiliki karakteristik sistem pengolahan yang berbeda sehingga berpotensi menghasilkan kinerja pengolahan yang berbeda pula. Observasi lapangan dilakukan untuk mengidentifikasi konfigurasi unit pengolahan, teknologi yang digunakan, kapasitas pelayanan, serta kondisi operasional masing-masing IPAL. Informasi tersebut menjadi dasar dalam mengevaluasi kesesuaian desain dan efektivitas pengolahan air limbah domestik.

Desain awal IPAL komunal yang telah ada pada RT.10 Kelurahan Sungai Nangka seperti disajikan pada Gambar 3 terdiri atas tiga unit utama, yaitu bak inlet, bak ruang lumpur, dan bak lemak dan minyak. Bak inlet berkapasitas 18 m^3 berfungsi sebagai penampung awal air limbah domestik. Selanjutnya, air limbah dialirkan ke bak ruang lumpur berkapasitas 90 m^3 untuk proses pengendapan padatan, kemudian menuju bak lemak dan minyak berkapasitas 60 m^3 sebagai tahap akhir pemisahan lemak dan minyak sebelum air limbah keluar melalui outlet.

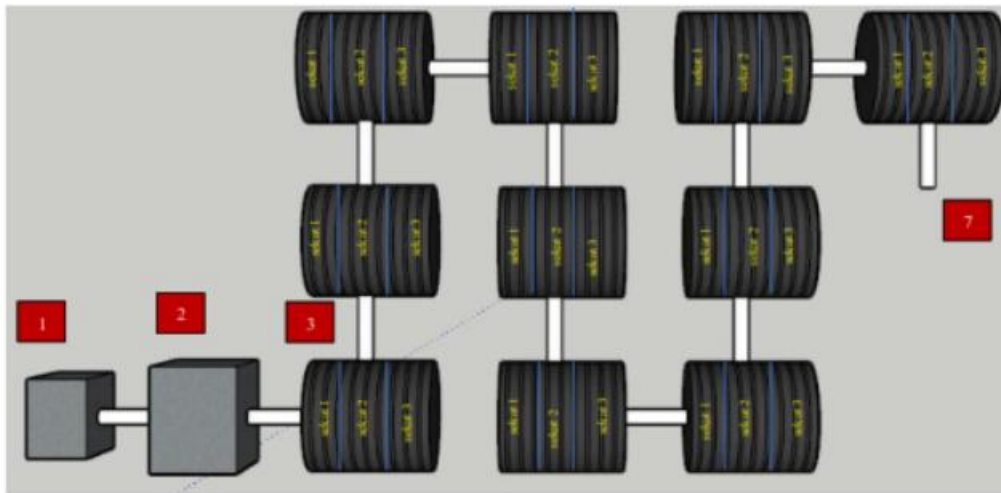


Gambar 3. Metode Pengolahan pada IPAL Komunal RT. 10

Desain awal IPAL komunal yang telah ada pada RT 63 Kel. Muara Rapak disajikan pada Gambar 4. Air limbah domestik dari septic tank dan air bekas mandi terlebih dahulu ditampung pada bak inlet dengan kapasitas tampungan 18 m^3 , kemudian diproses secara bertahap melalui beberapa kompartemen yang dilengkapi media Netcell, Bioball, dan Agacell untuk menguraikan bahan organik. Selanjutnya, air limbah melewati filtrasi menggunakan karbon aktif dan proses disinfeksi sebelum dialirkan melalui outlet sebagai efluen yang lebih aman bagi lingkungan.

Tabel 2 menunjukkan IPAL RT.63 memiliki kapasitas pelayanan yang lebih besar dibandingkan IPAL RT.10 karena melayani jumlah pengguna yang lebih banyak. Meskipun demikian, konsentrasi BOD influen pada kedua lokasi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, sehingga karakteristik awal air limbah domestik dapat dikatakan relatif serupa. Kondisi ini memberikan dasar yang baik untuk membandingkan kinerja kedua IPAL, karena

perbedaan efektivitas pengolahan lebih dipengaruhi oleh sistem pengolahan, desain reaktor, dan kondisi operasional dibandingkan oleh kualitas air limbah yang masuk.



Gambar 4. Metode Pengolahan pada IPAL Komunal RT. 63

Tabel 2. Data Dasar Perencanaan IPAL Komunal

Parameter	IPAL RT.10 Sungai Nangka	IPAL RT.63 Muara Rapak
Jumlah pengguna (orang)	80	95
Konsumsi air bersih (L/orang/hari)	140	140
Persentase air limbah (%)	70	70
Debit air limbah (L/orang/hari)	100	100
Kapasitas IPAL (m ³ /hari)	8,0	9,5
Konsentrasi BOD influen (mg/L)	85,36	83,42

3.2 Hasil Pengujian Kualitas Air

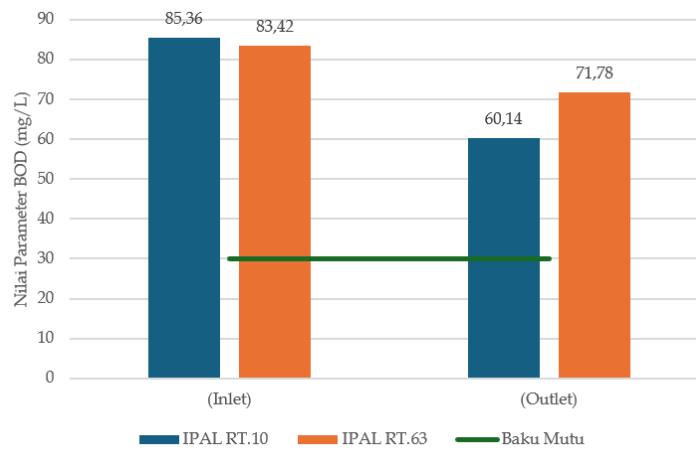
Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh parameter mengalami penurunan setelah melewati proses pengolahan pada kedua IPAL disajikan pada Tabel 3. Penurunan terbesar terjadi pada parameter BOD di IPAL RT.10, sedangkan RT.63 menunjukkan penurunan yang relatif kecil. Kondisi ini mengindikasikan bahwa proses biodegradasi bahan organik pada RT.10 berlangsung lebih efektif dibandingkan RT.63. Perbedaan tersebut diduga dipengaruhi oleh kondisi operasional reaktor, waktu tinggal hidrolis, umur instalasi, serta aktivitas mikroorganisme di dalam reaktor anaerob.

Gambar 5 menunjukkan konsentrasi *Biological Oxygen Demand* (BOD) pada kedua IPAL mengalami penurunan setelah proses pengolahan. Pada IPAL RT.10, nilai BOD menurun dari 85,36 mg/L menjadi 60,14 mg/L, sedangkan pada IPAL RT.63 menurun dari 83,42 mg/L menjadi 71,78 mg/L. Meskipun terjadi penurunan, konsentrasi BOD pada outlet kedua IPAL masih melebihi baku mutu 30 mg/L, sehingga efektivitas pengolahan bahan organik belum optimal. Penurunan BOD yang lebih besar pada IPAL RT.10 menunjukkan bahwa kinerja

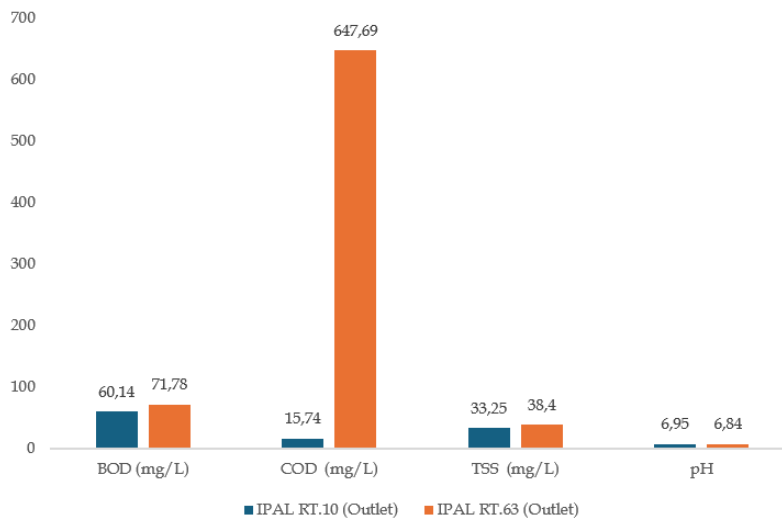
pengolahannya relatif lebih baik dibandingkan IPAL RT.63, yang diduga dipengaruhi oleh kondisi operasional, waktu tinggal hidrolis, dan aktivitas mikroorganisme di dalam reaktor.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kualitas Air Limbah

Parameter	Baku Mutu	Satuan	IPAL RT.10 (Inlet)	IPAL RT.10 (Outlet)	IPAL RT.63 (Inlet)	IPAL RT.63 (Outlet)
BOD	30	mg/L	85,36	60,14	83,42	71,78
COD	100	mg/L	...	15,74	...	647,69
TSS	30	mg/L	...	33,25	...	38,40
pH	6-9	-	...	6,95	...	6,84



Gambar 5. Perbandingan Konsentrasi BOD Inlet dan Outlet pada IPAL Komunal



Gambar 6. Perbandingan Konsentrasi BOD, COD, TSS dan pH pada Inlet dan Outlet IPAL Komunal

Kualitas air limbah pada kedua IPAL menunjukkan hasil yang berbeda seperti yang disajikan pada Gambar 6. IPAL RT.10 menghasilkan nilai COD sebesar 15,74 mg/L yang telah memenuhi baku mutu, sedangkan IPAL RT.63 memiliki nilai 647,69 mg/L, jauh melebihi batas maksimum 100 mg/L. Parameter TSS pada kedua IPAL juga masih berada di atas baku mutu 30 mg/L, yaitu 33,25 mg/L pada RT.10 dan 38,40 mg/L pada RT.63. Sementara itu, nilai pH masing-masing sebesar 6,95 dan 6,84 masih berada dalam kisaran baku mutu (6-9). Hasil tersebut menunjukkan bahwa kinerja IPAL RT.10 relatif lebih baik dibandingkan IPAL RT.63, meskipun kedua IPAL masih memerlukan peningkatan efektivitas pengolahan, terutama dalam menurunkan kandungan bahan organik dan padatan tersuspensi

Efisiensi penyisihan BOD pada IPAL RT.10 mencapai 29,54%, sedangkan RT.63 sebesar 13,95%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa IPAL RT.10 memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mengurangi beban pencemar organik. Walaupun demikian, kedua IPAL masih memiliki efisiensi yang relatif rendah dibandingkan efisiensi teoritis sistem SRAB yang umumnya mampu mencapai lebih dari 60% pada kondisi operasi optimum. Rendahnya efisiensi tersebut mengindikasikan adanya faktor operasional yang mempengaruhi proses biologis, seperti waktu tinggal yang kurang, akumulasi lumpur, atau penurunan aktivitas biomassa.

3.3 Evaluasi Desain IPAL Berdasarkan SNI 8455:2017

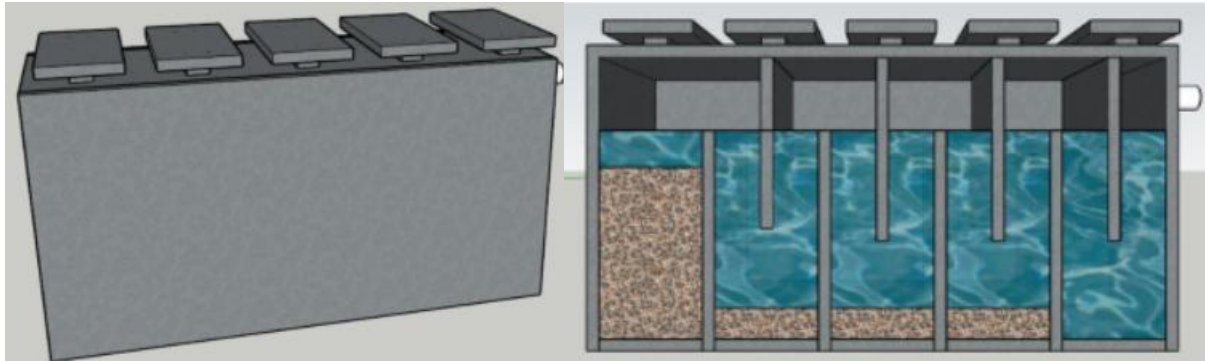
Evaluasi desain dilakukan untuk mengetahui kesesuaian dimensi dan kapasitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal terhadap ketentuan SNI 8455:2017 tentang Perencanaan Sistem Reaktor Anaerob Bersekat (SRAB). Parameter yang dievaluasi meliputi jumlah pengguna, debit air limbah, waktu detensi hidrolik (Hydraulic Retention Time/HRT), volume reaktor, jumlah kompartemen, serta dimensi setiap unit pengolahan. Hasil evaluasi digunakan sebagai dasar dalam menilai apakah desain eksisting telah mampu mengakomodasi kebutuhan pelayanan dan mendukung proses pengolahan air limbah secara optimal.

Berdasarkan hasil perhitungan, kapasitas IPAL RT.10 dan RT.63 memiliki perbedaan yang dipengaruhi oleh jumlah pengguna yang dilayani. IPAL RT.10 dirancang untuk melayani 80 orang dengan debit air limbah sebesar 8,0 m³/hari, sedangkan IPAL RT.63 melayani 95 orang dengan debit 9,5 m³/hari. Perbedaan kapasitas tersebut berdampak pada kebutuhan volume reaktor dan jumlah kompartemen yang digunakan pada masing-masing instalasi.

Tabel 4. Hasil Evaluasi Desain IPAL Berdasarkan SNI 8455:2017

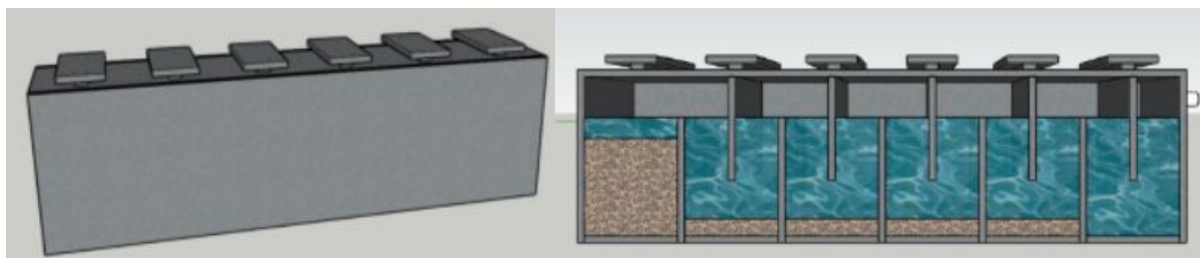
Parameter	IPAL RT.10	IPAL RT.63	Acuan SNI 8455:2017
Jumlah pengguna (orang)	80	95	Sesuai kebutuhan pelayanan
Debit air limbah (m ³ /hari)	8,0	9,5	Berdasarkan 70% konsumsi air bersih
Konsentrasi BOD influen (mg/L)	85,36	83,42	Hasil pengujian
Jumlah kompartemen	5	6	Minimal 4 kompartemen
Dimensi kompartemen (m)	1,0 × 1,5 × 2,4	1,5 × 1,5 × 2,4	Hasil perhitungan

Hasil evaluasi IPAL RT.10 menggunakan lima kompartemen dengan dimensi yang telah disesuaikan terhadap kapasitas pelayanan dan debit air limbah yang dihasilkan disajikan pada Gambar 7. Konfigurasi tersebut dirancang untuk memberikan waktu tinggal hidrolis yang cukup sehingga proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme anaerob dapat berlangsung secara lebih efektif.



Gambar 7. Rancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Sistem Reaktor Anaerob Bersekat (SRAB) RT.10 Hasil Evaluasi Berdasarkan SNI 8455:2017

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa IPAL RT.63 memerlukan enam kompartemen dengan volume reaktor yang lebih besar dibandingkan RT.10 disajikan pada Gambar 8. Penambahan kapasitas tersebut diperlukan untuk mengakomodasi jumlah pengguna yang lebih banyak sehingga waktu tinggal air limbah di dalam reaktor tetap memenuhi ketentuan SNI 8455:2017. Dengan demikian, proses pengolahan diharapkan berlangsung lebih optimal sebelum air limbah dialirkan ke outlet.



Gambar 8. Rancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Sistem Reaktor Anaerob Bersekat (SRAB) RT.63 Hasil Evaluasi Berdasarkan SNI 8455:2017

4. Kesimpulan

Evaluasi terhadap dua IPAL komunal di Kota Balikpapan menunjukkan bahwa sistem pengolahan telah menerapkan konsep Reaktor Anaerob Bersekat (SRAB) sesuai SNI 8455:2017, namun efektivitas pengolahannya masih belum optimal. IPAL RT.10 memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan IPAL RT.63 dengan efisiensi penyisihan BOD masing-masing sebesar 29,54% dan 13,95%. Meskipun parameter COD pada IPAL RT.10 telah memenuhi baku mutu, beberapa parameter kualitas air limbah pada kedua IPAL masih belum memenuhi standar yang berlaku. Oleh karena itu, peningkatan aspek operasi,

pemeliharaan, dan evaluasi berkala terhadap sistem IPAL diperlukan untuk meningkatkan kualitas efluen dan keberlanjutan pengelolaan air limbah domestik.

Daftar Pustaka

- Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 8455:2017 Tata cara perencanaan sistem pengelolaan air limbah domestik terpusat dengan reaktor anaerob bersekat (SRAB). Badan Standardisasi Nasional.
- Islamawati, D., Darundiati, Y. H., & Dewanti, N. A. (2018). Studi penurunan kadar COD (Chemical Oxygen Demand) menggunakan ferri klorida (FeCl_3) pada limbah cair tapioka di Desa Ngemplak Margoyoso Pati. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(6), 69–78. <https://doi.org/10.14710/jkm.v6i6.22158>
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2003). Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2014). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2016). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68/MENLHK/SETJEN/KUM.1/8/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- Pamungkas, O. (2016). Studi pencemaran limbah cair dengan parameter BOD_5 dan pH di pasar ikan tradisional dan pasar modern di Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(2), 166–175.
- Pemerintah Kota Balikpapan. (2016). Peraturan Wali Kota Balikpapan Nomor 24 Tahun 2016 tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik.
- Putri, N. M., & Hardiansyah, F. (2022). Efektivitas penerapan teknologi pada IPAL komunal ditinjau dari parameter BOD, COD, dan TSS. *Jurnal Teknik Pengairan*, 13(2), 183–194. <https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2022.013.02.05>
- Said, N. I., & Santoso, T. I. (2015). Penghilangan polutan organik dan padatan tersuspensi di dalam air limbah domestik dengan proses Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). *Jurnal Air Indonesia*, 8(1), 33–46. <https://doi.org/10.29122/jai.v8i1.2382>
- Sattuang, H., Mustari, K., & Syahrul, M. (2020). Analisis efektivitas instalasi pengolahan air limbah domestik: Studi kasus Batikite Resort Jeneponto. *Journal Ecosolum*, 9(1), 56–68. <https://doi.org/10.20956/ecosolum.v9i1.10247>
- Simamora, S. J. E. (2014). Pengaruh limbah domestik terhadap kualitas perairan Danau Toba (Tesis Magister). Universitas Sumatera Utara.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License
