

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1 Hasil

1.1.1 Gambaran Umum Perumda Tirtanadi IPAL Cemara

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirtanadi telah berdiri sejak zaman Belanda pada tanggal 8 September 1905 oleh pemerintah kolonial Belanda yang bernama NV Waterleiding Maatschappij Ajer Beresih. Pengembangan ini dilakukan oleh Hendrik Cornelius Van Den Honert sebagai direktur Deli Maatschappij, Pieter Kolff sebagai direktur Deli Steenkolen Maatschappij, dan Charles Marie Hernkenrath sebagai direktur Deli Spoorweg Maatschappij. Pemasok air tersebut berkantor pusat di Amsterdam, Belanda. Berdasarkan Peraturan Daerah Sumatera Utara No 11 tahun 1979, status perusahaan yang awalnya Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) diubah menjadi Perusahaan Umum Daerah (Perumda) Tirtanadi Provinsi Sumatera Utara.

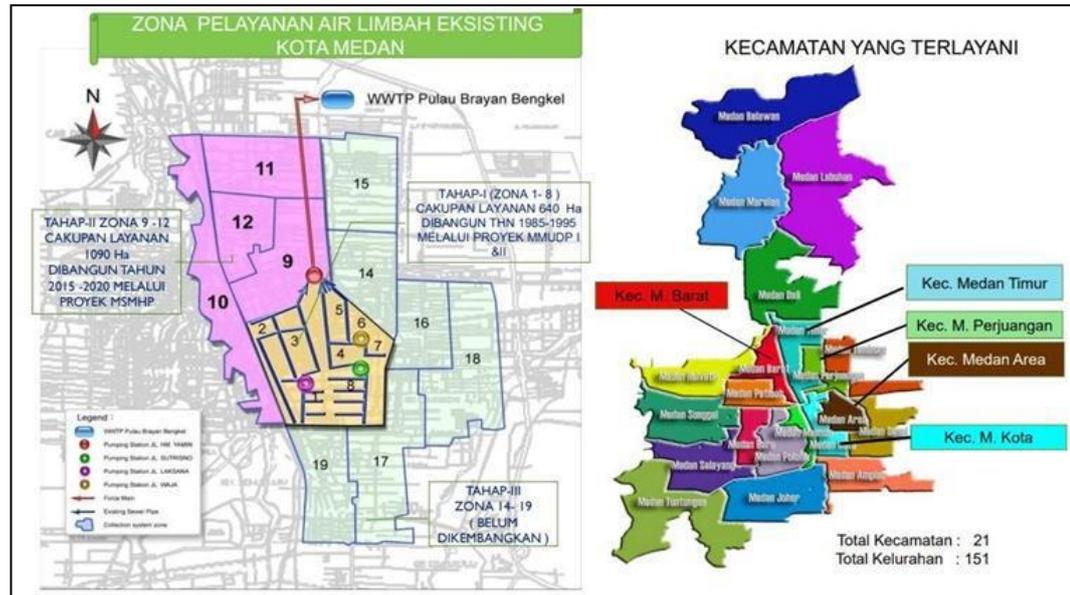
Sejak tahun 1991 Perumda Tirtanadi ditunjuk sebagai operator sistem pengelolaan air limbah domestik Kota Medan. Lokasi pengolahan air limbah berada di Lokasi Jalan Flamboyan No. 1 Kelurahan Pulo Brayon Bengkel. Luas area pengolahan air limbah yaitu ± 10 Ha. Sumber utama air limbah yang diolah IPAL Perumda Tirtanadi adalah air limbah domestik/rumah tangga. Terdapat dua sistem pengelolaan air limbah domestik yang dikelola yaitu Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) melalui jaringan perpipaan dan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Setempat (SPALD-S).

Air limbah domestik akan dialirkan melalui sistem pipa menuju instalasi pengolahan air limbah yang bernama IPAL Cemara. Instalasi ini dibangun pada

tahun 1985 dengan kapasitas pengolahan $\pm 60.000 \text{ m}^3/\text{hari}$, sedangkan pada saat ini masih terpakai sebanyak $\pm 20.000 \text{ m}^3/\text{hari}$.

Terdapat lima kecamatan yang ada di kota medan yang menjadi cakupan wilayah dari pelayanan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Perumda Tirtanadi IPAL Cemara. Jalur sarana dan prasarana air limbah yang menjadi cakupan pelayanan telah dibuat pada inti kota dengan luas 520 Ha yang dibagi kedalam delapan zona pelayanan air limbah, diantaranya;

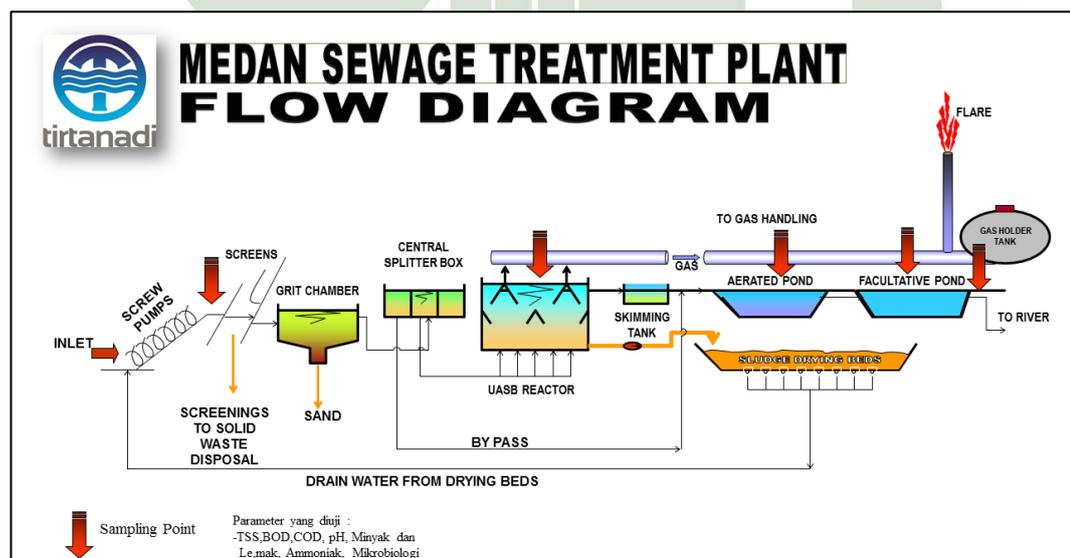
1. Cakupan layanan pada Kelurahan Masjid Kota Matsum III dan Kota Matsum IV dengan luas 95 Ha
2. Cakupan layanan pada Kelurahan Rengas I, Kelurahan Pusat Pasar dan Kelurahan Rengas Permata dengan luas 85 Ha
3. Cakupan layanan pada Kelurahan Sidodadi, Kelurahan Pandau Hulu I, Kelurahan Pusat Pasar, Kelurahan Rengas I, dan Kelurahan Rengas Permata dengan luas 85 Ha.
4. Cakupan layanan pada Kelurahan Pandau Hilir, dan Pandau Hulu dengan luas 77 Ha
5. Cakupan layanan pada Kelurahan Pandau Hilir dan Pandau Hulu I dengan luas 26 Ha
6. Cakupan layanan pada Kelurahan Pandau Hulu II dengan luas 28 Ha
7. Cakupan layanan pada Kelurahan Rengas II, Kelurahan Rengas Permata, dan Kelurahan Sukaramai dengan luas 32 Ha
8. Cakupan layanan pada Kelurahan Kota Matsum I, Kelurahan Matsum II, dan Kelurahan Sukaramai dengan luas 97 Ha



Gambar 4. Zona Pelayanan Air Limbah (Sumber: Dokumen IPAL Cemara)

1.1.2 Sistem Pengolahan IPAL Perumda Tirtanadi Cemara

Sistem pengolahan pada IPAL Perumda Tirtanadi Cemara menggunakan sistem pengolahan Aerobik dan Anaerobik. Dengan tahapan proses pengolahan dan alat-alat yang digunakan sebagai berikut;



Gambar 5. Diagram Aliran dan Proses Pengolahan Air Limbah Perumda Tirtanadi Cemara (Sumber: Dokumen IPAL Cemara)

1. *Inlet* (air masuk)

Inlet merupakan saluran masuk bak pengumpulan pertama air limbah pada IPAL dengan menggunakan bantuan. Saluran ini berasal dari *Pumping Station* di Jl. HM. Yamin dengan debit maksimum $20,137 \text{ m}^3/\text{hari}$ dan dari Kompleks Perumahan Cemara Asri dengan debit maksimum $2.945 \text{ m}^3/\text{jam}$.



Gambar 6. *Inlet* (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

2. *Screw Pump*

Screw Pump atau pompa ulir digunakan sebagai pemompa air limbah dari inlet pada ketinggian $+8,87$ sampai pada ketinggian $+16,59$. Hal ini memungkinkan untuk mengalirkan air limbah secara gravitasi ke unit instalasi pengolahan air limbah selanjutnya. Pompa ini menggunakan jenis *Archimedian Screw*. Tipe pompa jenis ini sangat ideal untuk memompa atau mengangkat air terutama air limbah yang mengandung partikel/benda keras dan besar. Terdapat 4 (empat) unit pompa dengan kapasitas masing-masing $1.310 \text{ m}^3/\text{jam}$ yang pengoperasiannya diatur bergantian sesuai dengan volume air limbah yang masuk ke IPAL, namun dari keempat unit tersebut hanya ada dua unit yang dapat dioperasikan dengan baik.



Gambar 7. Screw Pump (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3. *Coarse Screen* (Saringan Kasar)

Coarse screen (saringan kasar) dengan jarak kisi 50 mm digunakan sebagai alat untuk menyaring benda-benda yang ikut masuk kedalam aliran. Sehingga tidak mengganggu proses pengaliran serta melindungi unit-unit pengolahan selanjutnya dari penyumbatan ataupun kerusakan lainnya.



Gambar 8. Coarse Screen (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

4. *Fine Screen* (Saringan Halus)

Fine screen (saringan halus) dengan jarak kisi 6 mm, digunakan untuk menyaring benda-benda yang berukuran kecil yang tidak tersaring pada *coarse screen* (saringan kasar). Nantinya benda-benda serta kotoran yang

terjaring pada saringan akan dibuang kedalam tempat khusus yang akan diangkut ke tempat pembuangan akhir.



Gambar 9. Fine Screen (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

5. Grit Chamber

Pada tahapan ini berfungsi sebagai alat pemisah kerikil dan pasir yang terbawa dalam aliran untuk mencegah penyumbatan dan terbentuknya endapan pasir dalam reaktor UASB. Pemisahan pasir ini dilakukan secara mekanikal dan dilengkapi dengan alat *Grit Washing* untuk membuang pasir dari *Grit Chamber*.



Gambar 10. Grit Chamber (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

6. *Splitter Box* (Tangki Pemisah Aliran)

Splitter box yaitu tangki untuk membagi aliran yang berguna untuk mendistribusikan limbah cair domestik ke unit pengolahan utama (reaktor UASB). *Splitter box* ini dilengkapi 6 (enam) *outlet* yang satu persatu mengalirkan ke tiap reaktor UASB (*Up Flow Anaerobic Sludge Blanket*) dengan kapasitas 2.620 m³/hari dan 1 (satu) outlet kapasitas 437 m³/hari.



Gambar 11. Splitter Box (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

7. Reaktor UASB

Reaktor UASB adalah singkatan dari *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* yang umumnya diketahui dengan istilah sistem pengolahan air limbah dengan menggunakan selimut lumpur aliran keatas. Nantinya, buangan air limbah akan berkontak langsung terhadap mikroorganisme yang ada pada selimut lumpur. Pada saat inilah terjadi proses pengolahan air limbah tersebut.



Gambar 12. Reaktor UASB (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

8. *Sludge Drying Bed*

Lumpur dari reaktor UASB (*Up flow Anaerobic Sludge Blanket*) di pompakan dan dikeringkan pada unit *Sludge Drying Beds*. Siklus (*run*) pengeringan terjadi dalam periode 2 minggu baik untuk pengisian, pengeringan, pembersihan dan perbaikan dari *drying bed* ini.



Gambar 13. Sludge Drying Bed (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

9. *Skimming Tank* (Tangki Pemecah Busa)

Alat ini dilengkapi dengan *spray nozzle* yang berguna sebagai pemecah busa yang ada pada permukaan air limbah. Pada bagian *outlet* dipasang *screen board* dimana busa/bahan yang terapung akan terakumulasi dan

tertampung dalam kontiner. Busa yang terkumpul diangkat atau masuk kedalam siklus unit *Sludge Drying Beds*



Gambar 14. *Skimming Tank* (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

10. Kolam Aerasi dan Kolam Fakultatif

Adanya kolam aerasi bertujuan untuk menghilangkan kadar BOD sampai batas tertentu (30 ppm). Kolam aerasi yang terdapat pada IPAL Perumda Tirtanadi Cemara dilengkapi dengan 5 (lima) set aerator yang berfungsi sebagai alat untuk menginjeksikan oksigen agar kadar oksigen didalam *effluent* cukup sehingga mikroorganisme dan tumbuhan air dapat hidup. Kedalaman kolam cukup dalam (2,5 m) hal ini diperuntukan untuk meminimalisir adanya turbulensi akibat mesin aerator. Sedangkan kolam fakultatif bertujuan untuk memisahkan kandungan suspended solid yang masih ada. Luas seluruh kolam aerasi dan fakultatif pada IPAL Perumda Tirtanadi Cemara ini sekitar $\pm 3,1$ Ha.



Gambar 15. Kolam Aerasi dan Fakultatif (*Sumber: Dokumentasi Pribadi*)

11. *Outlet* (Air Keluar)

Setelah melalui beberapa tahapan pengolahan, hasil akhir pengolahan IPAL Perumda Tirtanadi Cemara dibuang ke Sungai Kera dengan terlebih dahulu memeriksa kualitas air olahan di laboratorium IPAL sesuai dengan Baku Mutu Air Limbah Domestik Permen LHK No.68 tahun 2016.



Gambar 16. Outlet (*Sumber: Dokumentasi Pribadi*)

1.1.3 Analisis Kualitas Air Limbah IPAL Perumda Tirtanadi Cemara

Analisis kualitas air limbah pada IPAL Perumda Tirtanadi Cemara dilakukan dengan teknik *grab sampling* berdasarkan SNI 6989.59:2008. Sampel yang diuji berasal dari kolam *outlet* IPAL Perumda Tirtanadi Cemara yang diambil dari tiga bulan (Januari, Februari, dan Maret). Sample di ambil pada minggu pertama pukul 09.00-10.00 WIB.

Tabel 3. Hasil uji kualitas air limbah dari *outlet* pada bulan Januari 2024

Parameter	Satuan	Baku Mutu Permen LHK No. 68 Tahun 2016	Hasil Uji	Ket
TSS	mg/L	30	7,0	Memenuhi Syarat
BOD	mg/L	30	10,87	Memenuhi Syarat
COD	mg/L	100	18,00	Memenuhi Syarat
pH	-	6-9	7,69	Memenuhi Syarat
Minyak dan Lemak	mg/L	5	0,02	Memenuhi Syarat
Amoniak	mg/L	10	6,80	Memenuhi Syarat
Total Coliform	Jlh/100mL	3000	280	Memenuhi Syarat

Berdasarkan hasil uji laboratorium didapatkan nilai kandungan air limbah *outlet* pada bulan Januari yang ditunjukkan pada Tabel 3, diketahui bahwa nilai kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) adalah sebesar (7,0 mg/L); nilai kandungan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) adalah sebesar (10,87 mg/L); nilai kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah sebesar (18,00 mg/L); nilai kandungan derajat keasaman (pH) adalah sebesar (7,69); nilai kandungan Minyak dan Lemak adalah sebesar (0,02 mg/L); nilai kandungan Amoniak adalah sebesar (6,80); dan nilai kandungan Total Coliform adalah sebesar (280 Jlh/100mL).

Berdasarkan Tabel 3, hasil uji kualitas air limbah dari *outlet* pada bulan Januari menunjukkan bahwa seluruh paramater yang diuji yaitu TSS, BOD, COD,

pH, Minyak dan Lemak, Amoniak dan Total Coliform telah memenuhi syarat standar baku mutu air limbah domestik yang telah ditetapkan dalam Permen LHK No. 68 Tahun 2016.

Tabel 4. Hasil uji kualitas air limbah dari *outlet* pada bulan Februari 2024

Parameter	Satuan	Baku Mutu Permen LHK No. 68 Tahun 2016	Hasil Uji	Ket
TSS	mg/L	30	16,5	Memenuhi Syarat
BOD	mg/L	30	10,87	Memenuhi Syarat
COD	mg/L	100	18,00	Memenuhi Syarat
pH	-	6-9	7,91	Memenuhi Syarat
Minyak dan Lemak	mg/L	5	0,02	Memenuhi Syarat
Amoniak	mg/L	10	6,65	Memenuhi Syarat
Total Coliform	Jlh/100mL	3000	450	Memenuhi Syarat

Berdasarkan hasil uji laboratorium didapatkan nilai kandungan air limbah *outlet* pada bulan Februari yang ditunjukkan pada Tabel 4, diketahui bahwa nilai kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) adalah sebesar (16,5 mg/L); nilai kandungan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) adalah sebesar (10,87 mg/L); nilai kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah sebesar (18,00 mg/L); nilai kandungan derajat keasaman (pH) adalah sebesar (7,91); nilai kandungan Minyak dan Lemak adalah sebesar (0,02 mg/L); nilai kandungan Amoniak adalah sebesar (6,65); dan nilai kandungan Total Coliform adalah sebesar (450 Jlh/100mL).

Berdasarkan Tabel 4, hasil uji kualitas air limbah dari *outlet* pada bulan Februari menunjukkan bahwa seluruh paramater yang diuji yaitu TSS, BOD, COD, pH, Minyak dan Lemak, Amoniak dan Total Coliform telah memenuhi syarat standar baku mutu air limbah domestik yang telah ditetapkan dalam Permen LHK No. 68 Tahun 2016.

Tabel 5. Hasil uji kualitas air limbah dari *outlet* pada bulan Maret 2024

Parameter	Satuan	Baku Mutu Permen LHK No. 68 Tahun 2016	Hasil Uji	Ket
TSS	mg/L	30	4,0	Memenuhi Syarat
BOD	mg/L	30	9,66	Memenuhi Syarat
COD	mg/L	100	14,60	Memenuhi Syarat
pH	-	6-9	7,84	Memenuhi Syarat
Minyak dan Lemak	mg/L	5	0,02	Memenuhi Syarat
Amoniak	mg/L	10	6,97	Memenuhi Syarat
Total Coliform	Jlh/100mL	3000	240	Memenuhi Syarat

Berdasarkan hasil uji laboratorium didapatkan nilai kandungan air limbah *outlet* pada bulan Maret yang ditunjukkan pada Tabel 5, diketahui bahwa nilai kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) adalah sebesar (4,0 mg/L); nilai kandungan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) adalah sebesar (9,66 mg/L); nilai kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah sebesar (14,60 mg/L); nilai kandungan derajat keasaman (pH) adalah sebesar (7,84); nilai kandungan Minyak dan Lemak adalah sebesar (0,02 mg/L); nilai kandungan Amoniak adalah sebesar (6,97); dan nilai kandungan Total Coliform adalah sebesar (240 Jlh/100mL).

Berdasarkan Tabel 5, hasil uji kualitas air limbah dari *outlet* pada bulan Maret menunjukkan bahwa seluruh parameter yang diuji yaitu TSS, BOD, COD, pH, Minyak dan Lemak, Amoniak dan Total Coliform telah memenuhi syarat standar baku mutu air limbah domestik yang telah ditetapkan dalam Permen LHK No. 68 Tahun 2016.

1.1.4 Efektivitas IPAL Perumda Tirtanadi Cemara

Perhitungan nilai efektivitas bertujuan untuk mengetahui kemampuan IPAL Perumda Tirtanadi Cemara dalam mengolah air limbah domestik dengan

tepat. Perhitungan efektivitas IPAL dilakukan berdasarkan rumus persentase removal tiap parameter. Kriteria perhitungan efektivitas IPAL ini didasarkan oleh Soeparman dan Suparmin (2002) yaitu;

Skala Efektivitas :

- a) Sangat Efektif : $x > 80\%$
- b) Efektif : $60\% < x \leq 80\%$
- c) Cukup Efektif : $40\% < x \leq 60\%$
- d) Kurang Efektif : $20\% < x \leq 40\%$
- e) Tidak Efektif : $x \leq 20\%$

Pengukuran efektivitas IPAL Perumda Tirtanadi Cemara di analisis selama tiga bulan yakni pada bulan Januari, Februari dan Maret. Diketahui hasil perhitungan pengukuran efektivitas IPAL Perumda Tirtanadi Cemara sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil pengukuran efektivitas IPAL Perumda Tirtanadi Cemara pada bulan Januari 2024

Parameter	Satuan	Hasil Uji		Efektivitas (%)	Keterangan
		Inlet	Outlet		
TSS	mg/L	20,0	7,0	65	Efektif
BOD	mg/L	16,91	10,87	36	Kurang Efektif
COD	mg/L	27,00	18,00	33	Kurang Efektif
Minyak dan Lemak	mg/L	0,10	0,02	80	Efektif
Amoniak	mg/L	8,75	6,80	22	Kurang Efektif
Total Coliform	Jlh/100mL	3600	280	92	Sangat Efektif

Berdasarkan hasil perhitungan efektivitas IPAL Perumda Tirtanadi Cemara pada bulan Januari yang ditunjukkan pada Tabel 6, diketahui bahwa efektivitas IPAL dalam penurunan *Total Suspended Solid* (TSS) sebesar 65% (efektif), *Biochemical Oxygen Chemical* (BOD) sebesar 36% (kurang efektif),

Chemical Oxygen Demand (COD) sebesar 33% (kurang efektif), Minyak dan Lemak sebesar 80% (efektif), amoniak sebesar 22% (kurang efektif) dan Total Coliform sebesar 92% (sangat efektif).

Tabel 7. Hasil pengukuran efektivitas IPAL Perumda Tirtanadi Cemara pada bulan Februari 2024

Parameter	Satuan	Hasil Uji		Efektivitas (%)	Keterangan
		<i>Inlet</i>	<i>Outlet</i>		
TSS	mg/L	55,5	16,5	70	Efektif
BOD	mg/L	36,24	10,87	70	Efektif
COD	mg/L	57,60	18,00	69	Efektif
Minyak dan Lemak	mg/L	0,18	0,02	88	Sangat Efektif
Amoniak	mg/L	7,25	6,65	8,2	Tidak Efektif
Total Coliform	Jlh/100mL	5200	450	91	Sangat Efektif

Berdasarkan hasil perhitungan efektivitas IPAL Perumda Tirtanadi Cemara pada bulan Februari yang ditunjukkan pada Tabel 7, diketahui bahwa efektivitas IPAL dalam penurunan *Total Suspended Solid* (TSS) sebesar 70% (efektif), *Biochemical Oxygen Chemical* (BOD) sebesar 70% (efektif), *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 69% (efektif), Minyak dan Lemak sebesar 88% (sangat efektif), amoniak sebesar 8,2% (tidak efektif) dan Total Coliform sebesar 91% (sangat efektif).

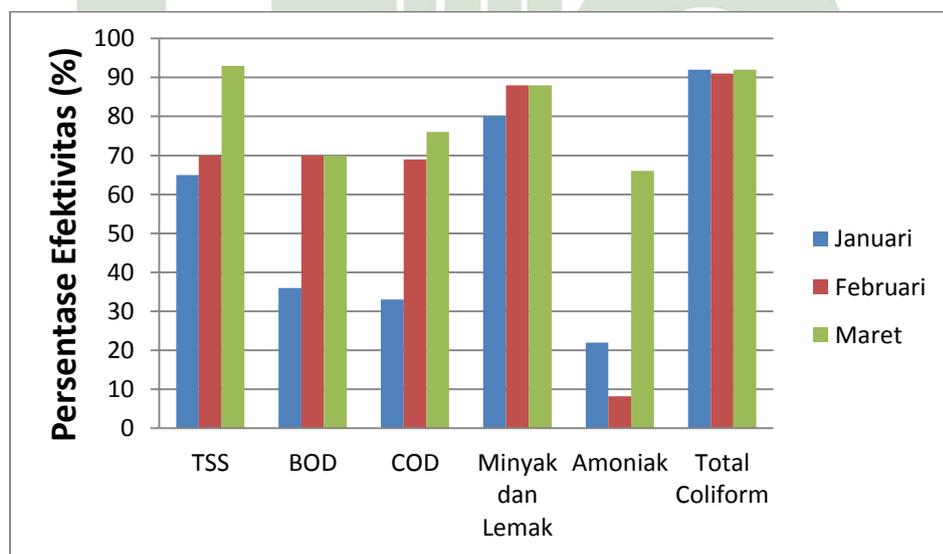
Tabel 8. Hasil pengukuran efektivitas IPAL Perumda Tirtanadi Cemara pada bulan Maret 2024

Parameter	Satuan	Hasil Uji		Efektivitas (%)	Keterangan
		<i>Inlet</i>	<i>Outlet</i>		
TSS	mg/L	58,0	4,0	93	Sangat Efektif
BOD	mg/L	36,24	10,87	70	Efektif
COD	mg/L	60,00	14,60	76	Efektif
Minyak dan Lemak	mg/L	0,18	0,02	88	Sangat Efektif
Amoniak	mg/L	20,75	6,97	66	Efektif

Total Coliform	Jlh/100mL	3300	240	92	Sangat Efektif
----------------	-----------	------	-----	----	----------------

Berdasarkan hasil perhitungan efektivitas IPAL Perumda Tirtanadi Cemara pada bulan Maret yang ditunjukkan pada Tabel 8, diketahui bahwa efektivitas IPAL dalam penurunan *Total Suspended Solid* (TSS) sebesar 93% (sangat efektif), *Biochemical Oxygen Chemical* (BOD) sebesar 70% (efektif), *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 76% (efektif), Minyak dan Lemak sebesar 88% (sangat efektif), amoniak sebesar 66% (efektif) dan Total Coliform sebesar 92% (sangat efektif).

Dari hasil pengukuran efektivitas IPAL Perumda Tirtanadi Cemara tersebut dapat diketahui perbandingan seluruh parameter selama tiga bulan dalam diagram sebagai berikut:



Gambar 17. Diagram perbandingan efektivitas IPAL perbulan

Berdasarkan Gambar 17, dapat diketahui bahwa hasil analisis sampel kualitas air limbah selama tiga bulan menunjukkan nilai efektivitas yang berbeda-beda. Penurunan kadar nilai parameter selama tiga bulan pada IPAL Perumda

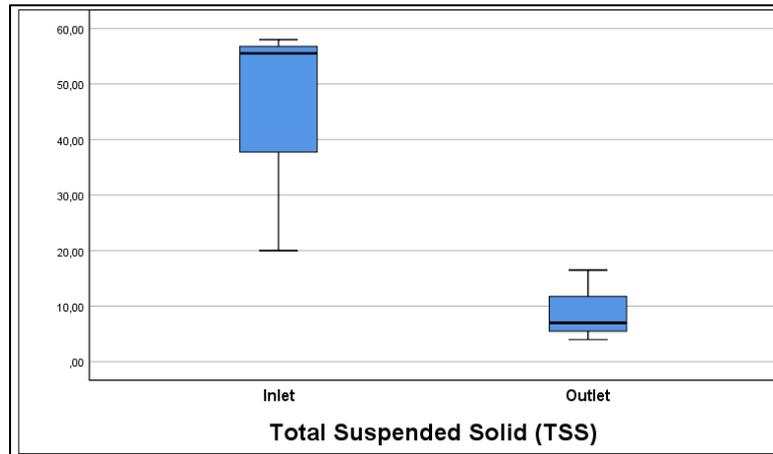
Tirtanadi Cemara sudah mencapai efektivitas diatas 60% pada parameter TSS, Minyak dan Lemak, dan Total Coliform. Sedangkan pada BOD, COD dan Amoniak masih terdapat efektivitas dibawah 60% selama tiga bulan tersebut

Tabel 9. Hasil uji *paired sample t-test* air limbah *inlet* dan air limbah *outlet*

Parameter	Rata-rata <i>Inlet</i>	± Std.D	Rata-rata <i>Outlet</i>	± Std.D	<i>P</i> value
TSS	44,50	21,25441	9,16	6,52559	0,098
BOD	29,79	11,16018	10,87	0,00000	0,099
COD	48,20	18,39891	16,86	1,96299	0,109
Minyak dan Lemak	0,15	0,04619	0,02	0,00000	0,038
Amoniak	12,25	7,39932	6,80	0,16010	0,323
Total Coliform	4033,33	1021,437	323,33	111,505	0,019

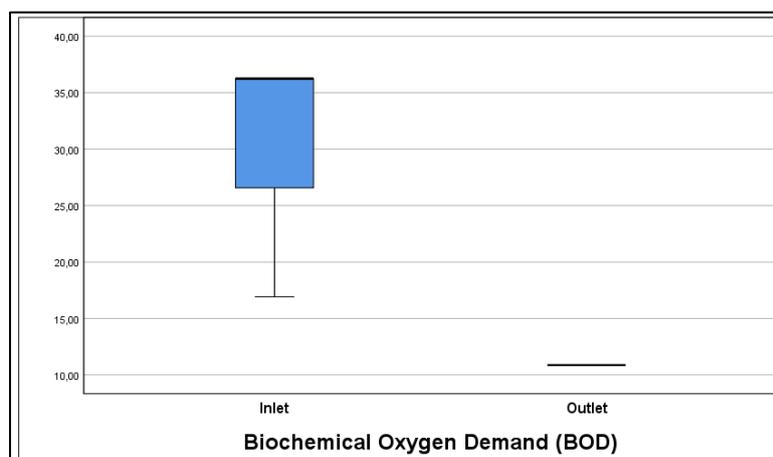
Berdasarkan hasil uji statistik dengan uji *paired sample t-test* pada tabel 9, didapatkan bahwa pada parameter *Total Suspended Solid* (TSS), *Biochemical Oxygen Chemical* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan Amoniak menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada kualitas air limbah sebelum dan sesudah dilakukannya pengolahan pada IPAL. Dengan nilai *P Value* masing-masing yakni 0,098; 0,099; 0,109; dan 0,323.

Sedangkan pada parameter Minyak dan Lemak, dan Total Coliform menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada kualitas air limbah sebelum dan sesudah dilakukannya pengolahan pada IPAL. Dengan nilai *P Value* masing-masing yakni 0,038; dan 0,019.



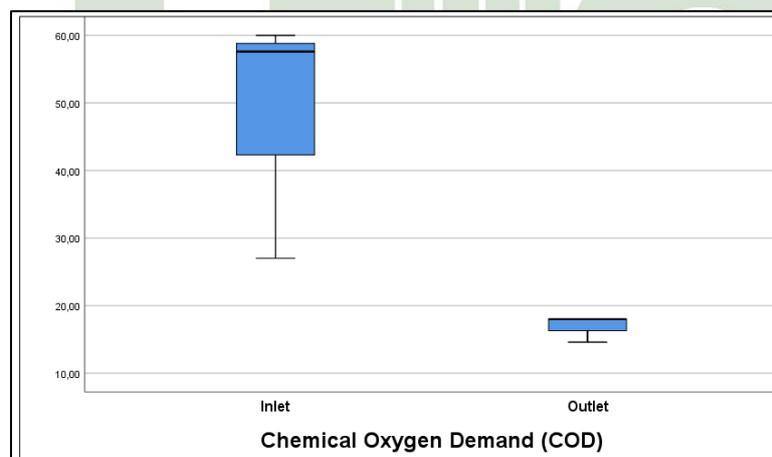
Gambar 18. Grafik *Boxplot* TSS

Berdasarkan Gambar 18, menunjukkan bahwa terdapat penurunan nilai kandungan parameter *Total Suspended Solid* (TSS) yang terjadi pada kualitas air limbah di *inlet* dan *outlet* selama tiga bulan (Januari, Februari, dan Maret). Didapatkan nilai maksimum *Total Suspended Solid* (TSS) pada *inlet* yaitu sebesar 58,00. Nilai minimum *Total Suspended Solid* (TSS) pada *inlet* yaitu sebesar 20,00. Dan nilai rata-rata (mean) *Total Suspended Solid* (TSS) pada *inlet* yaitu sebesar 44,50. Sedangkan pada *outlet* didapatkan nilai maksimum *Total Suspended Solid* (TSS) yaitu sebesar 16,50. Nilai minimum *Total Suspended Solid* (TSS) pada *outlet* yaitu sebesar 4,00. Dan nilai rata-rata (mean) *Total Suspended Solid* (TSS) pada *outlet* yaitu sebesar 9,16.



Gambar 19. Grafik *Boxplot* BOD

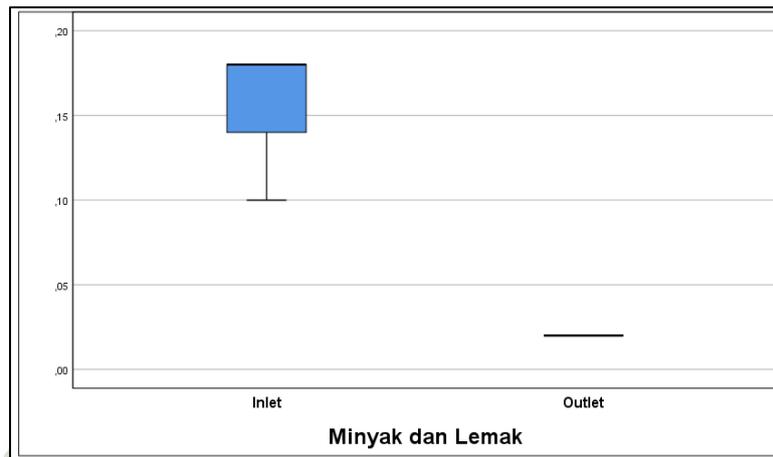
Berdasarkan Gambar 19, menunjukkan bahwa terdapat penurunan nilai kandungan parameter *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) yang terjadi pada kualitas air limbah di *inlet* dan *outlet* selama tiga bulan (Januari, Februari, dan Maret). Didapatkan nilai maksimum *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) pada *inlet* yaitu sebesar 36,24. Nilai minimum *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) pada *inlet* yaitu sebesar 16,91. Dan nilai rata-rata (mean) *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) pada *inlet* yaitu sebesar 29,79. Sedangkan pada *outlet* didapatkan nilai maksimum *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) yaitu sebesar 10,87. Nilai minimum *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) pada *outlet* yaitu sebesar 10,87. Dan nilai rata-rata (mean) *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) pada *outlet* yaitu sebesar 10,87.



Gambar 20. Grafik *Boxplot* COD

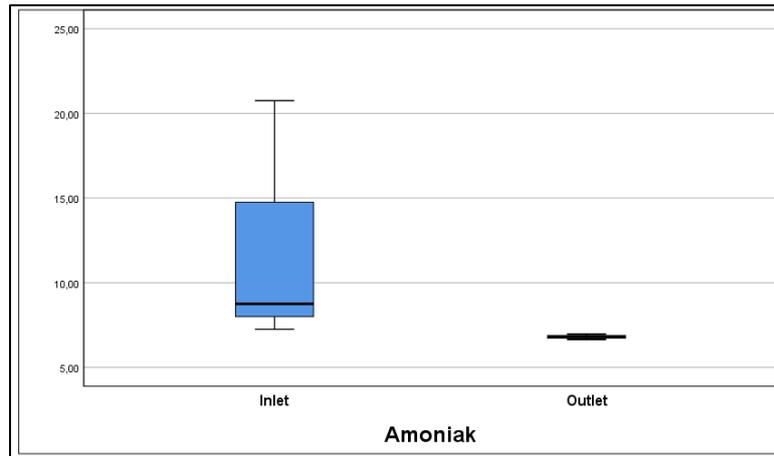
Berdasarkan Gambar 20, menunjukkan bahwa terdapat penurunan nilai kandungan parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang terjadi pada kualitas air limbah di *inlet* dan *outlet* selama tiga bulan (Januari, Februari, dan Maret). Didapatkan nilai maksimum *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada *inlet* yaitu sebesar 60,00. Nilai minimum *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada *inlet*

yaitu sebesar 27,00. Dan nilai rata-rata (mean) *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada *inlet* yaitu sebesar 48,20. Sedangkan pada *outlet* didapatkan nilai maksimum *Chemical Oxygen Demand* (COD) yaitu sebesar 18,00. Nilai minimum *Chemical Oxygen Demand* (COD) *outlet* yaitu sebesar 14,60. Dan nilai rata-rata (mean) *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada *outlet* yaitu sebesar 16,86.



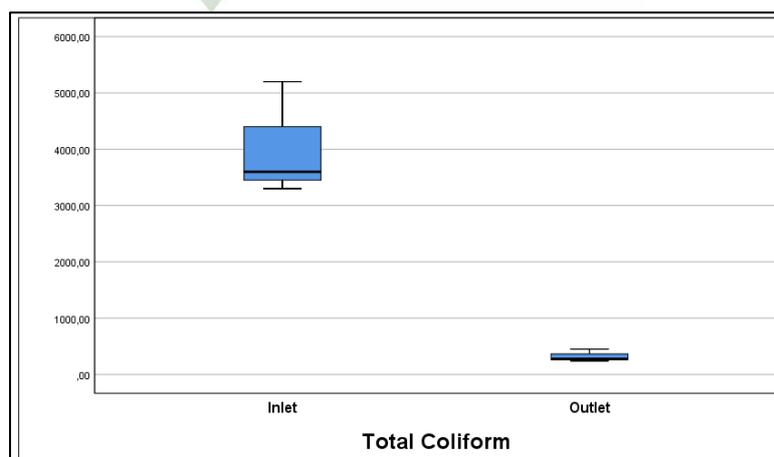
Gambar 21. Grafik *Boxplot* Minyak dan Lemak

Berdasarkan Gambar 21, menunjukkan bahwa terdapat penurunan nilai kandungan parameter Minyak dan Lemak yang terjadi pada kualitas air limbah di *inlet* dan *outlet* selama tiga bulan (Januari, Februari, dan Maret). Didapatkan nilai maksimum Minyak dan Lemak pada *inlet* yaitu sebesar 0,18. Nilai minimum Minyak dan Lemak pada *inlet* yaitu sebesar 0,10. Dan nilai rata-rata (mean) Minyak dan Lemak pada *inlet* yaitu sebesar 0,15. Sedangkan pada *outlet* didapatkan nilai maksimum Minyak dan Lemak yaitu sebesar 0,02. Nilai minimum Minyak dan Lemak *outlet* yaitu sebesar 0,02. Dan nilai rata-rata (mean) Minyak dan Lemak pada *outlet* yaitu sebesar 0,02.



Gambar 22. Grafik *Boxplot* Amoniak

Berdasarkan Gambar 22, menunjukkan bahwa terdapat penurunan nilai kandungan parameter Amoniak yang terjadi pada kualitas air limbah di *inlet* dan *outlet* selama tiga bulan (Januari, Februari, dan Maret). Didapatkan nilai maksimum Amoniak pada *inlet* yaitu sebesar 20,75. Nilai minimum Amoniak pada *inlet* yaitu sebesar 7,25. Dan nilai rata-rata (mean) Amoniak pada *inlet* yaitu sebesar 12,25. Sedangkan pada *outlet* didapatkan nilai maksimum Amoniak yaitu sebesar 12,25. Nilai minimum Amoniak *outlet* yaitu sebesar 6,65. Dan nilai rata-rata (mean) Amoniak pada *outlet* yaitu sebesar 6,80.



Gambar 23. Grafik *Boxplot* Total Coliform

Berdasarkan Gambar 23, menunjukkan bahwa terdapat penurunan nilai kandungan parameter Total Coliform yang terjadi pada kualitas air limbah di *inlet* dan *outlet* selama tiga bulan (Januari, Februari, dan Maret). Didapatkan nilai maksimum Total Coliform pada *inlet* adalah sebesar 5.200. Nilai minimum Total Coliform pada *inlet* yaitu sebesar 3.300. Dan nilai rata-rata (mean) Total Coliform pada *inlet* yaitu sebesar 4.033. Sedangkan pada *outlet* didapatkan nilai maksimum Total Coliform yaitu sebesar 450. Nilai minimum Total Coliform *outlet* yaitu sebesar 240. Dan nilai rata-rata (mean) Total Coliform pada *outlet* yaitu sebesar 323.

1.2 Pembahasan

1.2.1 Proses Pengolahan IPAL Perumda Tirtanadi Cemara

Sistem pengolahan air limbah merupakan serangkaian perlakuan untuk mengelola air limbah yang ditunjang dengan berbagai sarana dan prasarana. IPAL Perumda Tirtanadi Cemara memiliki beberapa tahapan pengolahan dengan menggunakan proses pengolahan secara fisika dan biologi. Umumnya tahapan pengolahan air limbah terbagi atas tiga tahapan, yakni pengolahan pertama (*primary treatment*), pengolahan kedua (*secondary treatment*) dan pengolahan lanjutan (*tertiary treatment*). Setiap tahapan pengolahan dapat menggunakan proses secara fisika, kimia, dan biologi (Sumantri, 2015).

Proses pengolahan air limbah pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Perumda Tirtanadi IPAL Cemara menggunakan tahapan awal berupa penyaringan dengan alat berupa saringan kasar (*coarse screen*) dan saringan halus (*fine screen*). Alat penyaringan ini digunakan sebagai media saringan cepat dan

lambat yang dapat menyaring material yang ikut masuk pada air limbah seperti pasir, kerikil, dan material lain.

Model filtrasi atau penyaringan dirancang untuk menyaring padatan yang ada pada air limbah, sehingga dapat menentukan efektivitas waktu filtrasi dan seberapa besar untuk dapat memudahkan kekeruhan dan total coliform, sehingga air yang dihasilkan bisa digunakan sesuai standar baku mutu air (Mahyuddin, 2023).

Tahapan proses pengolahan selanjutnya pada IPAL Perumda Tirtanadi menggunakan proses pengolahan secara biologi. Hal ini selaras dengan teori yang dikemukakan oleh Machdar (2009), apabila pengolahan pertama masih melewati standar baku mutu yang telah ditetapkan, maka diperlukannya pengolahan kedua dengan menggunakan proses biologi. Pada pengolahan ini ditujukan untuk memisahkan bahan organik seperti BOD terlarut dan koloid yang masih ada setelah melalui proses pada pengolahan pertama dan untuk memisahkan atau menyisihkan kadar *total suspended solids* yang masih ada.

1.2.2 Kualitas Air Limbah IPAL Perumda Tirtanadi Cemara

Untuk mengolah air limbah domestik diperlukannya sebuah IPAL. Kemampuan secara fisik sebuah IPAL dapat dilihat dari kualitas air limbah yang dihasilkan pada tahap akhir prosesnya, yaitu pada *outlet/effluent*. Hasil akhir olahan air limbah diperuntukan sebagai peningkatan pengembangan IPAL (Sari, 2018).

Berdasarkan hasil uji laboratorium, kualitas air limbah yang dihasilkan pada *outlet* instalasi pengolahan air limbah (IPAL) di Perumda Tirtanadi Cemara

telah memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016. Hal ini tidak sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Quraini (2022) pada IPAL Komunal di Samarinda Seberang yang masih didapatkan hasil kualitas air limbah pada parameter *Total Suspended Solid (TSS)*, *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*, dan amoniak tidak sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan.

Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Susanthi (2018) pada IPAL Komunal di Kota Bogor juga didapatkan hasil yang tidak sejalan. Pada penelitian tersebut didapatkan seluruh parameter yang diteliti yaitu pH, *Total Suspended Solid (TSS)*, *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*, *Chemical Oxygen Demand (COD)*, amoniak, minyak dan lemak, dan total coliform tidak memenuhi standar baku mutu.

Dari hasil pengujian laboratorium pada IPAL Perumda Tirtanadi Cemara didapatkan bahwa nilai kadar *Biochemical Oxygen Demand (BOD)* lebih rendah dari nilai kadar *Chemical Oxygen Demand (COD)*. Hal ini sejalan dengan teori pada penelitian Fujiati (2015) yang menyatakan bahwa biasanya kadar *Biochemical Oxygen Demand (BOD)* yang dihasilkan pada IPAL akan lebih rendah daripada kadar *Chemical Oxygen Demand (COD)*. Ini dikarenakan pada pengujian *Biochemical Oxygen Demand (BOD)* yang terurai hanya senyawa organik yang mampu diolah secara biologi oleh mikroorganisme pada suatu sistem tertentu. Sedangkan pada *Chemical Oxygen Demand (COD)* umumnya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi disebabkan ikut teroksidasinya bahan yang sulit terurai terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme ke dalam pengujian.

1.2.3 Efektivitas IPAL Perumda Tirtanadi Cemara

Efektivitas suatu proses pengolahan IPAL merupakan wujud dari upaya pembangunan berkelanjutan yang telah disetujui oleh 193 negara sebagai “*Sustainable Development Goals (SDG’s)*” sebagai langkah untuk menjamin akses atas air dan sanitasi yang layak secara berkelanjutan pada tahun 2030 (UN, 2016). Dari hasil uji laboratorium didapatkan persentase efektivitas penurunan kadar parameter pada IPAL Perumda Tirtanadi Cemara yang beragam, sebagai berikut;

a. *Total Suspended Solid (TSS)*

Pada parameter TSS persentase efektivitas IPAL Perumda Tirtanadi Cemara menunjukkan hasil yang efektif. Penyebabnya dikarenakan terdapat proses pengendapan partikel atau padatan tersuspensi ke dasar kolam yang terjadi pada IPAL yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Sisa TSS masuk ke proses penyaringan melalui alat *coarse screen* dan *fine screen*.

Efektifnya sistem penyaringan dalam menurunkan nilai kadar parameter TSS apabila mencampurkan sistem *up flow* dan *down flow*. Hal ini dapat meningkatkan waktu kontak yang lebih lama dan memberikan kesempatan untuk dapat bereaksi, mengikat, dan terjadinya pengendapan antara air yang diolah dengan media filter yang digunakan (Euis, 2019).

b. *Biochemical Oxygen Demand (BOD) dan Chemical Oxygen Demand (COD)*

Pada parameter BOD dan COD pada bulan Januari didapatkan hasil persentase efektivitas IPAL Perumda Tirtanadi Cemara menunjukkan bahwa

penurunan kadar parameter tersebut hanya sebesar <40% yang termasuk dalam kriteria kurang efektif menurut Soeparman (2002). Hal ini dapat dikarenakan adanya permasalahan seperti rusaknya mesin set aerator pada IPAL Perumda Tirtanadi Cemara pada bulan Januari. Sehingga persentase hasil penurunan efektivitas kedua parameter tersebut sangat rendah dibandingkan pada bulan Februari dan Maret.

Sejalan dengan penelitian Rarasari (2019) yang menyatakan bahwa efektifnya penurunan beberapa parameter dapat dipengaruhi oleh sistem aerator pada kolam aerasi. Sistem aerasi dapat menjalankan dua fungsi secara bersamaan. Ini berarti air limbah tercampur dan tersuspensi dengan baik untuk membentuk sistem yang homogen dan menyediakan oksigen yang diperlukan.

Menurut Asmadi dan Suharno (2012) adanya aerator digunakan tidak hanya untuk menyediakan oksigen pada air limbah, tetapi juga dapat menghilangkan karbon dioksida, pembuangan hidrogen sulfida untuk menghilangkan bau dan rasa, serta menghilangkan minyak yang mudah menguap.

c. Minyak dan Lemak

Pada parameter Minyak dan Lemak, persentase efektivitas IPAL Perumda Tirtanadi Cemara menunjukkan hasil penurunan yang efektif selama tiga bulan. Menurut Rarasari (2019), menurunnya kadar minyak dan lemak pada *outlet/effluent* dapat disebabkan karena adanya proses pengolahan dengan sistem aerobik. Dimana baketri atau mikroorganisme aerobik memakai

minyak dan lemak sebagai substrat (permukaan atau tempat organisme hidup) pada IPAL.

Selain itu menurunnya kadar minyak pada air limbah dapat disebabkan karena adanya busa-busa yang bersumber dari limbah rumah tangga seperti deterjen. Hal ini didukung oleh penelitian Naibaho (1996) dalam Rarasari (2019) yang mengemukakan bahwa kadar minyak dapat menurun hingga menghilang karena adanya penetralisasian dengan menambahkan NaOH yang menghasilkan sabun berbusa (*scum*) dan mengambang di atas air limbah. Pada saat penelitian terdapat busa-busa yang cukup banyak pada *skimming tank* (tangki pemecah busa).

d. Amoniak

Pada parameter Amoniak, persentase efektivitas IPAL Perumda Tirtanadi Cemara menunjukkan hasil penurunan yang tidak efektif pada bulan Januari dan Februari, sedangkan pada bulan Maret didapatkan persentase penurunan yang efektif. Hal ini dapat terjadi karena dari hasil uji laboratorium didapatkan nilai kadar Amoniak di *inlet* pada bulan Januari dan Februari dibawah baku mutu yang telah ditetapkan, yaitu $< 10\text{mg/L}$. Sedangkan nilai kadar amoniak pada bulan Maret menunjukkan hasil yang masih melebihi baku mutu, yaitu $>10\text{mg/L}$. Maka dari itu, persentase penurunan nilai kadar Amoniak pada bulan Januari dan Februari lebih rendah daripada bulan Maret.

Hal ini selaras dengan penelitian Sattuang (2020), yang menuturkan bahwa pengaruh IPAL terhadap penurunan parameter tidak menunjukkan perbedaan yang besar dikarenakan nilai parameter air limbah sebelum dan sesudah diolah masih berada dalam nilai baku mutu

e. Total Coliform

Pada parameter Total Coliform, persentase efektivitas IPAL Perumda Tirtanadi Cemara menunjukkan hasil penurunan sangat efektif selama tiga bulan yaitu persentase penurunan mencapai > 90%. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan Ramadhan (2022) pada IPAL Komunal Desa Ngluwar yang didapatkan hasil pengujian kinerja IPAL dalam menurunkan Total Coliform yaitu sebesar 99,99%.

Keefektivan dari instalasi pengolahan air limbah dalam menurunkan nilai kadar parameter berbahaya agar dapat layak dibuang ke lingkungan dengan aman sehingga tidak menyebabkan terjadinya suatu kerusakan di bumi merupakan suatu keberhasilan dari manusia sebagai Khalifah di muka bumi, sebagaimana yang telah dijelaskan di dalam Al-Quran.

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي جَاعِلٌ فِي الْأَرْضِ خَلِيفَةً قَالُوا أَتَجْعَلُ فِيهَا مَن يُفْسِدُ فِيهَا وَيَسْفِكُ
الدِّمَاءَ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ قَالَ إِنِّي أَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ

Artinya : *"Ingatlah ketika Tuhanmu berfirman kepada para Malaikat" : "Sesungguhnya Aku hendak menjadikan seorang khalifah di muka bumi". Mereka berkata: "Mengapa Engkau hendak menjadikan (khalifah) di bumi itu orang yang akan membuat kerusakan padanya dan menumpahkan darah, padahal kami senantiasa bertasbih dengan memuji Engkau dan mensucikan Engkau?" Tuhan berfirman: "Sesungguhnya Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui" (QS: Al-Baqarah: 30)*

Dalam tafsir Al-Mukhtashar menjelaskan dari ayat diatas bahwa Allah SWT. memberitahukan bahwa Dia berfirman kepada malaikat, bahwa Dia akan

menciptakan manusia ditempatkan di muka bumi secara silih berganti. Tugas utama mereka adalah memakmurkan bumi atas dasar ketaatan kepada Allah.

Sedangkan menurut pandangan Muhammad Baqir al-Sadr sebagaimana yang dikutip oleh Quraish Shihab menjelaskan bahwa kekhalifaan yang dikatakan dalam ayat diatas memiliki tiga unsur yang berkaitan dengan kekhalifahan dalam pandangan Al-Quran yaitu:

1. Khalifah, yang dalam hal ini dimaksud adalah Manusia
2. Alam raya, yang ditunjuk oleh ayat Al-Baqarah sebagai *ardh*
3. Hubungan antara manusia dan alam dan segala isinya termasuk manusia.

Di dalam ajaran agama Islam, konsep Khalifah menyatakan bahwa manusia telah ditunjuk oleh Allah SWT dimuka bumi sebagai *Khalifatullah fil'ardh*. Maka sebagai wakil Allah, manusia diwajibkan meneladani sesuai dengan sifat-sifat Allah. Salah satu sifat Allah yang berkaitan dengan alam yaitu *rabbul'alamin* yang diartikan sebagai pemelihara atau penjaga alam. Jadi, sebagai wakil atau khalifah di muka bumi, sudah seharusnya manusia harus aktif dan bertanggung jawab dalam melestarikan serta mengelola alam agar tidak menimbulkan suatu kerusakan yang dapat merugikan serta mengganggu keberlanjutan kehidupan manusia (Sumantri, 2015).

Menjaga lingkungan berarti menjaga agama. Secara istilah lingkungan berarti tempat dimana manusia hidup. Lingkungan yang telah diciptakan oleh Allah Swt yang didalamnya lengkap dengan udara, air, tanah, dan fasilitas yang dibangun oleh manusia harus senantiasa dijaga dan dilestarikan. Didalam Al-Qur'an telah dijelaskan tentang Allah SWT menciptakan manusia di bumi ini telah diberi kedudukan yang paling mulia yaitu sebagai khalifah, dan di bumi

yang telah disediakan segala macam kebutuhan untuk dapat dikelola dan dijaga sebaik-baiknya. Adapun kewajiban manusia terhadap lingkungan hidup itu adalah sebagai berikut:

1. Mengelola alam untuk kemaslahatan.
2. Menjaga kelestarian alam.
3. Mensyukuri segala sesuatu yang ada di alam ini, dan.
4. Tidak berbuat semena-mena terhadap alam.

هُوَ الَّذِي خَلَقَ لَكُمْ مَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا ثُمَّ اسْتَوَىٰ إِلَى السَّمَاءِ فَسَوَّاهُنَّ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ وَهُوَ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ

Artinya: *“Dialah (Allah) yang menciptakan segala yang ada di bumi untukmu, kemudian Dia menuju ke (penciptaan) langit, lalu Dia menyempurnakannya menjadi tujuh langit. Dia Maha Mengetahui segala sesuatu”* (QS: Al-Baqarah:29).

Menurut tafsir Tahlili, pada ayat ini menegaskan peringatan yaitu Allah telah menganugerahkan nikmat yang besar kepada manusia, menciptakan langit dan bumi agar dapat dimanfaatkan untuk manusia, sehingga manusia dapat menjaga kelangsungan hidupnya dan agar manusia berbakti dan tunduk kepada Allah penciptanya, kepada keluarga dan masyarakat. Kalimat *"Dia menuju ke (penciptaan) langit, lalu Dia menyempurnakannya menjadi tujuh langit"* memberi arti bahwa seluruh bumi beserta isinya Allah ciptakan untuk manusia dan Allah telah menciptakan langit lalu Allah menyempurnakannya menjadi tujuh langit.

Upaya dalam menyelamatkan lingkungan telah cukup banyak dilakukan baik melalui penyadaran kepada masyarakat dan pemangku kepentingan

(*stakeholders*), pembuatan aturan, kesepakatan nasional dan internasional, maupun pemanfaatan dari segi sains dan teknologi sebagai bentuk serta ketaatan bagi seorang manusia untuk menaati perintah yang telah dibuat oleh Allah SWT.

وَلَقَدْ مَكَّنَّاكُمْ فِي الْأَرْضِ وَجَعَلْنَا لَكُمْ فِيهَا مَعَايِشَ قَلِيلًا مَّا تَشْكُرُونَ

Artinya: “*Sungguh, Kami benar-benar telah menempatkan kamu sekalian di bumi dan Kami sediakan di sana (bumi) penghidupan untukmu. (Akan tetapi) sedikit sekali kamu bersyukur.*” (QS: Al-A’raf: 10)

Menurut tafsir Tahlili, pada ayat ini Allah menegaskan bahwa Dia telah menyediakan bumi sebagai tempat untuk manusia tinggal dan berdiam di atasnya, dibebaskan untuk berusaha sesuai dengan yang telah dibatasi. Maka wajiblah kita untuk mensyukuri atas segala karunia dan nikmat yang telah diberikan. Kadang kala manusia beranggapan bahwa semua pencapaian yang ada dimuka bumi ini merupakan hasil dari kecerdasan otak dan kesungguhan usahanya, dan bukan berasal dari Allah SWT sehingga sedikit dari mereka yang lupa untuk bersyukur.

Mengusahakan mengelola air limbah yang bermanfaat untuk kepentingan ekonomi dan kesehatan agar selalu bersih dan bebas dari sebuat pencemaran telah disebutkan dalam sebuah hadist: “Tiga hal yang menjernihkan pandangan, yaitu menyaksikan pandangan pada yang hijau asri, pada air yang mengalir serta pada wajah yang rupawan.” (HR. Ahmad).

Oleh karena itu, kita sebagai manusia harus andil untuk aktif dalam melakukan pengolahan lingkungan, menjaganya dan tidak membuat kerusakan pada lingkungan dan sebagai bentuk rasa syukur kita sebagai manusia kepada Allah SWT atas segala nikmat yang telah diberikan.