

Efektivitas Penerapan Instalasi Pengolahan Air Limbah pada PT Geoservices

Effectiveness of the Implementation of Wastewater Treatment Facilities at PT Geoservices

Woren Suryadesprin Mangoting¹, Yenny Meini Sari², Rosalia Sira Sarungallo^{1*}
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar¹
PT Geoservices Balikpapan²

*Email: rosalia_sira@ukipaulus.ac.id

Abstrak

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) merupakan fasilitas untuk mengelola limbah industri untuk memenuhi standar kualitas lingkungan. PT Geoservices telah mengimplementasikan IPAL untuk mengelola limbahnya. Evaluasi terhadap efektivitas penerapan IPAL di PT Geoservices diperlukan untuk memverifikasi kepatuhan terhadap regulasi lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penerapan IPAL pada PT Geoservices dalam memenuhi standar kualitas air limbah dan kepatuhan terhadap regulasi lingkungan yang berlaku. Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data parameter air limbah yang diolah oleh IPAL PT Geoservices selama periode tertentu. Analisis digunakan untuk mengevaluasi kinerja IPAL dan membandingkannya dengan standar kualitas air limbah yang ditetapkan oleh peraturan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun IPAL telah mampu mengolah limbah industri, namun masih terdapat kebutuhan untuk peningkatan efektivitas penerapannya. Parameter air limbah, seperti total coliform, masih melebihi batas yang ditetapkan, menunjukkan perlunya perbaikan dalam manajemen limbah di PT Geoservices. Proses pengolahan limbah dan pemantauan yang ketat terhadap parameter-parameter perlu ditingkatkan untuk memenuhi kepatuhan terhadap regulasi lingkungan dan menjaga keberlanjutan operasional perusahaan.

Kata Kunci : Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), baku mutu air limbah, parameter kualitas air limbah.

Abstract

Wastewater Treatment Plant (WWTP) is a facility to manage industrial waste to meet environmental quality standards. PT Geoservices has implemented WWTP to manage its waste. Evaluation of the effectiveness of WWTP implementation at PT Geoservices is needed to verify compliance with environmental regulations. This research aims to assess the effectiveness of WWTP implementation at PT Geoservices in meeting wastewater quality standards and compliance with applicable environmental regulations. The study was conducted by collecting wastewater parameter data treated by PT Geoservices' WWTP over a specific period. Analysis was used to evaluate the performance of the WWTP and compare it with wastewater quality standards set by regulations. The research findings indicate that although the WWTP has been able to treat industrial waste, there is still a need for improvement in its effectiveness. Wastewater parameters, such as total coliform, still exceed the set limits, indicating the need for waste management improvement at PT Geoservices. Waste treatment processes and stringent monitoring of parameters need to be enhanced to ensure compliance with environmental regulations and sustain the company's operational continuity.

Keywords: Wastewater Treatment Plant (WWTP), wastewater quality standards, wastewater quality parameters.

Pendahuluan

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan kegiatan pemukiman, restoran, kantor, komersial, apartemen, dan asrama. Sumber air limbah domestik meliputi semua limbah cair dari rumah tangga, termasuk limbah cair seperti pembuangan kamar mandi, limbah dapur, air cucian pakaian, dan lainnya. Air limbah domestik umumnya mengandung senyawa polutan organik yang cukup tinggi, Pandey, dkk., (2023). Sebelum dibuang ke lingkungan, air limbah domestik harus diolah di unit pengolahan air limbah atau Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Beberapa karakteristik utama limbah domestik yang perlu diperhatikan adalah bakteri, virus,

dan parasit dalam jumlah yang besar, yang dapat menyebabkan penyebaran penyakit dengan cepat Allami, dkk., (2023). Kandungan deterjen dalam air limbah domestik meningkatkan kadar nutrien, terutama fosfor dan nitrogen tinggi, yang sering mengakibatkan eutrofikasi (Mažeikienė dan Sarko, 2023; Chen, dkk., 2022; Kundu, dkk., 2015).

Logam berat seperti timbal dapat menimbulkan risiko kesehatan manusia karena paparan timbal dapat menyebabkan hilangnya kemampuan hemoglobin untuk mengikat zat seperti kalsium (Mandal, dkk., 2022). Bau yang tidak sedap dapat timbul dari bahan-bahan volatil, gas terlarut, dan hasil samping dari pembusukan bahan organik seperti

hidrogen sulfida (H_2S). Selain itu, kerugian lain terjadi ketika limbah domestik dibuang ke sungai, termasuk berkurangnya keragaman biota air karena masuknya secara rutin senyawa B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) ke sungai (Mubin et al., 2016).

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) adalah suatu sistem yang digunakan untuk mengolah limbah domestik di suatu wilayah tertentu. Biasanya, sistem ini diterapkan di industri, perkantoran, rumah sakit, dan daerah pemukiman agar limbah yang dihasilkan aman saat dibuang ke lingkungan dan sesuai dengan standar kualitas lingkungan (Karyadi, 2010). Standar kualitas air limbah domestik merupakan batasan atau kadar pencemar dan/atau jumlah pencemar yang diizinkan dalam air limbah domestik sebelum dibuang atau dialirkan ke permukaan air. Oleh karena itu, semua air limbah domestik harus diproses terlebih dahulu hingga memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan oleh Pemerintah sebelum dibuang ke perairan atau saluran umum. Proses pengolahan dapat dilakukan secara individual maupun terpadu. Pengolahan air limbah domestik secara terpadu merujuk pada sistem pengolahan yang dilakukan secara bersama-sama sebelum air limbah tersebut dibuang ke permukaan air (Yudo dan Setiyono, 2008).

Kualitas air limbah yang dihasilkan diharapkan memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan oleh PERMEN LHK Nomor 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik. Parameter analisis kualitas dari limbah domestik mengacu kepada PERMEN LHK Nomor 68 tahun 2016 tentang baku mutu limbah domestik. Parameter-parameter tersebut meliputi analisis pH, *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solids* (TSS), *Total Dissolved Solids* (TDS), amonia (NH_3), minyak dan lemak, total coliform, klorin bebas, sianida, nitrit (NO_2), dan hidrogen sulfida (H_2S). Parameter-parameter tersebut digunakan sebagai acuan untuk menilai kualitas limbah domestik yang telah diolah melalui Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), layak atau tidak untuk dibuang ke lingkungan, khususnya tujuan akhir pembuangan ke sungai.

Tujuan penelitian adalah untuk mengevaluasi efektivitas penerapan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada PT Geoservices dalam memenuhi standar kualitas air limbah domestik yang telah ditetapkan oleh PERMEN LHK Nomor 68 Tahun 2016, mengevaluasi parameter-parameter analisis kualitas air limbah, seperti pH, BOD, COD, TSS, TDS, amonia, minyak dan lemak, total coliform, klorin bebas, sianida, nitrit, dan hidrogen sulfida. Proses monitoring IPAL dilakukan secara periodik, minimal sekali sebulan, untuk mengevaluasi apakah terdapat kesalahan atau error dalam proses pengolahan limbah. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan tentang bagaimana IPAL PT Geoservices beroperasi dalam mengolah limbah dan mempertahankan kualitas lingkungan.

Menurut Glushchenko dkk. (2020), proses pengolahan air limbah melibatkan beberapa tahap, yaitu pengolahan fisik, kimia, dan biologi. Pengolahan fisik melibatkan penyaringan dan penyaringan partikel kasar dari limbah, sedangkan pengolahan kimia melibatkan penggunaan bahan kimia untuk menghilangkan polutan dari limbah. Pengolahan biologi melibatkan penggunaan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam limbah. Selain itu, faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas IPAL juga perlu dipertimbangkan. Menurut Paniklan, dkk. (2021), faktor-faktor tersebut meliputi desain dan ukuran IPAL, kondisi operasional, manajemen limbah, dan pemeliharaan yang tepat. Ketidaksiharian dalam salah satu faktor ini dapat mengurangi efektivitas IPAL dalam mengolah limbah dengan baik.

Metode Penelitian

Pelaksanaan kegiatan dan pengambilan data dilakukan di PT Geoservices Balikpapan.

a. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan meliputi pH meter (*Mettler Toledo Seven Go Duo Pro*), Horiba (F-714), DO meter, botol BOD, Beaker glass, tabung COD, autoclave, oven, Spektro UV-Vis (*Spectroquant Pharo 300*), aerator, desikator, hotplate, botol semprot.

Bahan-bahan yang digunakan adalah buffer pH 4,7, dan 10, kalium dihidrogen fosfat (KH_2PO_4), dikalium hidrogen fosfat (K_2HPO_4), dinatrium hidrogen fosfat heptahidrat ($Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$), ammonium klorida (NH_4Cl), magnesium sulfat heptahidrat ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$), kalsium klorida ($CaCl_2$), besi klorida heksahidrat ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$), standar COD CRM 50.000 ppm, asam sulfat (H_2SO_4), perak sulfat (Ag_2SO_4), kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$), kertas saring, n-heksana, dinatrium sulfat anhidrat (Na_2SO_4 anhidrat), natrium salisilat ($C_6H_5NaO_3$), natrium sitrat ($C_6H_5N_13O_7 \cdot H_2O$), natrium nitrosuprida ($Na_2[Fe(CN)_5NO] \cdot 2H_2O$), natrium hidroksida ($NaOH$), dikloro asam sianurat ($C_3HCl_2N_3O_3$), *lactose monohydrate*, *peptone* dari *meat*, *meat extract*, air aquades, *Phosphoric Acid* (H_3PO_4), dan Sulfanilamide.

b. Prosedur Penelitian

Sampel diambil dari titik outlet Instalasi Pengolahan Limbah (IPAL) yang tersedia di PT Geoservices. Parameter-parameter yang dianalisis menggunakan SNI (Standar Nasional Indonesia) dan APHA (*American Public Health Association*).

pH

Prosedur pengukuran pH dimulai dengan melakukan kalibrasi terlebih dahulu pada pH meter menggunakan buffer pH 4, 7, dan 10. Kemudian, elektroda dibilas dan dicelupkan ke dalam larutan sampel untuk membaca hasil pengukuran yang tertera pada layar.

BOD (Biochemical Oxygen Demand)

Larutan pengencer BOD terdiri dari 4 jenis, yaitu buffer solution, $MgSO_4$, $CaCl_2$, dan $FeCl_3$. Larutan buffer dibuat dengan menimbang 0,854 gram KH_2PO_4 , 2,1756 gram K_2HPO_4 , 3,3418 gram $Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$, dan 0,173 gram NH_4Cl .

Preparasi sampel untuk analisis BOD dilakukan dengan memipet sampel *inlet* dan *outlet* ke dalam botol BOD dengan larutan pengencer BOD. Blanko dibuat dengan mengisi seluruh botol BOD dengan larutan pengencer. Selanjutnya, larutan blanko dan sampel dituangkan ke dalam gelas piala dan nilai DO0 diukur menggunakan DO meter. Setelah pengukuran selesai, sampel dan blanko diinkubasi pada suhu 25°C selama 5 hari. Pada hari ke-5, dilakukan pengukuran kembali untuk memperoleh nilai DO5.

COD (Chemical Oxygen Demand)

Larutan pendigest COD terdiri dari 2 jenis, yaitu *high range* dan *low range*. Untuk *high range*, tambahkan 10,216 g $K_2Cr_2O_7$ yang telah dikeringkan pada suhu 150°C selama 2 jam, 167 ml H_2SO_4 pekat, dan 33,3 g $HgSO_4$ ke dalam sekitar 500 ml air deionisasi. Larutan tersebut kemudian dilarutkan dengan air deionisasi hingga mencapai volume 1000 ml. Untuk *low range*, prosedurnya sama dengan *high range* menggunakan 1,022 g $K_2Cr_2O_7$. Volume sampel dan larutan pereaksi yang sesuai dimasukkan ke dalam tabung atau ampul sesuai dengan yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tutup tabung dengan rapat, lalu guncang tabung beberapa kali secara bergantian untuk memastikan pencampuran homogen. Letakkan tabung reaksi ke dalam blok pengurai (*Thermoreactor*) yang telah dipanaskan pada suhu 150°C, dan biarkan direfluks selama 2 jam. Setelah itu, angkat tabung dari blok pengurai dan biarkan dingin hingga mencapai suhu ruang. Selanjutnya, hidupkan alat spektrofotometer dan pilih panjang gelombang 420 atau 600 nm sesuai dengan spesifikasi alat yang digunakan.

Tabel 1. Contoh uji dan larutan pereaksi untuk bermacam – macam *Digestion Vessel*.

Digestion Vessel	Contoh Uji (mL)	Digestion Solution (mL)	Larutan Pereaksi Asam Sulfat (mL)	Total Volume (mL)
Tabung Kultur				
16 x 100 mm	2,5	1,5	3,5	7,5
20 x 150 mm	5	3	7	15
25 x 150 mm	10	6	14	30
Standar Ampul				
10 mL	2,5	1,5	3,5	7,5

Lakukan kalibrasi alat sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan, menggunakan blanko standar dan larutan standar kerja yang telah disiapkan. Pastikan bahwa nilai koefisien korelasi (R) yang dihasilkan dari kurva kalibrasi adalah setidaknya 0,995. Setelah kurva kalibrasi terbentuk, mulailah analisis sampel dengan

membaca blanko standar dan larutan kontrol mutu (QC).

TDS (Total Dissolved Solid)

Untuk penetapan *Total Dissolved Solid* (TDS), digunakan alat Horiba TDS Meter F-74. Pertama, tekan tombol MEAS, lalu pilih "CH2" dan "TDS" pada layar. Selanjutnya, celupkan elektroda ke dalam larutan yang akan diukur dan tekan "START" untuk memulai pengukuran. Pastikan pembacaan stabil dengan memastikan bahwa indikator "HOLD" tidak berkedip. Catat nilai pembacaan dengan menekan tombol yang sesuai pada perangkat. Setelah selesai, tekan "STOP" untuk melanjutkan ke pengukuran berikutnya.

TSS (Total Suspended Solid)

Prosedur Pengukuran TSS dimulai dengan menyiapkan filter yang akan digunakan. Pasang filter pada perangkat penyaring vakum dengan bagian yang kasar menghadap ke atas. Jalankan vakum, lalu bilas filter dengan 20 ml air deionisasi sebanyak 3 kali. Lanjutkan penghisapan beberapa saat untuk menghilangkan sejumlah kecil air, matikan vakum, dan buang air yang terkumpul di dalam perangkat penyaring. Keluarkan filter dari perangkat penyaring dan pindahkan ke cawan penimbangan. Keringkan filter pada suhu 103-105°C selama 1 jam, lalu dinginkan dalam desikator untuk mencapai kesetimbangan suhu sebelum menimbang bobot filter.

Untuk pengujian contoh, pasang filter pada perangkat penyaring dan jalankan vakum. Basahi filter dengan air deionisasi, lalu aduk contoh dengan magnetik stirrer dengan cepat untuk memotong beberapa partikel besar sehingga menghasilkan ukuran partikel yang lebih seragam atau homogen. Selama pengadukan, pipet sejumlah volume contoh ke dalam filter yang telah terpasang. Untuk menjaga homogenitas, pipet contoh sekitar setengah dari tinggi wadah dan hindari memipet pada bagian vorteks. Bilas filter dengan 10 ml air deionisasi sebanyak 3 kali, dan biarkan air terserap sepenuhnya setiap kali pembilasan dilakukan. Lanjutkan penghisapan selama sekitar 3 menit setelah proses penyaringan selesai. Pindahkan filter dari perangkat penyaring dan pindahkan ke cawan penimbangan. Keringkan selama setidaknya 1 jam pada suhu 103-105°C di dalam oven, lalu dinginkan dalam desikator untuk mencapai kesetimbangan suhu sebelum menimbang bobot filter. Ulangi langkah-langkah 3.9 dan 3.10 di atas hingga diperoleh bobot yang stabil atau hingga perubahan bobotnya kurang dari 4% dari bobot penimbangan sebelumnya.

Analisis Sianida

Prosedur untuk mengukur parameter sianida dimulai dengan menyiapkan larutan NaOH 1M dan H_2SO_4 0,5 M. Selanjutnya, dilakukan persiapan larutan standar kerja dengan beberapa konsentrasi yang berbeda. Larutan standar kerja dengan konsentrasi 100 mg/L dipersiapkan dengan memipet 10 mL larutan

standar 1000 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL. Kemudian, dilakukan proses serupa untuk membuat larutan standar kerja dengan konsentrasi 10 mg/L dan 1 mg/L. Kemudian menyiapkan larutan standar dengan konsentrasi 0,20 mg/L dengan memipet 20 mL larutan standar kerja 1 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL. Untuk sampel dengan konsentrasi sianida antara 0,005 - 0,500 mg/L, pipetkan 5 mL sampel ke dalam tabung reaksi. Tambahkan reagen CN-3 dan aduk perlahan menggunakan vortex mixer. Setelah itu, tambahkan reagen CN-4 dan aduk hingga larutan larut sepenuhnya. Biarkan larutan tersebut diam selama sekitar 10 menit untuk pembentukan warna, lalu masukkan ke dalam kuvet dan baca hasilnya pada spektrometer dengan satuan (CN⁻).

Untuk sampel dengan konsentrasi sianida antara 0,002 hingga 0,100 mg/L, pipetkan 10 mL sampel ke dalam tabung reaksi. Tambahkan reagen CN-3 dan aduk perlahan menggunakan vortex mixer, kemudian tambahkan reagen CN-4 dan aduk hingga larutan larut sepenuhnya. Biarkan larutan tersebut diam selama sekitar 10 menit tanpa mendinginkannya dengan air dingin. Setelah 10 menit, masukkan larutan ke dalam kuvet dan baca hasilnya pada spektrometer dengan satuan (CN⁻).

Analisis klorin bebas

Analisis klorin bebas pipet 10 mL sampel ke dalam tabung reaksi. Tambahkan 1 sendok takar reagent Cl₂⁻¹ (ada di dalam tutup botol reagent Cl₂-1). Kocok dengan vortex sampai reagent larut seluruhnya. Diamkan larutan selama ± 1 menit untuk pembentukan warna. Setelah 1 menit masukkan larutan ke dalam kuvet (10, 20 atau 50 mm), dan baca pada spektrofotometer pada satuan (Cl₂). Kemudian nyalakan Spektrofotometer Pharo 300. Lakukan instrumen Self – Test. Tunggu sekitar 15 menit, hingga proses *warm-up* selesai, yang ditandai dengan hilangnya indikator progressbar di pojok kanan layar. Pilih Mode “Concentration”. Masukkan Cl₂ autoselector 100598 ke dalam *Shaft for Round Cell*. Instrumen siap digunakan.

Analisis Amonia

Pada analisis amonia, dilakukan persiapan larutan standar kerja dengan konsentrasi 100 mg/L dengan memipet 10 mL larutan standar 1000 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL. Kemudian, siapkan larutan standar kerja dengan konsentrasi 10 dan 5 mg/L dengan memipet masing-masing 10 mL dan 5 mL larutan standar kerja 100 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL. Selanjutnya, persiapkan larutan standar kerja dengan konsentrasi 1,0 dan 0,1 mg/L dengan memipet masing-masing 10 mL dan 1 mL larutan standar kerja 10 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL. Setelah itu, dilakukan kalibrasi alat ion selektif elektroda dengan cara menempatkan 50,0 mL masing-masing standar ke dalam gelas piala 100 mL. pH standar diatur dengan menambahkan 1 mL larutan ISA (NaOH/EDTA). Stir

bar dimasukkan ke dalam gelas piala, dan gelas piala ditempatkan di atas stirrer dengan pengadukan pada kecepatan sedang untuk menghindari terbentuknya vorteks. Elektroda dicelupkan tepat di atas stir bar yang berputar. Setelah proses kalibrasi selesai, dilakukan pengujian kinerja dengan membaca standar kerja 10 dan 100 mg/L pada modus mV. Slope dari kedua standar tersebut harus berada pada nilai 54-60 mV. Selanjutnya, sampel diuji dengan memipet 50 mL ke dalam gelas piala 100 mL. Stir bar ditambahkan, dan gelas piala ditempatkan di atas stirrer dengan pengadukan pada kecepatan sedang. Elektroda dicelupkan tepat di atas stir bar yang berputar. Selanjutnya, ditambahkan 1 mL larutan ISA (NaOH/EDTA). Pembacaan (dalam mode konsentrasi) dicatat sesegera mungkin setelah pembacaan stabil.

Analisis Sulfida

Untuk analisis sulfida dengan konsentrasi antara 0,050 - 1,50 mg/L. Sampel sebanyak 5 mL dipipet ke dalam tabung reaksi yang telah disiapkan. Kemudian, ditambahkan 1 tetes reagen S-1 dan diaduk menggunakan vortex mixer untuk memastikan campuran homogen. Setelah itu, 5 tetes reagen S-2 ditambahkan ke dalam campuran dan diaduk kembali dengan vortex mixer. Selanjutnya, 5 tetes reagen S-3 ditambahkan ke dalam larutan dan diaduk kembali. Larutan dibiarkan selama sekitar 1 menit untuk memungkinkan pembentukan warna. Setelah proses tersebut, larutan dimasukkan ke dalam kuvet dengan ukuran 10 atau 20 mm dan hasilnya dibaca pada spektrofotometer dengan satuan (S²⁻).

Untuk konsentrasi sulfida 0,020 - 0,500 mg/L, digunakan sampel sebanyak 10 mL. Sampel dipipet ke dalam tabung reaksi yang telah disiapkan. Kemudian, ditambahkan 2 tetes reagen S-1 dan diaduk menggunakan vortex mixer hingga larutan homogen. Setelah itu, 10 tetes reagen S-2 ditambahkan ke dalam campuran dan diaduk kembali dengan vortex mixer. Selanjutnya, 10 tetes reagen S-3 ditambahkan ke dalam larutan dan diaduk kembali hingga homogen. Larutan dibiarkan selama sekitar 1 menit untuk pembentukan warna. Setelah proses tersebut, larutan dimasukkan ke dalam kuvet dengan ukuran 50 mm dan hasilnya dibaca pada spektrofotometer dengan satuan (S²⁻).

Analisis Nitrit

Tambahkan 80 mL air deionisasi ke dalam labu ukur, lalu campurkan dengan mL asam fosfat (H₃PO₄) sebanyak 1 g dan sulfanilamida sebanyak 1 g. Setelah bahan larut sempurna, tambahkan 0,1g N-(1-naftil)-etilenediamin-di-hidroklorida. Campur hingga larut, lalu tambahkan air deionisasi hingga volume mencapai 100 mL. Reagen ini disarankan disimpan dalam botol gelap di dalam lemari pendingin. Selanjutnya, buat larutan standar induk 50 mg/L dengan memipet 5 mL larutan standar 1000 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL. Kemudian, siapkan larutan standar dengan konsentrasi 5 mg/L, 0,50 mg/L, dan 0,05 mg/L dengan melakukan pengenceran yang sesuai

dari larutan standar 50 mg/L menggunakan air deionisasi. Penting untuk menyegarkan larutan setiap hari sebelum penggunaan. Sebelum analisis dilakukan, lakukan pretreatment pada sampel dengan menyaringnya menggunakan kertas saring Whatman No. 42 atau *syringe filter* 0,45 nm. Sampel yang telah disaring kemudian ditampung dalam botol gelap. Selanjutnya, periksa pH sampel dengan menggunakan indikator universal. Jika pH sampel tidak berada dalam rentang 5 - 9, sesuaikan pH dengan menambahkan HCl 1 N.

Setelah sampel dipersiapkan, pipet masing-masing 50 mL sampel uji, standar kerja, dan blanko ke dalam beaker glass 100 mL. Tambahkan 2 mL reagen warna ke dalam masing-masing beaker glass, lalu kocok hingga larutan tercampur merata. Diamkan larutan selama ± 10 menit untuk pembentukan warna. Setelah proses inkubasi selesai, masukkan larutan ke dalam kuvet (10 mm) dan atur panjang gelombang spektrofotometer menjadi 543 nm. Kalibrasikan peralatan sesuai dengan prosedur yang ditentukan, menggunakan blanko standar dan larutan standar kerja yang telah disiapkan. Pastikan koefisien korelasi (R) dari kurva kalibrasi mencapai atau melebihi 0,995. Setelah kurva kalibrasi terbentuk, mulailah analisis sampel dengan membaca blanko standar dan larutan kendali mutu (QC).

Minyak dan Lemak

Untuk analisis parameter minyak dan lemak, dimulai dengan memindahkan contoh yang telah diasamkan ke dalam corong pisah. Kemudian, bilas botol sampel secara hati-hati dengan 30 mL n-Hexane, lalu masukkan bilasan ke dalam corong pisah. Lakukan pengocokan kuat selama 2 menit, dan biarkan lapisan larutan memisah. Selanjutnya, keluarkan lapisan air dan lapisan pelarut organik melalui corong pisah yang telah dilengkapi dengan kertas saring, dan tambahkan 10 g Na_2SO_4 anhidrat ke dalam labu destilasi yang telah ditimbang. Jika terdapat emulsi lebih dari 5 mL pada lapisan atas pelarut, tampung emulsi dan lapisan pelarut ke dalam tabung sentrifuge, kemudian sentrifuge selama 5 menit dengan kecepatan 2.400 rpm. Setelah proses sentrifugasi, pindahkan bahan yang telah disentrifuge ke dalam corong pisah, dan keringkan lapisan pelarut melalui corong dengan kertas saring dan 10 g Na_2SO_4 anhidrat ke dalam labu destilasi yang telah ditimbang. Gabungkan lapisan air, emulsi sisa, atau padatan dalam corong pisah. Lakukan ekstraksi sebanyak 2 kali lagi dengan menggunakan pelarut sebanyak 30 mL setiap kali ekstraksi, sambil mencuci wadah contoh uji dengan tiap bagian pelarut sebelumnya.

Gabungkan semua ekstrak dalam labu destilasi yang telah ditimbang, termasuk cucian terakhir dari saringan dan Na_2SO_4 anhidrat, dengan tambahan 10 mL sampai 20 mL pelarut. Lakukan destilasi pada ekstrak yang diperoleh untuk menguapkan semua pelarut yang ada pada suhu 85°C sampai tidak ada lagi pelarut yang terkondensasi. Selanjutnya, dinginkan labu destilasi dalam desikator,

timbang sampai diperoleh bobot konstan. Catat bobot yang diperoleh sebagai bobot akhir labu.

Total Coliform

Untuk analisis parameter total coliform, diawali dengan pembuatan media *lauryl tryptose broth* (LTB). Bahan-bahan yang digunakan untuk media tersebut mencakup *tryptose*, *lactose*, *dipotassium hydrogen phosphate* (K_2HPO_4), *potassium dihydrogen phosphate* (KH_2PO_4), *sodium chloride* (NaCl), dan *sodium lauryl sulfate*. Semua bahan tersebut ditambahkan ke dalam 1 L air destilasi, diaduk hingga homogen, dan dipanaskan hingga larut. Sebelum disterilisasi, media diambil sejumlah yang cukup dan dimasukkan ke dalam tabung fermentasi yang telah diisi dengan tabung kecil (tabung Durham) dengan volume media yang cukup menutupi setengah hingga dua pertiga tinggi tabung Durham. Tabung fermentasi ditutup dengan bahan logam atau plastik tahan panas, lalu media di-autoclave pada suhu 121°C selama 12-15 menit. Pastikan tabung Durham bebas dari gelembung udara, dan pastikan pH media setelah sterilisasi berada di sekitar $6,8 \pm 0,2$.

Selanjutnya dilakukan uji presumtif dengan menata tabung fermentasi dalam 5 atau 10 seri di rak tabung. Volume dan jumlah seri tabung tergantung pada kualitas dan karakter contoh air yang akan diuji. Untuk air minum, 100 mL harus diuji dengan lima seri - 20 mL, sepuluh seri - 10 mL, atau satu seri - 100 mL. Untuk air non-minum, gunakan lima tabung per pengenceran (dari 10, 1, 0,1 mL, dan lain-lain). Tahapan pengenceran mengikuti prosedur APHA 9215 B.2. Setelah pengenceran, kocok contoh yang telah diencerkan selama 5 detik atau 25 kali. Inokulasikan setiap tabung yang telah diisi media LTB dengan 1 mL contoh dari masing-masing pengenceran dalam 5 seri/ulangan dengan pengenceran yang meningkat. Vortex tabung yang telah diisi contoh uji dan media secara perlahan-lahan. Inkubasi tabung atau botol, kontrol media, dan blanko yang telah diinokulasi pada suhu $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Setelah 24 ± 2 jam, kocok secara perlahan setiap tabung atau botol dan periksa pertumbuhan, gas, dan reaksi asam (warna kuning). Jika tidak ada gas atau reaksi asam yang terbentuk dengan jelas, inkubasi dilanjutkan hingga 48 ± 3 jam. Catat hasil pertumbuhan, gas, dan produksi asam dari setiap tabung. Jika terdapat reaksi asam atau gas dalam tabung selama 48 ± 3 jam, uji presumtif menunjukkan hasil positif dan lanjutkan ke tahap uji konfirmasi/penegasan. Jika tidak terjadi reaksi asam atau gas dalam tabung selama waktu tersebut, uji presumtif menunjukkan hasil negatif. Untuk air minum yang menunjukkan hasil negatif, lanjutkan ke tahap uji konfirmasi/penegasan. Selanjutnya, dilanjutkan dengan uji penegasan dengan cara mengocok perlahan tabung atau botol yang menunjukkan reaksi positif. Pindahkan contoh dari uji presumtif yang menunjukkan reaksi positif ke dalam tabung uji penegasan yang telah berisi media EC broth. Inkubasi tabung yang telah diinokulasi pada media EC broth pada suhu $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ selama 24 ± 2 jam. Amati masing-masing

tabung untuk melihat adanya gas dan kekeruhan pada media. Jika terdapat gas dalam waktu 24 jam, menunjukkan kehadiran total bakteri golongan koli dalam contoh uji. Jumlah bakteri coliform pada tes penegasan dihitung berdasarkan metode MPN. Hasil jumlah bakteri golongan koli dapat dilihat pada tabel MPN (APHA 9221:IV).

Hasil

Tabel 2. Hasil analisis sampel IPAL

Original Sample ID	LIN JUNE 2023			Water Quality
Lab. Sample ID	Parameter	Unit	Test Method	LE23.02821 Limit
	pH (28.7 °C)	-	APHA 4500-H* B-2017	6,99 6,0-9,0
	Total zat padatan/total dissolved solid (TDS)	Mg/L	IK-LE-AA-23(TDS Meter)	422 4000
	Total zat padatan tersuspensi/total suspended solid (TSS)	Mg/L	APHA 2540 D-2017	15 400
	Sianida/cyanide (CN ⁻)	Mg/L	IK-LE-AA-32 (Spectrophotometry)	0,0037 0,5
	Klorin bebas/free chlorine (Cl ₂)	Mg/L	IK-LE-AA-31 (Spectrophotometry)	0,169 2
	Amoniak sebagai N/nitrite as N (NH ₃ N)	Mg/L	APHA 4500-NH ₃ F-2017	0,046 5
	Nitrit sebagai N/nitrite as N (NO ₂ N)	Mg/L	APHA 4500-NH ₂ B-2017	0,109 3
	Hidrogen Sulfida/hydrogen sulfide (H ₂ S)	Mg/L	IK-LE-AA-48 (Spectrophotometry)	<0,020 0,05
	Kebutuhan oksigen biologis/biological oxygen demand (BOD)	Mg/L	SNI 6989,72-2009	23,40 150
	Kebutuhan oksigen kimia/chemical oxygen demand (COD)	Mg/L	APHA 5220 B-2017	90,25 300
	Minyak dan lemak/oil and grease	Mg/L	APHA 5520 B-2017	1,3 20
	Total coliform	MPN/100 mL	APHA 9221 B-2017	>16000 ² 10000

Sumber: American Public Health Association (APHA), 2017; Standar Nasional Indonesia (SNI) 2009

Keterangan: APHA = American Public Health Association, SNI = Standar Nasional Indonesia.

pH

Nilai pH air adalah indikator yang menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaaan serta jumlah ion hidrogen yang terlarut dalam suatu larutan (Tantray, 2023); (Zeece, M. 2020). Tingkat asam atau basa dalam air memberikan pengaruh yang besar terhadap kehidupan biologis di dalamnya. Ideanya, pH air sebaiknya berada dalam rentang netral, yaitu sekitar 6 - 9, untuk menjamin keamanan lingkungan saat limbah domestik dibuang (Ren dkk., 2015),

Rentang pH ini menandakan kondisi air netral yang aman untuk lingkungan jika limbah domestiknya dibuang ke sungai. Perubahan nilai pH dari rentang yang ditetapkan dapat berdampak terhadap toksisitas senyawa kimia, proses biokimiawi dalam air, dan proses metabolisme organisme air. Oleh karena itu, pengukuran dan pemantauan pH diperlukan untuk pengelolaan kualitas air, terutama dalam proses pengolahan limbah untuk memperbaiki kualitas air sebelum pembuangan.

Analisis pH pada sampel IPAL PT Geoservices menunjukkan nilai sebesar 6,99 pada suhu 28,7 °C, dengan metode uji yang digunakan adalah APHA 4500-H* B-2017. Nilai ini berada dalam rentang yang sesuai dengan standar kualitas air limbah domestik yang ditetapkan, yaitu antara 6,0 hingga 9,0. Rentang nilai pH yang disyaratkan (6,0-9,0) merupakan standar yang ditetapkan untuk keamanan

Analisis telah dilakukan terhadap instalasi pengolahan air limbah (IPAL) PT Geoservices Balikpapan. Hasil uji melibatkan parameter kimia dan biologi untuk mengevaluasi kualitas air limbah domestik dari perkantoran. Dalam analisis ini, terdapat total 12 parameter yaitu pH, Total Dissolved Solid (TDS), Total Suspended Solids (TSS), Sianida, Klorin Bebas, Amoniak, Nitrit, Hidrogen Sulfida, Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Minyak dan Lemak, serta Total Coliform.

lingkungan jika limbah domestik dibuang. Nilai pH yang netral atau berada dalam rentang yang ditetapkan menunjukkan bahwa limbah yang diolah oleh IPAL PT Geoservices memiliki karakteristik yang sesuai dengan standar yang ditetapkan dan aman untuk dibuang ke lingkungan.

TDS (Total Dissolved Solid)

Analisis TDS (Total Dissolved Solid) pada sampel IPAL PT Geoservices menunjukkan nilai sebesar 422 mg/L, masih berada di bawah ambang batas kualitas air limbah yang ditetapkan sebesar 4000 mg/L. Proses pengukuran TDS dilakukan menggunakan metode IK-LE-AA-23. TDS merupakan parameter yang mengukur jumlah total zat padatan yang terlarut dalam air, yang umumnya terdiri dari bahan-bahan anorganik berupa ion-ion yang ditemukan di perairan (Raj dkk., 2023).

Penyebab utama terbentuk TDS adalah bahan-bahan anorganik yang umumnya terlarut dalam air, seperti garam-garam anorganik, mineral-mineral, dan senyawa-senyawa kimia lainnya. Sumber TDS meliputi air limbah rumah tangga, limpasan air pertanian, aliran air tanah, serta pencemaran air dari pabrik dan pengolahan limbah industri (Valipour dkk., 2010). Konsentrasi TDS yang tinggi dapat menjadi indikasi adanya pencemaran dalam air. Peningkatan konsentrasi TDS dapat mengakibatkan perubahan dalam kualitas

air, seperti peningkatan konduktivitas, penurunan tingkat oksigen terlarut, dan perubahan keseimbangan kimia dalam ekosistem air (Sugiarti dkk., 2023)

Nilai TDS yang diperoleh dari analisis sampel IPAL PT Geoservices (422 mg/L) masih jauh di bawah ambang batas kualitas air limbah yang ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengolahan limbah yang dilakukan oleh IPAL tersebut efektif dalam mengurangi konsentrasi TDS dalam air limbah, sehingga limbah yang dihasilkan sesuai dengan standar yang berlaku.

TSS (Total Suspended Solids)

Parameter *Total Suspended Solids* (TSS) mengukur jumlah total zat padatan yang ada di dalam air, yang meliputi partikel-partikel padatan seperti lumpur, tanah, organisme mikroskopis, dan bahan organik lainnya yang tersuspensi dalam air (Adjovu dkk., 2023).

Hasil analisis TSS pada sampel IPAL PT Geoservices menunjukkan nilai sebesar 15 mg/L. Nilai ini di bawah batas kualitas air limbah yang ditetapkan, yaitu 400 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa kadar zat padatan tersuspensi dalam air limbah yang dihasilkan oleh IPAL tersebut berada dalam batas yang aman dan memenuhi standar yang ditetapkan. Proses pengukuran TSS dilakukan menggunakan metode APHA 2540 D-2017.

Adanya konsentrasi TSS yang rendah dalam air limbah yang dihasilkan oleh IPAL menunjukkan bahwa proses pengolahan limbah yang dilakukan telah efektif dalam mengendalikan partikel-partikel padatan yang tersuspensi dalam air.

Sianida

Sianida (CN⁻) adalah senyawa kimia beracun yang berbahaya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Senyawa ini umumnya ditemukan dalam limbah industri, seperti industri pertambangan, pabrik kertas, dan pabrik kimia (Malmir dkk., 2022).

Hasil analisis konsentrasi sianida dalam sampel IPAL PT Geoservices menunjukkan nilai sebesar 0.0037 mg/L. Nilai ini di bawah batas kualitas air limbah yang ditetapkan, yaitu 0.5 mg/L. Hal ini mengindikasikan bahwa kadar sianida dalam air limbah yang dihasilkan oleh IPAL tersebut berada dalam batas yang aman dan memenuhi standar yang ditetapkan. Proses pengukuran konsentrasi sianida dilakukan menggunakan metode IK-LE-AA-32 (Spectrophotometry).

Penurunan konsentrasi sianida dalam air limbah diperlukan karena sianida dapat mengakibatkan keracunan pada organisme hidup, termasuk manusia. Sianida dapat meracuni sistem saraf dan pernapasan, serta memiliki dampak yang merugikan terhadap lingkungan perairan, terutama bagi organisme akuatik seperti ikan dan plankton (Luque-Almagro dkk., 2018).

Klorin bebas (free chlorine)

Klorin bebas atau *free chlorine* (Cl₂) adalah salah satu indikator untuk mengevaluasi kualitas air limbah. Klorin bebas berfungsi untuk menjaga kebersihan air dengan membunuh mikroorganisme berbahaya. Kadar klorin bebas yang terlalu tinggi dapat menjadi masalah bagi lingkungan perairan (Zubiarrain-Laserna dkk., 2022).

Hasil analisis klorin bebas pada sampel IPAL PT Geoservices menunjukkan nilai yang relatif rendah, yaitu 0,169 mg/L. Angka ini berada jauh di bawah batas kualitas air limbah yang telah ditetapkan sebesar 2 mg/L. Penurunan nilai klorin bebas ini menunjukkan bahwa proses pengolahan limbah yang dilakukan telah berhasil mengurangi konsentrasi klorin bebas hingga tingkat yang sesuai dengan standar yang ditetapkan. Metode analisis yang digunakan, yaitu IK-LE-AA-31 (Spectrophotometry).

Amonia (NH₃-N)

Hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi amonia sebagai N dalam sampel IPAL adalah 0,046 Mg/L, di bawah batas kualitas air limbah yang ditetapkan sebesar 5 Mg/L.

Amonia merupakan senyawa nitrogen yang sering ditemukan dalam limbah domestik dan industri. Biasanya, amoniak dihasilkan dari proses dekomposisi bahan organik yang mengandung nitrogen, seperti urin, pupuk, dan sisa makanan (Chanchaldas, 2022). Adanya amoniak dalam limbah dapat menjadi indikator mengenai kondisi lingkungan air. Peningkatan konsentrasi amoniak dapat mengindikasikan adanya pencemaran organik, sementara penurunan konsentrasi amoniak dapat menunjukkan adanya proses penguraian biologis (Liu dan Jian, 2023).

Amoniak dapat memiliki dampak negatif pada lingkungan jika konsentrasinya melebihi ambang batas yang ditetapkan. Amoniak dalam kadar tinggi dapat menyebabkan toksisitas pada organisme akuatik, mengganggu keseimbangan ekosistem air, dan mempengaruhi kualitas air minum. Oleh karena itu, pemantauan dan pengendalian konsentrasi amoniak dalam air limbah diperlukan untuk menjaga lingkungan dan ekosistem perairan.

Nitrit (NO₂-N)

Nitrit (NO₂-N) merupakan salah satu parameter yang dianalisis untuk kualitas air limbah karena dapat memberikan gambaran tentang tingkat pencemaran dan potensi bahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Senyawa kimia yang terdiri dari nitrogen dan oksigen, dalam analisis kualitas air, kadar nitrit sering diukur dalam bentuk nitrogen (N) untuk menunjukkan konsentrasi relatifnya. Metode yang digunakan untuk mengukur nitrit sebagai N adalah metode standar APHA 4500-NH₂ B-2017.

Hasil analisis sampel IPAL menunjukkan konsentrasi nitrit sebagai N sebesar 0,109 Mg/L.

Standar kualitas air menetapkan batas konsentrasi nitrit yang aman untuk lingkungan. Batas kualitas air untuk nitrit adalah 3 Mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi nitrit dalam sampel limbah tersebut masih berada di bawah batas kualitas air yang ditetapkan. Meskipun konsentrasi nitrit dalam sampel limbah IPAL berada di bawah batas yang ditetapkan, tetap dilakukan memantau konsentrasi nitrit secara teratur. Konsentrasi nitrit yang tinggi dalam air dapat menyebabkan berbagai masalah lingkungan, seperti eutrofikasi dan keracunan nitrogen bagi organisme akuatik. Selain itu, nitrit yang terkandung dalam air minum dapat menyebabkan keracunan akut pada manusia (Balejšiková dkk., 2020).

Hidrogen Sulfida (H_2S)

Konsentrasi H_2S dalam air limbah merupakan tingkat keasaman dan tingkat pencemaran yang mungkin terjadi di lingkungan sekitarnya (Mudragaddam dkk., 2014). Metode standar yang digunakan untuk mengukur konsentrasi H_2S adalah metode IK-LE-AA-48 (Spectrophotometry).

Hasil analisis terhadap sampel air limbah dari IPAL menunjukkan konsentrasi H_2S kurang dari 0,020 Mg/L, konsentrasi ini di bawah batas kualitas air yang ditetapkan, yaitu 0,05 Mg/L. Meskipun konsentrasi H_2S dalam sampel limbah masih dalam batas yang aman, tetap diperlukan pemantauan konsentrasi H_2S secara rutin. Kadar H_2S yang tinggi dalam air limbah dapat menyebabkan bau yang tidak sedap dan beracun bagi organisme hidup di perairan. Selain itu, H_2S juga dapat bereaksi dengan logam dan menyebabkan korosi pada infrastruktur pengolahan air dan pipa saluran (Sherief dan Hassan, 2022).

Biological Oxygen Demand (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah parameter yang mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh organisme aerobik untuk menguraikan materi organik yang terlarut dalam air dalam jangka waktu tertentu, biasanya dalam periode lima hari pada suhu 20°C. BOD merupakan indikator untuk mengukur tingkat pencemaran organik dalam air.

Hasil analisis sampel IPAL diperoleh nilai BOD sebesar 23,40 mg/L, yang menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh organisme aerobik dalam proses dekomposisi materi organik dalam air limbah. Batas kualitas air untuk BOD berdasarkan SNI 6989,72-2009 ditetapkan sekitar 150 mg/L. Nilai BOD yang diperoleh masih berada di bawah batas kualitas air yang ditetapkan.

Peningkatan nilai BOD dalam air limbah dapat menyebabkan penurunan oksigen di perairan, yang dapat mengakibatkan kematian organisme aerobik seperti ikan dan makhluk air lainnya. Hal ini disebabkan oleh aktivitas metabolisme organisme tersebut yang membutuhkan oksigen untuk bertahan hidup. Kenaikan BOD juga dapat mengindikasikan adanya peningkatan bahan organik terlarut dalam air,

yang dapat berasal dari limbah domestik, industri, pertanian, atau sumber lainnya (Maddah, 2022).

(COD)

Kebutuhan Oksigen Kimia (COD) adalah parameter yang digunakan untuk mengukur jumlah oksigen yang diperlukan untuk menguraikan senyawa organik dan anorganik dalam air menggunakan reaksi kimia. Hasil analisis Kebutuhan Oksigen Kimia (COD) pada sampel IPAL PT Geoservices menunjukkan nilai sebesar 90,25 mg/L, yang masih berada di bawah batas kualitas air dengan nilai maksimal sebesar 300 mg/L.

Nilai COD yang tinggi dalam air limbah menunjukkan adanya kandungan senyawa organik yang cukup besar. Senyawa organik bisa berasal dari berbagai sumber, seperti limbah industri, domestik, dan pertanian. Proses penguraian senyawa organik membutuhkan konsumsi oksigen dalam jumlah yang besar, yang dapat mengakibatkan penurunan kadar oksigen terlarut dalam air (Siwec dkk., 2018).

Efek dari peningkatan nilai COD dalam air limbah dapat menyebabkan berbagai dampak negatif bagi lingkungan perairan. Salah satunya adalah penurunan kadar oksigen terlarut di perairan, yang dapat mengganggu kehidupan organisme akuatik (Luo dkk., 2019). Pengelolaan limbah diperlukan untuk mengendalikan nilai COD dalam air limbah. Metode pengolahan seperti pengolahan aerobik dan anaerobik, penggunaan bakteri pengurai, dan proses oksidasi kimia dapat digunakan untuk mengurangi nilai COD dalam air limbah (Phan dkk., 2023).

Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak (*Oil and Grease*) adalah parameter yang digunakan untuk mengukur jumlah minyak, lemak, dan bahan-bahan berminyak lainnya yang terlarut atau tersebar dalam air. Hasil analisis Minyak dan Lemak pada sampel IPAL PT Geoservices menunjukkan nilai sebesar 1,3 mg/L, di bawah batas kualitas air dengan nilai maksimal sebesar 20 mg/L.

Minyak dan lemak dalam air limbah dapat berasal dari berbagai sumber, seperti proses industri, limbah domestik, serta aktivitas transportasi dan pertanian. Kontaminasi oleh minyak dan lemak dapat terjadi melalui tumpahan minyak, pembuangan limbah dari industri, dan penggunaan bahan bakar kendaraan bermotor.

Peningkatan konsentrasi minyak dan lemak dalam air limbah dapat mengakibatkan berbagai masalah lingkungan. Salah satunya adalah pencemaran yang dapat mempengaruhi estetika lingkungan perairan dan ekosistemnya. Selain itu, minyak dan lemak dapat membentuk lapisan tipis di permukaan air yang menghambat pertukaran gas dan cahaya matahari, yang berdampak negatif pada proses fotosintesis tumbuhan air dan pertumbuhan organisme akuatik (Headrick dkk., 2023).

Total Coliform

Hasil analisis Total Coliform pada sampel IPAL PT Geoservices menunjukkan adanya jumlah bakteri Total Coliform yang sangat tinggi, yakni lebih dari 16000 *Most Probable Number* (MPN) per 100 mililiter (mL) sampel air limbah. Angka tersebut menunjukkan tingkat kontaminasi yang tinggi dalam sampel. Batas kualitas air yang telah ditetapkan untuk Total Coliform berada pada level yang lebih rendah, yaitu tidak melebihi 10000 MPN/100 mL. Hal ini menunjukkan bahwa hasil analisis sampel IPAL melebihi batas yang ditetapkan oleh standar kualitas air yang berlaku.

Kelebihan jumlah Total Coliform di dalam air limbah mengindikasikan adanya pencemaran organik atau kotoran manusia atau hewan yang masuk ke dalam sistem pengolahan limbah. Hal ini dapat terjadi karena berbagai faktor, seperti penggunaan sistem sanitasi yang tidak memadai, kebocoran saluran pembuangan, atau masalah dalam proses pengolahan limbah. Nilai yang tinggi dari Total Coliform dalam sampel IPAL menunjukkan adanya potensi dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan sekitarnya. Hal ini menunjukkan perlunya mengidentifikasi dan menangani sumber pencemaran serta meningkatkan efektivitas sistem pengolahan limbah.

Kesimpulan

Berdasarkan evaluasi terhadap efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), dari hasil analisis parameter kualitas air limbah yang dilakukan pada sampel IPAL PT Geoservices, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar parameter telah memenuhi kualitas air limbah yang ditetapkan. Dari hasil evaluasi ditemukan parameter Total Coliform pada sampel IPAL melebihi batas standar kualitas air limbah yang ditetapkan, dengan nilai lebih dari 16000 MPN/100 mL. Hal ini menunjukkan adanya kontaminasi bakteri koliform dalam air limbah yang dihasilkan dan potensi pencemaran lingkungan yang perlu ditindaklanjuti. Sedangkan, parameter lainnya seperti *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) memenuhi standar yang ditetapkan, menunjukkan bahwa proses pengolahan limbah telah berhasil mengurangi beban organik dan kimia dalam air limbah.

Untuk memperbaiki kondisi ini, disarankan agar PT Geoservices mempertimbangkan penggunaan teknologi BioWaste dalam sistem pengelolaan air limbahnya. Teknologi BioWaste dapat membantu mengurangi kontaminasi bakteri coliform dan meningkatkan efisiensi proses pengolahan limbah. Selain itu, perlu dilakukan pemantauan dan evaluasi secara berkala terhadap kinerja IPAL PT Geoservices untuk memastikan bahwa standar kualitas air limbah terus terpenuhi.

Ucapan Terima Kasih

Kami ingin mengucapkan terima kasih kepada tim pengelola PT Geoservices Balikpapan atas kerjasamanya dan kesediaannya untuk menyediakan data

dan informasi yang diperlukan. Terima kasih juga kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam proses penelitian ini, dan kami berharap hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat yang baik bagi semua pihak.

Daftar Pustaka

- Adjovu, G E., Stephen, H., James, D., Ahmad, S. (2023). Measurement of Total Dissolved Solids and Total Suspended Solids in Water Systems: A Review of the Issues, Conventional, and Remote Sensing Techniques. *Remote Sens.* 2023, 15(14), 3534; <https://doi.org/10.3390/rs15143534>.
- Allami, D M., Sorour, M T., Moustafa, M., Elreedy, A., Fayed, M. (2023). Life Cycle Assessment of a Domestic Wastewater Treatment Plant Simulated with Alternative Operational Designs. *Sustainability*, doi: 10.3390/su15119033.
- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF). (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23rd Edition. Washington D.C: American Public Health Association.
- Balejíčková, L., Tall, A., Kandra, B., Pavelková, D. (2020). Relationship of Nitrates and Nitrites in The Water Environment with Humans and Their Activity. *Acta Hydrologica Slovaca*. Volume 21, No. 1, 2020, 74 – 81.
- Chanchaldas, P J. (2022). Ammonia Manufacturing Plant using the SPSS Method. *REST Journal on Data Analytics and Artificial Intelligence*. Vol: 1(4), DOI: <https://doi.org/10.46632/jdaai/1/4/5>.
- Chen, X., Wang, Y., Bai, Z., Ma, L., Strokal, M., Kroeze, C., Chen, X., Zhang, R., Shi, X. (2022). Mitigating phosphorus pollution from detergents in the surface waters of China. *Science of The Total Environment*. 804, 150125. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.150125.
- Glushchenko, E., Vialkova, E., Sidorenko, O., & Fugaeva, A. (2020). Pengolahan air limbah fisik-kimia dalam kondisi Arktik. *Web Konferensi E3S*. 157, 02014. DOI:10.1051/e3sconf/2020157020141315/1201/1/012045.
- Godson, Ebenezer, Adjovu., Haroon, Stephen., David, James., Sajjad, Ahmad. (2023). Measurement of Total Dissolved Solids and Total Suspended Solids in Water Systems: A Review of the Issues, Conventional, and Remote Sensing Techniques. *Remote sensing*, doi: 10.3390/rs15143534.

- Headrick, E L., Nigro, L M., Waidner, L A., Ederington-Hagy, M., Simmering, A L., Snyder, R A., Jeffrey, W H. (2023). Acute inhibition of bacterial growth in coastal seawater amended with crude oils with varied photoreactivities. *Frontiers in Ecology and Evolution*. Doi: 10.3389/fevo.2023.1113899.
- Luo, Q., Wang, J., Wang, J H., Shen, Y., Yan, P., Chen, Y P., Zhang, C C. (2019). Fate and Occurrence of Pharmaceutically Active Organic Compounds during Typical Pharmaceutical Wastewater Treatment. *Journal of Chemistry*. Volume 2019, Article ID 2674852, 12 pages. <https://doi.org/10.1155/2019/2674852>.
- Liu, H., dan Jian, H. (2023). ANN-based prediction of ammonia nitrogen for wastewater discharge indicators under carbon neutral trend. *Frontiers in Ecology and Evolution*. Vol. 11:1199870, doi: 10.3389/fevo.2023.1199870 doi: 10.3389/fevo.2023.1199870.
- Luque-Almagro, V M., Cabello, P., Sáez, L, P., Olaya-Abril, A., Moreno-Vivián, C., Roldán, M D. (2018). Exploring anaerobic environments for cyanide and cyano-derivatives microbial degradation. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 102:1067–1074, <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8678-6>.
- Maddah, H A. (2022). Predicting Optimum Dilution Factors for BOD Sampling and Desired Dissolved Oxygen for Controlling Organic Contamination in Various Wastewaters. *International Journal of Chemical Engineering*. Volume 2022, Article ID 8637064, 14 pages. <https://doi.org/10.1155/2022/8637064>.
- Malmir, N., Fard, NA., Aminzadeh, S., Moghaddassi-Jahromi, Z., Mekuto, L. (2022). An Overview of Emerging Cyanide Bioremediation Methods. *Processes*, 10, 1724. <https://doi.org/10.3390/pr10091724>.
- Mandal, G C., Mandal, A., Chakraborty, A. (2023). The toxic effect of lead on human health. *Human biology and public health*. Vol. 3, pp. 1–11 doi: 10.52905/hbph 2022.3.45.
- Mažeikienė, A.; Šarko, J. (2023). Additional Treatment of Nitrogen and Phosphorus Using Natural Materials in Small-Scale Domestic Wastewater Treatment Unit. *Water*. 15, 2607. <https://doi.org/10.3390/w15142607>.
- Mudragaddam, M., Kura, B., Lyer, A., Ajdari, E. (2014). Prediction of CO₂ and H₂S Emissions from Wastewater Wet Wells. *Journal of Geoscience and Environment Protection*. Vol 2, 134-142.
- Pandey, A K., Kasuga, I., Furumai, H., Futoshi, K. (2023). Concurrent Analysis of 84 Compounds among Emerging Contaminants Listed by the Ministry of the Environment, Japan, in Domestic Wastewater Treatment Plants Using Liquid Chromatography and High-resolution Mass Spectrometry (LC-HRMS). *Journal of Water and Environment Technology*. Vol. 21(2):108-118. doi: 10.2965/jwet.22-076.
- Paniklan, V K S., Ardiansyah, S D., Prayitno P., Kusuma, R M. (2021). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Dippsdmigas Cepu.
- Phan, H N Q., Leu, J H., Nguyen, V N D. (2023). The Combination of Anaerobic Digestion and Electro-Oxidation for Efficient COD Removal in Beverage Wastewater: Investigation of Electrolytic Cells. *Sustainability*. Vol 15, 5551. <https://doi.org/10.3390/su15065551>.
- Raj, A., Gupta, A., Gupta, N., Bhagyawant, S S. (2023). Effect of Water TDS, on the Growth of Plant (*Phaseolus vulgaris*). *International Journal of Plant and Soil Science*, Volume 35, Issue 12, Page 131-136, Article no.IJPSS.94423 doi: 10.9734/ijpss/2023/v35i122977.
- Ren, L., Jeppesen, E., He, D., Wang, J., Liboriussen, L., Xing, P., & Wu, Q. L. (2015). pH Influences the Importance of Niche-Related and Neutral Processes in Lacustrine Bacterioplankton Assembly. *Applied and Environmental Microbiology*, 81(9), 3104–3114. doi:10.1128/aem.04042-14.
- Sherief, M., Hassan, A A. (2022). The Impact of Wastewater Quality and Flow Characteristics on H₂S Emissions Generation: Statistical Correlations and an Artificial Neural Network Model. *Water*. Vol 14, 791. <https://doi.org/10.3390/w14050791>.
- Siwiec, T., Reczek, L., Michel, M M., Gut, B., Hawer-Strojek, P., Czajkowska, J., Józwiakowski, K., Gajewska, M., Bugajski, P. (2018). Correlations between organic pollution indicators in municipal wastewater. *Archives of Environmental Protection*. Vol. 44 no. 4 pp. 50–57.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). (2009). Air dan Air Limbah. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Sugiarti, D Rohaningsih, S Aisyah. (2023). Study of Total Dissolved Solids (TDS) and Total Suspended Solids (TSS) in Estuaries in Banten Bay Indonesia. *6th International Symposium on Green Technology for Value Chains 2022*. IOP Publishing 1201, 012045, doi:10.1088/1755-

- Tantray, J A., Mansoor, S., Wani, R F C., Nissa, N. (2023). Chapter: pH meter. *Chapter book: Basic Life Science Methods* (pp.9-10) doi: 10.1016/b978-0-443-19174-9.00003-9.
- Valipour, A., Raman, V K., Motallebi, P. (2010). Application of Shallow Pond System using Water Hyacinth for Domestic Wastewater Treatment in The Presence of High Total Dissolved Solids (TDS) and Heavy Metal Salts. *Environmental Engineering and Management Journal*. Vol.9, No. 6, 853-860.
- Zeece, M. (2020). Chemical properties of water and pH. *Introduction to the Chemistry of Food*, 1–36. doi:10.1016/b978-0-12-809434-1.00001-3.
- Zubiarrain-Laserna, A., Angizi, S., Akbar, M A., Divigalpitiya, R., Selvaganapathy, P R., Kruse, P. (2022). Detection of free chlorine in water using graphenelike carbon based chemiresistive sensors. *RSC Adv.*, 12, 2485–2496.