KARAKTERISTIK LOGAM BERAT PADA LIMBAH CAIR RSD IDAMAN KOTA BANJARBARU

CHARACTERISTICS OF HEAVY METALS IN RSD IDAMAN BANJARBARU CITY WASTEWATER

Hesti Sasmila Wardani[1], Eko Suhartono[2] dan Isnasyauqiah[3]

[1]Prog.Magister Kesehatan Masyarakat, Fak.Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, 70714, Indonesia

[2]Fak.Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, 70714, Indonesia

[3]Fak. Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, 70714, Indonesia

E-mail: hestisasmilawardani@gmail.com

ABSTRAK

Limbah cair rumah sakit memiliki karakteristik unik yang berbeda dengan limbah cair domestik biasa. Obat-obatan dan zat toksik lainnya menyebabkan adanya kandungan logam berat pada limbah cair. Tujuan dari studi ini adalah mengidentifikasi karakteristik dan kualitas logam berat pada limbah cair pada rumah sakit di Kota Banjarbaru serta mengevaluasi kepatuhan konsentrasi logam berat dalam limbah cair terhadap standar baku mutu yang berlaku. Penelitian ini menyelidiki 9 parameter logam berat pada limbah cair rumah sakit. Pengujian ini dilakukan sejak Januari 2023 sampai Desember 2023. Konsentrasi rata-rata As, Fe, Cd, Mn, Zn, Pb, Cu, Co, dan Ni pada inlet berturut-turut 0,0037, 0,3557, 0,0034, 0,0331, 0,0272, 0,0035, 0,0323, 0,004, 0,0064 mg/L; pada outlet 0,0037, 0,199, 0,0034, 0,0361, 0,0194, 0,0030, 0,0324, 0,004, 0,0064 mg/L Hasil penelitian menyimpulkan konsentrasi pada inlet dan outlet masih berada dibawah standar baku mutu yang ditetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014. Ada tren peningkatan dan penurunan konsentrasi pada bulan-bulan tertentu. Cd, Cu, Pb, Co dan Ni memiliki tren penurunan konsentrasi pada bulan Januari sampai Agustus, dan meningkat pada bulan September sampai Desember. Konsentrasi Mn dan Zn menunjukkan tren penurunan dari Januari hingga April, kemudian meningkat pada Mei hingga Desember. Sebaliknya konsentrasi As menunjukkan tren peningkatan dari Januari hingga Agustus, kemudian menurun pada September hingga Desember. Sedangkan Fe tidak ada tren yang jelas.

Kata kunci: logam berat, limbah cair, IPAL, rumah sakit

ABSTRACT

Hospital wastewater has unique characteristics that are different from ordinary domestic wastewater. The content of pharmaceuticals and other toxic compounds results in effluent containing heavy metals. This resesarch objectives to identify the characteristics and quality of heavy metals in sewage effluent at RSD Idaman Banjarbaru City and assess the wastewater effluent's heavy metal content compliance. with applicable quality standards. This study investigated nine parameters of heavy metals in hospital sewage. The tests were conducted from January 2023 to December 2023. The average concentrations of As, Fe, Cd, Mn, Zn, Pb, Cu, Co, and Ni at the inlet were 0.0037, 0.3557, 0.0034, 0.0331, 0.0272, 0.0035, 0.0323, 0.004, 0.0064 mg/L, respectively; at the outlet 0.0037, 0.199, 0.0034, 0.0361, 0.0194, 0.0030, 0.0324, 0.004, 0.0064 mg/L The results concluded that the concentrations at the inlet and outlet were still below the quality criteria set by the Environment Minister Regulation Number 5 of 2014. There is a trend of rising and declining concentrations in certain months. Cd, Cu, Pb, Co and Ni concentrations had a declining pattern from January to August, and rised from September to December. Mn and Zn concentrations showed a declining pattern from January to April, then rised from May to December. In contrast, As concentration showed an rising pattern from January to August, then decline from September to December. Fe, on the other hand, showed no clear trend.

Keywords: heavy metal, wastewater, WWTP, hospital

1. PENDAHULUAN

Menurunnya kualitas lingkungan, seperti air, udara, tanah, serta infrastruktur fisik, menjadi petunjuk adanya masalah dalam kesehatan lingkungan. Salah satu isu yang menjadi indikator masalah tersebut adalah keberadaan limbah cair rumah sakit yang mengandung logam berat. Logam berat seperti merkuri (Hg), kadmium (Cd), timbal (Pb), dan kromium (Cr) dapat ditemukan dalam berbagai produk kesehatan seperti baterai, peralatan bedah, termometer, dan beberapa jenis obat-obatan. Ketika limbah cair ini tidak dikelola secara efektif, dapat menimbulkan dampak serius terhadap kesehatan manusia dan ekosistem (Das et al., 2023; Jadaa & Mohammed, 2023).

Pengelolaan air limbah yang tidak standar berpotensi untuk mengurangi kualitas ekosistem perairan dan kesehatan masyarakat secara keseluruhan. Logam berat seperti Hg, Cd, Cr, dan Pb memiliki sifat yang sulit untuk diuraikan dan cenderung bertahan lama di lingkungan, sehingga dapat terakumulasi dalam organisme hidup. Akumulasi logam berat tidak hanya pada media air atau badan air, tetapi juga pada media tanaman yang disiram dengan air limbah keluaran IPAL rumah sakit yang telah diolah. Penelitian di Aceh yang menggunakan air limbah hasil olahan IPAL rumah sakit sebagai media air penyiram tanaman papaya menunjukkan akumulasi logam berat merkuri, kadmium, dan timbal pada buah dan daun papaya (Suhendrayatna dkk., 2022).

Mengelola limbah cair rumah sakit merupakan tantangan besar dalam pengelolaan limbah cair adalah kandungannya yang kompleks dan potensi besar mengandung zat berbahaya bagi kesehatan dan

lingkungan. Paparan logam berat secara akut maupun kronis dari limbah cair rumah sakit dapat menyebabkan kerusakan pada organ tubuh, seperti kerusakan pada sistem saraf, ginjal, dan sistem kardiovaskular dan hambatan pertumbuhan serta perkembangan (Balali-Mood dkk., 2021; Mishra dkk., 2019). Situasi ini dapat mengancam status kesehatan pada masyarakat yang tinggal di sekitar rumah sakit atau yang tergantung pada air dan sumber daya alam yang tercemar.

Meskipun terdapat dalam jumlah kecil, logam berat dianggap komponen beracun dan berbahaya dalam air limbah rumah sakit. Merkuri dan barium terdeteksi dalam air limbah rumah sakit karena penggunaannya sebagai agen diuretik dalam pengobatan, agen diagnostik dan desinfektan (Parida dkk., 2022). Penelitian di rumah sakit Jakarta Timur Indonesia yang meneliti 14 parameter logam berat (kromium, kadmium, merkuri, timbal, arsen, selenium, nikel, kobalt, besi, mangan, barium, tembaga, seng) dalam air limbah rumah sakit di Jakarta Timur menunjukkan keberadaan logam berat dalam jumlah kecil (Sakina dkk., 2023). Penelitian lain di Rumah sakit Nuackchott Friendship Mauritania mengukur keberadaan 6 parameter logam berat (arsen, timbal, kobalt, kromium, kadmium dan tembaga) pada air limbah rumah sakit menunjukkan bahwa sampel air limbah dari Rumah Sakit Nouakchott Friendship sangat sarat dengan polutan (Ammar dkk., 2022). Hal ini dapat menjadi ancaman bagi lingkungan dan potensi risiko kesehatan bagi manusia, karena keberadaan terus menerus dari logam berat ini ke dalam media air dapat berbahaya melalui bioakumulasi dan biomagnifikasi.

Dibandingkan dengan air limbah perkotaan, air limbah rumah sakit terdiri atas berbagai zat toksik atau persisten seperti obat-obatan, radionuklida, pelarut, dan disinfektan untuk keperluan medis dalam berbagai konsentrasi. Keberadaan logam berat dalam limbah rumah sakit berhubungan dengan adanya zat kontras beryodium yang digunakan untuk radiografi, obat-obatan tertentu dan metabolitnya itu mungkin mengandung unsur organohalogen, penggunaan disinfektan, deterjen, dan pelarut terklorinasi, serta zat lain dari laboratorium (Deguenon dkk., 2022; Pariente dkk., 2022). Konsentrasi mikropolutan (misalnya, antibiotik, analgesik, logam berat) dalam limbah cair rumah sakit antara 4 hingga 150 kali lebih tinggi daripada dalam air limbah perkotaan (Verlicchi dkk., 2010).

Di Indonesia hanya 36% rumah sakit yang memiliki sarana instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dan 64% dari rumah sakit yang memiliki IPAL membuang effluentnya ke badan air atau sumur resapan. Sebagian besar IPAL rumah sakit di Indonesia menggunakan kombinasi proses biologis dan klorinasi. Rendahnya kualitas air limbah khususnya akibat polutan berbahaya seperti Pb dan phenol disebabkan tidak optimalnya proses biologis dan klorinasi (Al Aukidy dkk., 2018).

Upaya penanganan air limbah harus dilakukan untuk mengurangi risiko gangguan kesehatan dan lingkungan hidup yang disebabkan oleh air limbah rumah sakit. IPAL memainkan peran penting dalam pengolahan air limbah rumah sakit. Tujuan IPAL adalah mengubah air limbah menjadi air yang aman untuk dilepaskan kembali ke lingkungan. Untuk memastikan bahwa air yang dibuang memenuhi standar kualitas yang ditetapkan, perlu dilakukan evaluasi kinerja IPAL untuk memantau kualitas air hasil pengolahan. Pemerintah Indonesia telah menetapkan standar kualitas air limbah untuk berbagai industri, termasuk fasilitas pelayanan kesehatan. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 menetapkan standar kualitas air limbah yang mengandung bahan beracun dan berbahaya.

Manajemen air limbah rumah sakit menjadi krusial guna memastikan bahwa hasil akhirnya memenuhi standar kualitas dan menjaga keamanan serta kesehatan lingkungan di sekitar fasilitas rumah sakit serta

komunitas sekitarnya. Pengawasan terhadap kualitas limbah cair menjadi sangat penting untuk menghindari dampak negatif dari terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan. Namun, penelitian yang menginvestigasi keberadaan logam berat dalam limbah cair rumah sakit di Indonesia masih jarang dilakukan.

Sesuai dengan latar belakang permasalahan diatas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah "Bagaimana karakteristik dan kualitas logam berat pada limbah cair RSD Idaman Kota Banjarbaru dibandingkan baku mutu yang ditetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2014? Apakah konsentrasi logam berat dalam limbah cair RSD Idaman Kota Banjarbaru melampaui batas baku mutu yang telah ditetapkan? Apa potensi dampak lingkungan dan kesehatan masyarakat dari keberadaan logam berat dalam limbah cair RSD Idaman Kota Banjarbaru?". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi karakteristik dan kualitas logam berat pada limbah cair RSD Idaman Kota Banjarbaru, serta mengevaluasi kepatuhan konsentrasi logam berat dalam limbah cair terhadap standar baku mutu yang berlaku, serta memberikan rekomendasi pengelolaan limbah cair yang efektif dan berkelanjutan di RSD Idaman Kota Banjarbaru guna melindungi lingkungan dan kesehatan masyarakat.

2. METODE PENELITIAN

Studi ini dilakukan dengan pendekatan studi kasus dan menggunakan metode deskriptif analitis. Studi kasus dipilih sebagai strategi penelitian untuk memungkinkan peneliti dapat menggali informasi secara detail terkait karakteristik dan kualitas air limbah di rumah sakit tersebut serta mengidentifikasi adanya kesenjangan antara kondisi eksisting dengan standar yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Lampiran XLIV Bagian B.

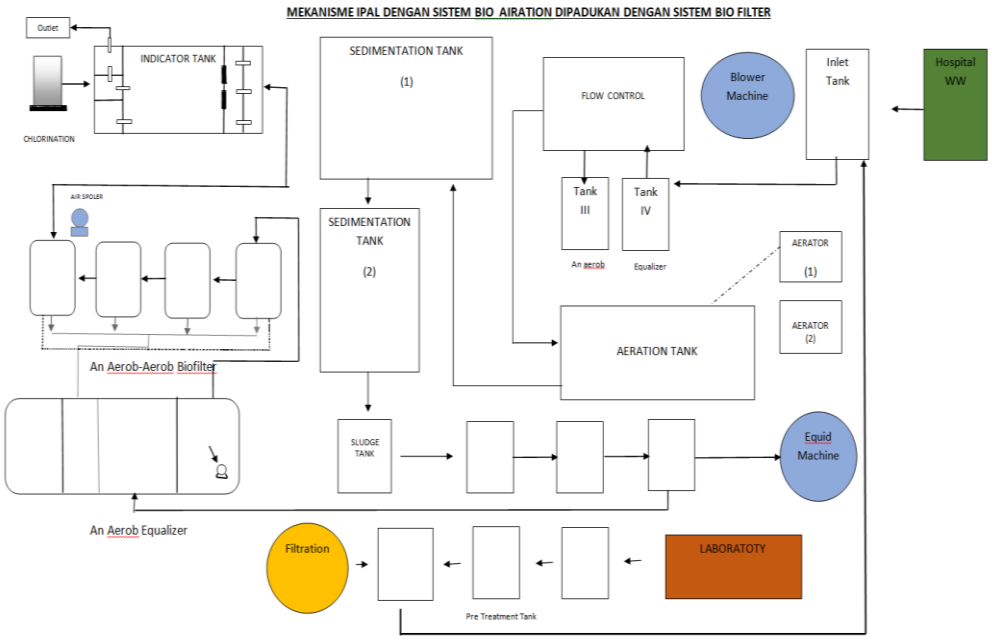
Sampel yang digunakan adalah limbah cair pada inlet dan outlet. Sampel diperiksa oleh Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Banjarbaru. Lembaga tersebut telah terakreditasi oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN) nomor LP 479-IDN. Parameter yang diuji adalah As, Fe, Cd, Mn, Zn, Pb, Cu, Co dan Ni dengan metode SNI 06-6989.54-2005, SNI 6989.4:2009, SNI 6989.16:2009, SNI 6989.5:2009, SNI 6989.7:2009, SNI 6989.8:2009, SNI 6989.6:2009, SNI 6989.68:2009, SNI 6989.18:2009. Pengujian sampel dilakukan sejak Januari hingga Desember 2023.

Lokasi penelitian pada RSD Idaman Kota Banjarbaru yang dipilih karena perannya dalam pelayanan kesehatan dan relevan untuk studi kualitas air limbah. Rumah sakit ini mewakili rumah sakit di kabupaten/kota yang menghadapi tantangan pengelolaan air limbah secara efektif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. IPAL Kombinasi Bio Aerasi dan Biofilter Anaeorob-aerob

Sebelum memasuki IPAL, limbah cair dari limbah rumah tangga, laboratorium, laundri, dan instalasi gizi diolah terlebih dahulu. Tujuan dari proses primer ini adalah untuk menghilangkan sebagian padatan tersuspensi dan senyawa organik. Proses ini dilakukan melalui proses fisika seperti sedimentasi, koagulasi, adsorbs, filtasi, pemisahan minyak dan lemak, penguraian bahan deterjen dan bahan kimia yang mengandung logam berat. Setelah diproses di bak *pre treatment*, limbah dialirkan ke IPAL untuk proses pengolahan biologis. Gambar 1 menunjukkan skema aliran limbah cair.



Gambar 1. Skema Aliran Limbah Cair IPAL Sistem Bio Aerasi dan Biofilter Anaerob-Aerob

Limbah cair dialirkan menuju sistem bio aerasi. Sistem pengolahan limbah cair secara bio aerasi merupakan sistem pengembangbiakan mikroorganisme secara tersuspensi di dalam suatu reaktor. Mikroorganisme tersebut hidup di atas lumpur yang disebut lumpur aktif. Lumpur aktif bercampur dengan limbah cair dan diaerasi di dalam bak.

Proses ini dimulai dengan penyaringan di bak kontrol, kemudian air limbah dialirkan ke bak equalisasi. Pada bak equalisasi, air limbah dihomogenkan. Bak ini berfungsi menjaga kestabilan debit aliran air. Selanjutnya, proses pengolahan biologis berlangsung di bak aerasi, di mana senyawa organik dalam limbah cair diurai oleh mikroorganisme menjadi produk yang lebih sederhana. Di bak aerasi, air buangan dari bak equalisasi bercampur dengan sedimen aktif yang didaur ulang dari bak sedimentasi. Kemudian, air limbah dan lumpur tersebut dialirkan ke bak sedimentasi, di mana terjadi proses pengendapan lumpur. Lumpur cair dikembalikan ke bak aerasi, sedangkan lumpur padat akan dikuras.

Proses pengolahan lumpur aktif dapat menghilangkan logam berat. Penyisihan logam berat dari proses lumpur aktif bergantung pada bahan organik terlarut dan pH. Toksisitas logam mempengaruhi pertumbuhan biomassa mikroba dan efisiensi penyisihan logam berat. Jika terdapat dalam konsentrasi rendah, beberapa logam dapat berperan sebagai mikronutrien, namun dalam konsentrasi tinggi logam tersebut dapat menyebabkan kerusakan sel (Buaisha dkk., 2020).

Setelah melewati proses bio aerasi selanjutnya limbah cair dialirkan ke tangki biofilter anaerob. Senyawa organik yang tidak terurai di bak pengendap, diuraikan oleh bakteri anaerob atau fakultatif aerob. Air limpasan dialirkan ke tangki biofilter aerob dari tangki anaerob. Dalam tangki biofilter aerob terjadi proses aerasi sehingga bakteri aerob penguraian senyawa organik menjadi efisien dan mempercepat

proses nitrifikasi. Dari biofilter air limbah mengalir ke post clarifier, kemudian ke bak indikator. Bak indikator/kolam ikan sebagai tempat untuk mendeteksi mutu air limbah apakah air limbah yang sudah diolah layak dibuang.

Penyisihan logam berat dalam proses pengolahan biologis terutama melalui adsorpsi dan kompleksasi logam dengan mikroorganisme. Mikroorganisme bergabung dengan logam dan menyerapnya ke permukaan sel karena interaksi antara ion logam dan permukaan mikroba yang bermuatan negatif. Logam juga dapat membentuk ikatan kompleks dengan gugus karboksil yang ditemukan pada polisakarida mikroba dan polimer lainnya, atau diserap oleh bahan protein dalam sel biologis. Penyisihan logam terlarut dalam proses biologis berkisar antara 50 hingga 98 persen tergantung pada konsentrasi logam awal, konsentrasi padatan reaktor biologis, dan sistem SRT (Qasem dkk., 2021; Razzak dkk., 2022).

3.2 Karakteristik Logam Berat

Pengolahan air limbah rumah sakit harus dipantau untuk memastikan bahwa hasil olahan memenuhi standar mutu air limbah yang ditetapkan. Pemantauan ini bertujuan untuk menjaga kualitas lingkungan rumah sakit, dengan memastikan bahwa hasil IPAL memenuhi standar kualitas kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan media air. Pemerintah telah menetapkan standar air limbah fasilitas pelayanan kesehatan melalui Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang baku mutu air limbah domestik.

Pengolahan air limbah rumah sakit menjadi suatu aspek kritis dalam rangka menjaga keberlanjutan lingkungan dan kesehatan masyarakat. Efisiensi pengelolaan air limbah rumah sakit menjadi penting karena limbah yang dihasilkan seringkali mengandung zat-zat berbahaya dan patogen. Dalam konteks ini, penggunaan sistem pengolahan air limbah yang efisien dapat memastikan bahwa limbah tersebut tidak hanya dihilangkan secara aman, tetapi juga mengurangi risiko penyebaran penyakit dan dampak negatif lainnya.

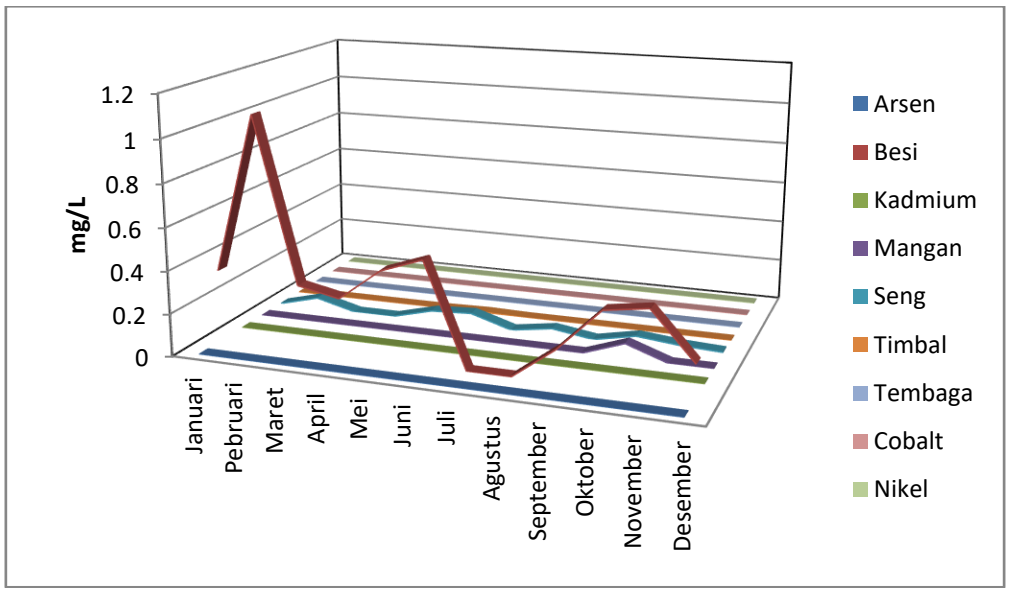
Hasil analisis karakterisasi logam berat As, Fe, Cd, Mn, Zn, Pb, Cu, Co dan Ni pada limbah cair rumah sakit dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1 dan 2. Hasil pemeriksaan baik pada inlet maupun outlet menunjukkan kadar relatif rendah dan masih berada dibawah baku mutu yang telah ditetapkan.

Tabel 1. Karakteristik logam berat pada inlet

	Parameter (mg/L)								
	Arsen	Besi	Kadmium	Mangan	Seng	Timbal	Tembaga	Cobalt	Nikel
Januari	< 0,0021	0,26	<0,0019	<0,0109	<0,002	0,0012	0,0019	<0,0018	<0,0036
Pebruari	< 0,0021	0,46	<0,0019	<0,0109	0,03	<0,0019	<0,001	<0,0018	<0,0036
Maret	< 0,0021	<0,0159	<0,0019	<0,0109	<0,0025	<0,0019	<0,001	<0,0018	<0,0036
April	< 0,0021	0,27	<0,0019	<0,0109	<0,0025	<0,0019	<0,001	<0,0018	<0,0036
Mei	< 0,0021	<0,048	<0,0019	<0,0365	0,03	<0,0019	<0,001	<0,0018	<0,0036
Juni	< 0,0021	<0,159	<0,0019	0,08	0,04	0,004	<0,001	<0,0018	<0,0036
Juli	< 0,0021	<0,159	<0,0019	<0,0109	<0,0025	<0,0019	<0,001	<0,0018	<0,0036
Agustus	< 0,0021	<0,048	<0,0019	<0,0365	0,02	<0,0017	<0,001	<0,0018	<0,0036
September	< 0,007	0,16	<0,0063	0,06	<0,057	<0,0064	<0,095	<0,0083	<0,012
Oktober	< 0,007	0,24	<0,0063	0,06	0,03	0,0025	<0,095	<0,0083	<0,012

November	< 0,007	0,43	<0,0063	0,06	<0,0057	<0,0064	<0,095	<0,0083	<0,012
Desember	< 0,007	<0,138	<0,0063	<0,046	0,01	<0,0064	<0,095	<0,0083	<0,012
Rata-rata	0,0037	0,3557	0,0034	0,0331	0,0272	0,0035	0,0323	0,004	0,0064
Baku Mutu (mg/L)	0,1	5	0,05	2	5	0,1	2	0,4	0,2

Konsentrasi logam berat pada inlet dan outlet menunjukkan fluktuasi sepanjang tahun. Konsentrasi logam berat yang paling berfluktuasi adalah Fe, Mn, Pb dan Zn, dapat dilihat pada gambar 2 dan 3. Pada inlet, konsentrasi Fe tertinggi pada bulan Pebruari sebesar 1,08 mg/L dan terendah pada bulan Agustus 0,048 mg/L. Konsentrasi Mn tertinggi pada bulan Oktober 0,07 mg/L, dan terendah pada bulan Januari, Maret, April dan Juli < 0,0109 mg/L. Konsentrasi Pb tertinggi pada bulan September, Oktober, Desember < 0,0064 mg/L, sedangkan konsentrasi terendah pada bulan Januari 0,0012 mg/L. Konsentrasi Zn tertinggi pada bulan Juni 0,06 mg/L dan terendah pada bulan Januari, Maret, April dan Juli < 0,0025 mg/L.



Gambar 2. Konsentrasi logam berat pada inlet

Konsentrasi As menunjukkan tren peningkatan dari Januari hingga Agusutus, kemudian menurun pada September hingga Desember. Sebaliknya konsentrasi Cd menunjukkan tren penurunan dari Januari hingga Agustus, kemudian meningkat pada bulan September hingga Desember. Konsentrasi Fe tidak menunjukkan tren yang jelas. Konsentrasi Mn menunjukkan tren penurunan dari Januari hingga April, kemudian meningkat pada Mei hingga Desember. Konsentrasi Zn menunjukkan tren penurunan dari Januari hingga April, kemudian meningkat pada Mei hingga Desember. Konsentrasi Cu, Pb, Co dan Ni menunjukkan tren penurunan dari Januari hingga Agustus, kemudian meningkat pada September hingga Desember.

Pada outlet, konsentrasi Fe tertinggi pada bulan Pebruari 0,46 mg/L dan konsentrasi terendah pada bulan Maret <0,0159 mg/L. Konsentrasi Mn tertinggi pada bulan Juni 0,08 mg/L dan terendah pada bulan Januari, Pebruari, Maret April, dan Juli < 0,0109 mg/L. Konsentrasi Pb tertinggi pada bulan September,

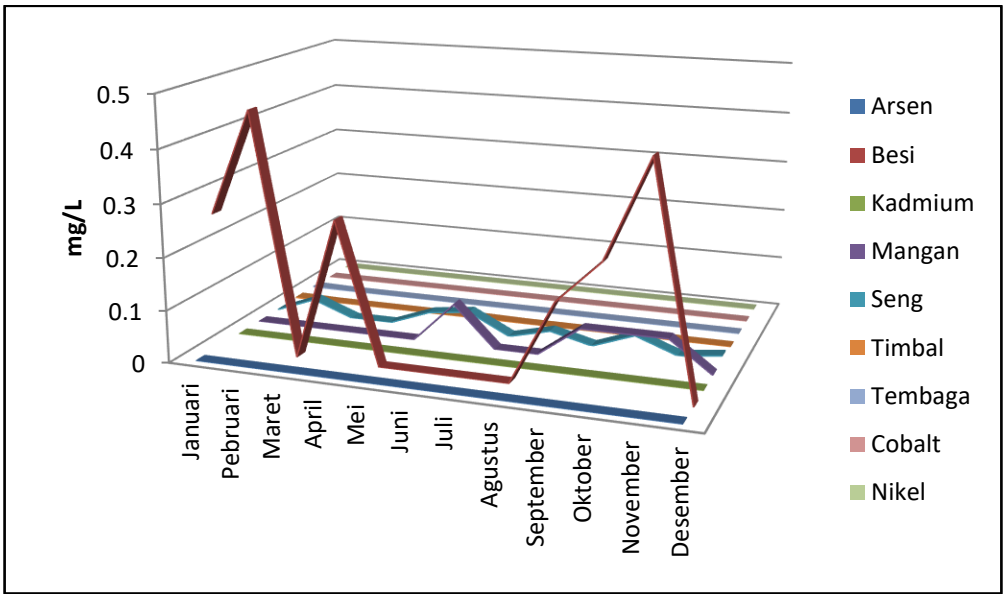
Oktober, Desember < 0,0064 mg/L, dan konsentrasi terendah pada bulan Juni 0,0014 mg/L. Konsentrasi Zn tertinggi pada bulan September <0,057 mg/L dan terendah pada bulan Januari < 0,002 mg/L.

Tabel 2. Karakteristik logam berat pada outlet

	Parameter (mg/L)								
	Arsen	Besi	Kadmium	Mangan	Seng	Timbal	Tembaga	Cobalt	Nikel
Januari	< 0,0021	0,26	<0,0019	<0,0109	<0,002	0,0019	0,0019	<0,0018	<0,0036
Pebruari	< 0,0021	0,46	<0,0019	<0,0109	0,03	<0,0019	<0,001	<0,0018	<0,0036
Maret	< 0,0021	<0,0159	<0,0019	<0,0109	<0,0025	<0,0019	<0,001	<0,0018	<0,0036
April	< 0,0021	0,27	<0,0019	<0,0109	<0,0025	<0,0019	<0,001	<0,0018	<0,0036
Mei	< 0,0021	<0,048	<0,0019	<0,0365	0,03	<0,0019	<0,001	<0,0018	<0,0036
Juni	< 0,0021	<0,159	<0,0019	0,08	0,04	0,0014	<0,001	<0,0018	<0,0036
Juli	< 0,0021	<0,159	<0,0019	<0,0109	<0,0025	<0,0019	<0,001	<0,0018	<0,0036
Agustus	< 0,0021	<0,048	<0,0019	<0,0365	0,02	<0,0017	<0,001	<0,0018	<0,0036
September	< 0,007	0,16	<0,0063	0,06	<0,057	<0,0064	<0,095	<0,0083	<0,012
Oktober	< 0,007	0,24	<0,0063	0,06	0,03	0,0025	<0,095	<0,0083	<0,012
November	< 0,007	0,43	<0,0063	0,06	<0,0057	<0,0064	<0,095	<0,0083	<0,012
Desember	< 0,007	<0,138	<0,0063	<0,046	0,01	<0,0064	<0,095	<0,0083	<0,012
Rata-rata	0,0037	0,199	0,0034	0,0361	0,0194	0,0030	0,0324	0,004	0,0064
Baku Mutu (mg/L)	0,1	5	0,05	2	5	0,1	2	0,4	0,2

Sebagaimana halnya pada inlet, tampak tren peningkatan dan penurunan konsentrasi logam berat pada outlet. Tren ini mengikuti pola peningkatan dan penurunan pada inlet. Konsentrasi As menunjukkan tren peningkatan dari Januari hingga Agustus, kemudian menurun pada September hingga Desember. Sebaliknya konsentrasi Cd menunjukkan tren penurunan dari Januari hingga Agustus, kemudian meningkat pada bulan September hingga Desember. Konsentrasi Fe tidak menunjukkan tren yang jelas. Konsentrasi Mn menunjukkan tren penurunan dari Januari hingga April, kemudian meningkat pada Mei hingga Desember. Konsentrasi Zn menunjukkan tren penurunan dari Januari hingga April, kemudian meningkat pada Mei hingga Desember. Konsentrasi Cu, Pb, Co dan Ni menunjukkan tren penurunan dari Januari hingga Agustus, kemudian meningkat pada September hingga Desember.

Proses pengolahan lumpur aktif dapat menghilangkan logam berat. Proses penyisihan logam berat oleh IPAL dilakukan pada proses primer dan proses biologis (EL Hammoudani dkk., 2021). Proses biologis utamanya dirancang untuk menghilangkan bahan organik oleh mikroorganisme. Oleh karena itu, menghilangkan logam berat dari proses biologis diklasifikasikan sebagai manfaat sekunder. Toksisitas logam mempengaruhi pertumbuhan biomassa mikroba dan efisiensi penyisihan logam berat. Jika terdapat dalam konsentrasi rendah, beberapa logam dapat berperan sebagai mikronutrien, namun dalam konsentrasi tinggi logam tersebut dapat menyebabkan kerusakan se (Buaisha dkk., 2020). Logam berat dapat dikumpulkan oleh biomassa melalui proses adsorpsi yang terjadi pada dinding sel dan/atau membran sitoplasma. Biomassa mengikat kation dan anion selama proses ini melalui adsorpsi, pertukaran ion, pembentukan kompleks, dan ikatan hidrogen. Kemudian, karena gaya gravitasi, biomassa yang mengikat logam berat membentuk flok dan mengendap sehingga terjadi akumulasi logam berat pada lumpur aktif



Gambar 3. Konsentrasi logam berat pada outlet

Paparan logam berat yang berasal dari limbah cair rumah sakit dapat menimbulkan berbagai risiko kesehatan yang serius, terutama jika masyarakat terpapar dalam jangka panjang atau dalam konsentrasi tinggi. Diperlukan pengolahan limbah cair secara efektif dan efisien untuk melindungi kesehatan masyarakat dan lingkungan dari bahaya paparan logam berat. Bahaya ini dikarenakan logam berat tidak dapat terurai secara hayati dan memiliki waktu paruh biologis yang lama (Chaoua dkk., 2019).

Air limbah rumah sakit yang mengandung logam berat dan tidak diolah dengan baik serta dibuang ke badan air atau sumber air dapat mencemari lingkungan sekitarnya, termasuk air tanah dan sungai (Mahmood & Malik, 2014). Keadaan ini dapat membahaykan sumber daya air yang dioakai oleh penduduk setempat untuk kebutuhan sehari-hari seperti minum, mandi, dan memasak. Penyebaran penyakit infeksi dan keracunan akibat konsumsi air atau kontak dengan limbah yang tercemar dapat menyebabkan lonjakan kasus penyakit yang berhubungan logam berat.

Para peneliti telah melaporkan bahwa paparan air limbah dapat menyebabkan penyakit menular (infeksi cacing), yang terkait dengan anemia dan gangguan fisik dan perkembangan kognitif. Konsentrasi Cu yang berlebihan di dalam darah menyebabkan anemia, kerusakan hati dan ginjal, muntah-muntah, sakit kepala, dan mual pada anak-anak. Konsentrasi As yang lebih tinggi dapat menyebabkan kanker tulang dan ginjal dan mengakibatkan osteopenia atau osteoporosis. Cd menimbulkan penyakit muskuloskeletal, sedangkan Hg berdampak langsung pada sistem saraf (Kesari dkk., 2021).

IPAL sistem bio aerasi dan biofilter anaerob-aerob dapat mengurangi konsentrasi logam berat pada limbah cair. Konsentrasi logam berat yang dikeluarkan oleh IPAL masih berada berada dalam konsentrasi yang diijinkan dan dibawah baku mutu yang ditetapkan. Agar IPAL tetap menghasilkan limbah cair yang sesuai standar diperlukan manajemen limbah rumah sakit yang efektif dan efisien serta berkesinambungan baik dari sisi sumber daya manusia maupun sarana dan prasarana.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian konsentrasi 9 jenis logam berat (As, Fe, Cd, Mn, Zn, Pb, Cu, Co, dan Ni) pada inlet dan outlet IPAL, konsentrasi logam berat yang diuji pada inlet dan outlet IPAL masih berada di bawah baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014. Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah di rumah sakit sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan. Konsentrasi logam berat menunjukkan fluktuasi sepanjang tahun, dengan beberapa logam menunjukkan tren peningkatan atau penurunan pada bulan-bulan tertentu.

IPAL di rumah sakit ini efektif dalam menurunkan konsentrasi beberapa logam berat, meskipun terjadi fluktuasi. Penurunan konsentrasi yang signifikan pada outlet dibandingkan dengan inlet mengindikasikan bahwa proses pengolahan yang dilakukan oleh IPAL cukup berhasil. Kesimpulan ini menegaskan pentingnya pemantauan rutin dan pengelolaan yang ketat terhadap limbah cair rumah sakit untuk mencegah potensi risiko kesehatan dan dampak lingkungan yang merugikan terhadap masyarakat.

Monitoring IPAL secara rutin sangat penting untuk mengetahui produktivitas dan kinerja IPAL dalam mengolah limbah. Evaluasi kinerja unit pengolahan air limbah bertujuan untuk menilai sejauh mana efisiensi operasionalnya mampu menghasilkan air buangan yang memenuhi standar baku mutu.

4.2 Saran

Keterbatasan pada penelitian adalah hanya mengumpulkan data dari satu rumah sakit, sehingga hasilnya tidak dapat digeneralisasi untuk semua rumah sakit di Banjarbaru. Disarankan untuk penelitian lanjutan yang akan memberikan wawasan lebih luas dan mendalam mengenai pengelolaan air limbah rumah sakit. Penelitian lanjutan disarankan untuk melibatkan lebih banyak rumah sakit dalam studi, termasuk perbandingan antara rumah sakit pemerintah dan swasta di Banjarbaru, untuk memperoleh gambaran yang lebih representatif terkait dengan praktik pengelolaan limbah cair di berbagai tipe rumah sakit.

DAFTAR PUSTAKA

Al Aukidy, M., Al Chalabi, S., & Verlicchi, P. (2018). Hospital Wastewaters: Characteristics, Management, Treatment and Enviromental Risks. Dalam P. Verlicchi (Ed.), *Handbook of Environmental Chemistry* (Vol. 60). Springer International Publishing AG. https://doi.org/10.1007/698_2017_5

Ammar, M. B., Dick, B. A., Sidi, Y. M. O., Deih, H., Learoussy, H. Y., Sanhoury, M. A., Sadegh, V., & Fekhaoui, M. (2022). Assessment of Heavy Metals Content in Sewage Discharges from Health Structure in Mauritania. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, *10*(6). https://doi.org/10.17265/2328-2150/2022.06.002

Balali-Mood, M., Naseri, K., Tahergorabi, Z., Khazdair, M. R., & Sadeghi, M. (2021). Toxic Mechanisms of Five Heavy Metals: Mercury, Lead, Chromium, Cadmium, and Arsenic. Dalam *Frontiers in Pharmacology* (Vol. 12). Frontiers Media S.A. https://doi.org/10.3389/fphar.2021.643972

Buaisha, M., Balku, S., & Özalp-Yaman, Ş. (2020). Heavy metal removal investigation in conventional activated sludge systems. *Civil Engineering Journal (Iran)*, *6*(3), 470–477. https://doi.org/10.28991/cej-2020-03091484

Chaoua, S., Boussaa, S., El Gharmali, A., & Boumezzough, A. (2019). Impact of irrigation with wastewater on accumulation of heavy metals in soil and crops in the region of Marrakech in Morocco. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *18*(4), 429–436. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.02.003

Das, S., Sultana, K. W., Ndhlala, A. R., Mondal, M., & Chandra, I. (2023). Heavy Metal Pollution in the Environment and Its Impact on Health: Exploring Green Technology for Remediation. *Environmental Health Insights*, *17*, 1–10. https://doi.org/10.1177/11786302231201259

Deguenon, E., Dougnon, V., Houssou, V. M. C., Gbotche, E., Ahoyo, R. A., Fabiyi, K., Agbankpe, J., Mousse, W., Lougbegnon, C., Klotoe, J. R., Tchobo, F., Bankole, H., & Boko, M. (2022). Hospital effluents as sources of antibiotics residues, resistant bacteria and heavy metals in Benin. *SN Applied Sciences*, *4*(8). https://doi.org/10.1007/s42452-022-05095-9

EL Hammoudani, Y., Dimane, F., & El Ouarghi, H. (2021). Removal efficiency of heavy metals by a biological wastewater treatment plant and their potential risks to human health. *Environmental Engineering and Management Journal*, *6*, 995–1002. https://doi.org/10.30638/EEMJ.2021.092

Jadaa, W., & Mohammed, H. (2023). Heavy Metals – Definition, Natural and Anthropogenic Sources of Releasing into Ecosystems, Toxicity, and Removal Methods – An Overview Study. *Journal of Ecological Engineering*, *24*(6), 249–271. https://doi.org/10.12911/22998993/162955

Kesari, K. K., Soni, R., Jamal, Q. M. S., Tripathi, P., Lal, J. A., Jha, N. K., Siddiqui, M. H., Kumar, P., Tripathi, V., & Ruokolainen, J. (2021). Wastewater Treatment and Reuse: a Review of its Applications and Health Implications. *Water, Air, and Soil Pollution*, *232*(5). https://doi.org/10.1007/s11270-021-05154-8

Mahmood, A., & Malik, R. N. (2014). Human health risk assessment of heavy metals via consumption of contaminated vegetables collected from different irrigation sources in Lahore, Pakistan. *Arabian Journal of Chemistry*, *7*(1), 91–99. https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.07.002

Mishra, S., Bharagava, R. N., More, N., Yadav, A., Zainith, S., & Mani, S. (2019). *Environmental Biotechnology: For Sustainable Future* (R. C. Sobti, N. K. Arora, & R. Kothari, Ed.; hlm. 103–125). Springer Nature Singapore.

Parida, V. K., Sikarwar, D., Majumder, A., & Gupta, A. K. (2022). An assessment of hospital wastewater and biomedical waste generation, existing legislations, risk assessment, treatment processes, and scenario during COVID-19. *Journal of Environmental Management*, *308*, 1–26. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114609

Pariente, M. I., Segura, Y., Álvarez-Torrellas, S., Casas, J. A., de Pedro, Z. M., Diaz, E., García, J., López-Muñoz, M. J., Marugán, J., Mohedano, A. F., Molina, R., Munoz, M., Pablos, C., Perdigón-Melón, J. A., Petre, A. L., Rodríguez, J. J., Tobajas, M., & Martínez, F. (2022). Critical review of technologies for the on-site treatment of hospital wastewater: From conventional to combined advanced processes. *Journal of Environmental Management*, *320*, 1–21. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115769

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, Pub. L. No. 5.

Qasem, N. A. A., Mohammed, R. H., & Lawal, D. U. (2021). Removal of heavy metal ions from wastewater: a comprehensive and critical review. *npj Clean Water*, *4*(1), 1–15. https://doi.org/10.1038/s41545-021-00127-0

Razzak, S. A., Faruque, M. O., Alsheikh, Z., Alsheikhmohamad, L., Alkuroud, D., Alfayez, A., Hossain, S. M. Z., & Hossain, M. M. (2022). A comprehensive review on conventional and biological-driven heavy metals removal from industrial wastewater. *Environmental Advances*, *7*. https://doi.org/10.1016/j.envadv.2022.100168

Sakina, N. A., Sodri, A., & Kusnoputranto, H. (2023). Heavy metals assessment of hospital wastewater during COVID-19 pandemic. *International Journal of Public Health Science*, *12*(1), 187–195. https://doi.org/10.11591/ijphs.v12i1.22490

Suhendrayatna, Elviani, & Elvitriana. (2022). Akumulasi Logam Berat pada Tanaman Pepaya (Carica papaya) Akibat Penggunaan Air Limbah Rumah Sakit sebagai Media Tumbuh. *Serambi Engineering*, *VII*(3), 3633–3638.

Verlicchi, P., Galletti, A., Petrovic, M., & BarcelÓ, D. (2010). Hospital effluents as a source of emerging pollutants: An overview of micropollutants and sustainable treatment options. *Journal of Hydrology*, *389*(3–4), 416–428. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.06.005