

EFISIENSI PENGGUNAAN MATERIAL PRESERVASI MIKROORGANISME (MPMO) DALAM PENYISIHAN TIMBAL (Pb) DAN KROMIUM (Cr) PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TEKSTIL MENGGUNAKAN REAKTOR *BATCH*

JUNITA FACHRIEA GANI¹, DYAH ASRI HANDAYANI TAROEPRATJEKA¹, DYAH
MARGANINGRUM²

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

²Badan Riset dan Inovasi Nasional Bandung-Cisitu, Indonesia

Email : nitagani18@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Kegiatan industri tekstil selain menghasilkan produk tentunya menghasilkan limbah cair. Limbah cair ini memiliki kontaminan timbal (Pb) dan kromium (Cr) karena proses pewarnaan memerlukan logam berat dalam mengikat warna pada serat kain agar tidak mudah luntur. Pengolahan biologi yang berpotensi dalam penyisihan parameter tersebut yaitu material preservasi mikroorganisme (MPMO) karena mengandung bentonit dan Bacillus licheniformis. Bentonit memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi karena mengandung kation Heksadesil Trimetil Ammonium Bromida (HDTMA⁺) sedangkan Bacillus licheniformis memiliki enzim Chromate Reductase (ChrR) dan Pbr Operon yang dapat menyisihkan Pb dan Cr dengan cara bioremediasi oleh bakteri. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan efisiensi penyisihan Pb dan Cr oleh MPMO. Pengolahan air limbah tekstil PT X dilakukan pada skala laboratorium dengan 3 variasi reaktor batch selama 16 hari secara aerob, pH 6-7 dan tepung tapioka sebagai nutrisi utama. Sebelum masuk pada tahap pengolahan dilakukan persiapan bakteri yang terjadi selama 10 hari, Volatile Suspended Solid (VSS) digunakan sebagai indikator kesiapan bakteri dan pH sebagai kontrol pertumbuhan bakteri. Metode yang digunakan untuk pengukuran Pb dan Cr yaitu Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) secara nyala. Hasil pengukuran karakteristik limbah cair industri tekstil PT.X konsentrasi Pb 22,2428 mg/L dan Cr 6,8575 mg/L. Penggunaan MPMO dapat menyisihkan konsentrasi Pb 84,21 hingga 86,15% dan Cr 86,48 hingga 88,95% dari limbah cair industri tekstil.

Kata kunci: material preservasi mikroorganisme (MPMO), timbal, kromium, industri tekstil.

ABSTRACT

Textile industry activities in addition to producing products of course produce liquid waste. This liquid waste has lead (Pb) and chromium (Cr) because the coloring process requires heavy metals to bind the color to the fabric fibers and then produce residual dye. Biological treatment is possible in the removal of these parameters of microorganism preservation material (MOPM) because it contains bentonite and Bacillus licheniformis. Bentonite has the ability to adsorb because it contains the cation Hexadesil Trimethyl Ammonium Bromide (HDTMA-Br) while Bacillus licheniformis has the enzyme Chromate Reductase (ChrR) and Pbr Operon which can find Pb and Cr by bioremediation by bacteria. This study aims to determine the efficiency of Pb and Cr by MPMO. PT.X textile wastewater treatment was carried out on a laboratory scale in 3 variations of batch reactors for 16 days by aerobic, pH 6-7 and tapioca flour as the main nutrient. Before entering the processing stage, bacteria were prepared for 10 days, Volatile Suspended Solid (VSS) as an indicator of bacterial readiness and pH as a control of bacterial growth. The methods used to measure Pb and Cr are Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) by flame. The results of the textile industry wastewater characteristics PT.X concentration of Pb 22,2428 mg/L and Cr 6,8575 mg/L. The use of MOPM can concentrate Pb 84.21 to 86.15% and Cr 86,48 up to 88.95% from textile industry wastewater.

Keywords: microorganism preservation material (MOPM), lead, chromium, textile industry.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri tekstil di Indonesia pada masa mendatang akan semakin meningkat. Hal ini dipengaruhi oleh peningkatan jumlah penduduk yang mengakibatkan peningkatan ekonomi dan peningkatan kebutuhan masyarakat. Selain menghasilkan produk industri tekstil juga menghasilkan limbah cair, tentunya limbah cair ini harus diolah terlebih dahulu sesuai baku mutu agar tidak berdampak negatif pada lingkungan (Susanto dkk, 2021). Dampak negatif yang timbul akibat peningkatan produksi pada industri tekstil adalah volume air limbah yang dihasilkan besar karena pada proses produksinya memerlukan jumlah pelarut air yang besar dan zat-zat kimia tertentu. Limbah cair yang dibuang apabila tidak diolah terlebih dahulu akan menyebabkan pencemaran lingkungan dikarenakan alam hanya memiliki daya lenting dalam jumlah kecil (Susanto dkk, 2021).

Limbah cair kegiatan industri tekstil memiliki banyak kontaminan beberapa diantaranya timbal (Pb) dan kromium (Cr) yang harus direduksi dengan pengolahan yang tepat. Kedua kontaminan ini menjadi fokus utama pada penelitian ini karena pada proses pewarnaan memerlukan logam berat dalam mengikat warna pada serat kain dan pada proses pewarnaan tersebut akan menghasilkan sisa zat warna dan logam berat yang tidak terikat pada kain (Nurventi, 2019). Keberadaan logam berat di lingkungan dengan konsentrasi tinggi dapat berbahaya bagi manusia dan lingkungan perairan karena bersifat toksik dan *non-biodegradable* sehingga kadar logam berat harus diolah terlebih dahulu sebelum masuk ke badan air (Susanto dkk, 2021).

Pengolahan menggunakan Material Preservasi Mikroorganisme (MPMO) berpotensi dalam menyisihkan logam berat karena komponennya terdiri dari bakteri *Bacillus licheniformis* dan bentonit (Agustinus dkk, 2014). MPMO merupakan suatu sistem penyimpanan bakteri pengurai limbah cair organik dengan bahan dasarnya bentonit (Agustinus dkk, 2014). Penyiapan MPMO dilakukan dengan mencampurkan bentonit dan bibit bakteri kemudian dibentuk berupa tablet lalu dikeringkan pada suhu 50°C (Sembiring & Sumarnadi, 2012). Penelitian Ajao (2018) menyebutkan bakteri tersebut dapat menyisihkan Cr sebanyak 67% dan Pb 80% sedangkan dalam penelitian Widihati (2021) bentonit dapat menyisihkan Cr 87,45% dan Pb 79,82%. Penelitian sebelumnya oleh Sembiring (2012) dan Agustinus (2014) pengolahan biologi menggunakan MPMO dilakukan untuk penyisihan limbah organik sedangkan dalam penyisihan Cr dan Pb belum dilakukan maka dari itu penelitian ini dilakukan agar dapat mengidentifikasi efisiensi penggunaan MPMO dalam penyisihan logam berat.

Penelitian ini menggunakan pengolahan biologi dengan penambahan MPMO dan menggunakan reaktor *batch*. Hal ini dilakukan karena MPMO pengolahannya lebih aman dan ramah lingkungan serta tablet MPMO berisi bakteri *Bacillus licheniformis* mampu bertahan dalam jangka waktu 1-5 tahun (Agustinus, 2014) sedangkan dalam penggunaan reaktor *batch* biaya lebih murah dan pengoperasian lebih mudah (Purwanti & Sumarni, 2021). Pengolahan menggunakan komponen ini memiliki kelebihan karena lebih ekonomis dari segi pembiayaan dan teknis pengolahannya.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan efisiensi dari pengaplikasian MPMO dalam penyisihan logam berat Pb dan Cr pada limbah industri X. Pembaruan dari penelitian ini terhadap penelitian Sembiring (2012) dan Agustinus (2014) yaitu memberikan gambaran tentang mekanisme penyisihan logam berat oleh bentonit dan *Bacillus licheniformis* serta dapat diperoleh saran lebih lanjut untuk pengembangan dalam skala lebih besar agar dapat

diaplikasikan di industri tekstil. Penelitian ini dilakukan di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Bandung-Cisitu dengan skala laboratorium, sampel air limbah yang digunakan merupakan limbah cair yang berasal dari salah satu industri tekstil yang berada di Kabupaten Bandung Provinsi Jawa Barat dan pengolahan dilakukan secara biologi.

2. METODE

Sampling penelitian ini dilakukan oleh pihak ketiga secara *grab sampling* kemudian dilakukan pengolahan yang terdiri dari persiapan alat dan bahan sampai proses pengolahan selesai. Tahapan penelitian akan dijelaskan secara lengkap pada penjelasan dibawah.

2.1 Persiapan Alat dan Bahan

Alat utama yang digunakan dalam persiapan bakteri yaitu *Aerator Resun* dengan tipe Air-3.000, reaktor yang memiliki volume 10,35 liter. Tahap penyisihan logam berat, alat utama yang digunakan yaitu reaktor *batch* skala laboratorium yang terdiri dari 3 buah labu Erlenmeyer volume 2 liter yang diletakkan pada *Shaking Water Bath SW 22* dengan kecepatan pengadukan 20 rpm pada suhu ruangan, dan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) *Shimadzu* dengan tipe AA-7.000 dengan tambahan alat *sampling* otomatis yaitu ASC-7.000. Bahan utama yaitu air limbah industri tekstil X, tablet MPMO, Tapioka dan Larutan standar Cr dan Pb.

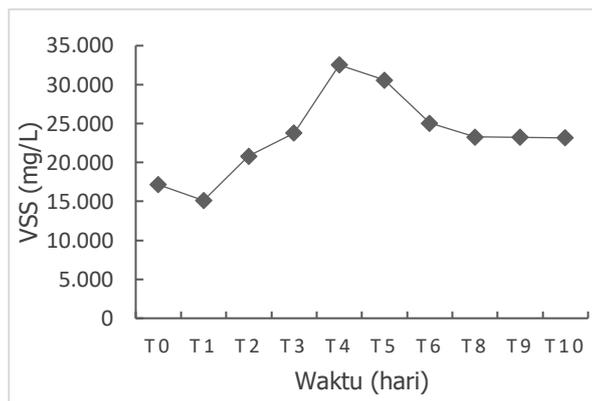
2.2 Persiapan Bakteri

Persiapan bakteri dalam penelitian ini dilakukan selama 10 hari dengan tujuan untuk mengaktifkan bakteri *Bacillus licheniformis* yang terdapat pada tablet MPMO. Starter yang digunakan untuk memicu pertumbuhan bakteri yaitu bakteri yang berasal dari proses pertumbuhan bakteri oleh peneliti sebelumnya. Nutrisi bakteri dan tablet MPMO dilarutkan menggunakan aquades, konsentrasi yang dibutuhkan yaitu tapioka 8,52 g/L, NH_4Cl 0,90 g/L, KH_2PO_4 0,30 g/L, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,09 g/L, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,16 g/L, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,03 g/L dan tablet MPMO 0,2 g/L. Setelah larut tablet MPMO dan nutrisi ditambahkan pada reaktor yang berisi starter, dilakukan penambahan aquades sampai volume 10,35 liter kemudian pH di atur sekitar 6-7. Kondisi reaktor persiapan bakteri dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Persiapan bakteri

Parameter yang dianalisis pada proses ini yaitu Volatile Suspended Solids (VSS) dengan metode gravimetri berdasarkan SNI 06-6989.26-2005 tentang cara uji kadar padatan total secara gravimetri. Hasil konsentrasi VSS pada tahap pertumbuhan bakteri tersaji pada Gambar 2. Pengukuran VSS dapat digunakan sebagai indikator tumbuhnya mikroba (Trisakti dan Sijabat, 2020) karena semakin tinggi VSS menunjukkan semakin banyaknya jumlah komponen organik dan mikroorganisme (Adipasah, 2014). Konsentrasi VSS yang tersaji pada Gambar 2 sudah mengalami steady state karena fluktuasi konsentrasinya tidak melebihi 10% artinya mikroorganisme siap untuk lanjut ke proses selanjutnya (Alfayed, 2020).



Gambar 2. Grafik konsentrasi VSS pada tahap pertumbuhan bakteri

2.3 Variasi Air Limbah

Variasi air limbah yang digunakan berdasarkan perbandingan volume dari jumlah air limbah dan bakteri yang digunakan dalam proses pengolahan secara biologi dengan menggunakan tablet MPMO. Penentuan variasi tersebut untuk mengidentifikasi efisiensi penyisihan kandungan logam berat pada air limbah industri tekstil X dengan menggunakan reaktor batch. Variasi air limbah terdiri dari 25% air limbah-75% bakteri, 50% air limbah-50% bakteri dan 75% air limbah-25% bakteri. Konsentrasi yang dibutuhkan sama seperti pada tahap persiapan bakteri. Semua bakteri, air limbah dan nutrisi ditambahkan pada reaktor batch kemudian dihomogenkan dan dengan pengaturan pH 6-7 dan suhu ruangan. Setelah itu dilakukan pengadukan menggunakan Shaking Water Bath dengan kecepatan 20 rpm. Kondisi awal reaktor variasi air limbah dapat dilihat pada Gambar 3 bagian a dan ilustrasi proses pengadukan dapat dilihat pada Gambar 3 bagian b.



a. Kondisi awal reaktor variasi



b. Ilustrasi Proses Pengadukan

Gambar 3. Variasi air limbah

2.4 Uji Logam Berat

Uji penyisihan Cr dan Pb selama 16 hari dengan sampling pada hari kerja BRIN (kecuali libur nasional) menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) secara nyala berdasarkan SNI 6989.65:2009 tentang cara uji krom (Cr) SSA-tungku karbon dan SNI 6989.9:2004 tentang cara uji timbal (Pb) SSA-tungku karbon disempurnakan dengan Standar Method: Metal by Atomic Absorption Spectrofotometry dalam penentuan deret standar yang digunakan. Deret standar pada logam kromium (Cr) yaitu 0,2, 0,5, 1, 5, dan 10 ppm sedangkan pada timbal (Pb) yaitu 1, 2, 5, 10, 20 ppm.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

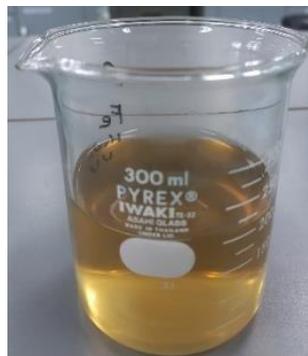
2.5 Perbandingan Karakteristik Awal Air dengan Baku Mutu

Pengujian sampel air limbah industri tekstil parameter utama logam berat terdiri dari Cr dan Pb. Karakteristik ini dipilih karena parameter ini merupakan parameter yang diperhatikan dan menimbulkan pengaruh besar terhadap lingkungan dan manusia. Kedua parameter ini juga merupakan kandungan dominan dari proses yang dilakukan oleh industri tekstil (Muhimmatin & Jannah, 2019). Data karakteristik air limbah Industri Tekstil X tersaji pada Tabel 1 dan kondisi awal air limbah industri tekstil X tersaji pada Gambar 3.

Tabel 1. Karakteristik logam air limbah industri tekstil X

No	Parameter	Konsentrasi Air Limbah	Baku Mutu (BM)	Peraturan	Keterangan
1	Temperatur	24 °C	Deviasi 2*	PerMenLHK 16/2019 lampiran II	Memenuhi
2	pH	8	6-9	PerMenLHK 16/2019 lampiran II	Memenuhi
3	Kromium (Cr)	6,86 mg/L	1 mg/L	PerMenLHK 16/2019 lampiran II	Melebihi
4	Timbal (Pb)	22,24 mg/L	0,03 mg/L	PP 22/2021 lampiran VI poin I	Melebihi

*Temperatur Udara Sekitar



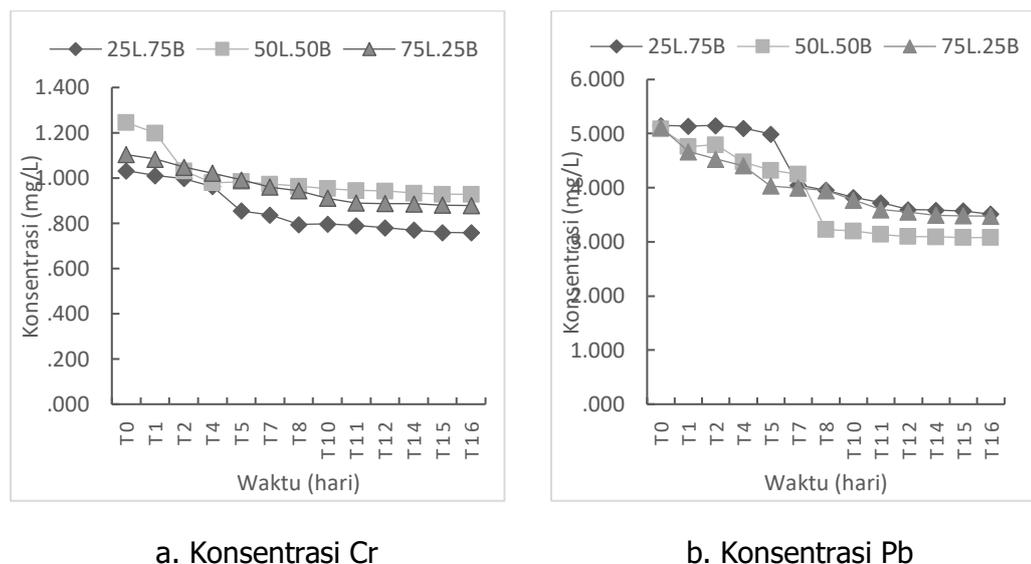
Gambar 4. Kondisi awal limbah industri tekstil setelah dilakukan penyaringan

Berdasarkan Tabel 1, konsentrasi logam berat pada sampel uji melebihi baku mutu karena pada saat proses yang terjadi menggunakan pewarnaan sintesis. Hal ini dinyatakan oleh Pujilestari (2015) bahwa parameter ini dominan terjadi pada proses basah tahap pewarnaan/percetakan. Zat warna yang digunakan pada tahapan ini biasanya terdiri dari zat warna sintesis, karena zat warna ini memiliki banyak variasi warna, lebih mudah, stabil dan praktis. Logam kromium yang terbentuk dari proses pada industri tekstil yaitu senyawa mordan bentuk garam Cr (III) seperti Eriochrome Black T. (C.I Mordant Black 11) yang berasal dari proses pencelupan menggunakan senyawa mordan dan berasal dari zat pengotor. Logam timbal berasal dari proses campuran warna timbal putih dan timbal merah (Nurventi, 2019). Kandungan logam berat dengan konsentrasi tinggi jika masuk ke dalam badan perairan akan berdampak pada lingkungan dan manusia karena bersifat toksik. Beberapa efek yang terjadi menyebabkan iritasi kulit dan kerusakan sistem organ dalam tubuh dan pemicu kanker serta menyebabkan kematian dalam kasus ekstrim (Susanto dkk,

2021). Berdasarkan Tabel 1, parameter yang melebihi baku mutu yaitu Cr dan Pb. Cr melebihi hampir 7x lipat dari kadar baku mutu sedangkan timbal (Pb) melebihi 22,2128 mg/l dari konsentrasi baku mutu maka dari itu perlu dilakukan pengolahan air limbah industri tekstil untuk menyisihkan parameter tersebut sehingga tidak berdampak pada lingkungan dan masyarakat.

3.1 Uji Logam Berat

Data konsentrasi Cr air limbah Industri Tekstil X tersaji pada Gambar 5 poin a dan konsentrasi Pb air limbah Industri Tekstil X tersaji pada Gambar 5 poin b.

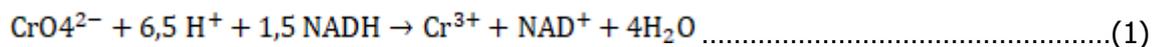


Gambar 5. Grafik konsentrasi Cr dan Pb pada air limbah industri tekstil X

Berdasarkan Gambar 5.a, proses penyisihan Cr pada limbah cair industri tekstil X dilakukan selama 16 hari. Dapat dilihat pada gambar konsentrasi kromium (Cr) setiap variasi air limbah mengalami penurunan terus sampai pada akhir pengukuran konsentrasi (T16) namun penurunan konsentrasi mulai stabil pada T10. Sedangkan berdasarkan Gambar 5.b, penyisihan Pb dapat dilihat pada gambar konsentrasi timbal (Pb) setiap variasi air limbah mengalami penurunan terus sampai pada akhir pengukuran konsentrasi (T16). Namun pada variasi air limbah 25L.75B dan 75L.25B, penurunan konsentrasi mulai stabil pada T12 sedangkan variasi air limbah 50L.50B pada T8. Proses penyisihan logam berat terjadi karena adanya tablet MPMO. Tablet ini mengandung bakteri *Bacillus licheniformis* dan bentonit di mana kedua bahan ini memiliki kemampuan menyerap kandungan logam berat terutama Cr dan Pb (Ajao dkk, 2018; Widihati dkk, 2021; Sasmita & Edward, 2016). Sehingga konsentrasi Cr dan pada air limbah tekstil mengalami penurunan dan sampai konsentrasinya konstan.

Proses penyisihan Cr dan Pb oleh bakteri *Bacillus licheniformis* dengan mengubah logam yang sangat toksik menjadi logam yang kurang toksik dengan cara diserap ke dalam tubuh dan dikeluarkan kembali menjadi transformasi yang tidak toksik (Putri, 2017). Hal tersebut didukung oleh teori Dhal (2013) menyatakan bahwa *Bacillus licheniformis* mampu menghasilkan enzim katalase yang berfungsi untuk mengikat logam Cr dan Pb yang tinggi kemudian merubah menjadi kadar lebih rendah. Hal ini dibuktikan dalam penelitian oleh Ajao (2018) menyatakan bahwa bakteri *Bacillus licheniformis* dapat menyisihkan logam berat Cr sebesar 67% dan Pb sebesar 80%.

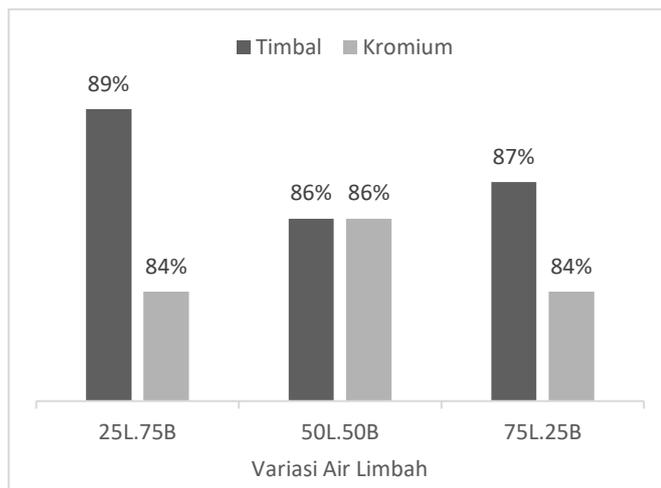
Penelitian ini dilakukan secara aerob dan pH 6-7 yang menyebabkan terjadi proses penyisihan Cr dan Pb oleh bakteri. Proses penyisihan tersebut terjadi karena adanya enzim Chromate Reductase (ChrR) (Thatoi dkk., 2014) dan PbrR Operon. Mekanismenya enzim ChrR selalu memerlukan NADH (Nicotinamide Adenine Dinucleotide Hydrogen) atau NADPH (Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate Hydrogen) yang digunakan sebagai donor elektron karena bermuatan positif dan enzim tersebut akan berkerja secara optimum pada pH 6,5-7,5 kemudian akan mengubah Cr sangat toksik menjadi Cr kurang toksik (Thatoi dkk, 2014) sedangkan mekanisme PbrR Operon dengan cara adsorpsi Pb melalui dinding sel kemudian logam tersebut menggantikan ion esensial dalam enzim (Alotaibi dkk., 2021). Reaksi oksidasi-reduksi pada enzim Chromate Reductase adalah sebagai berikut (Nahadi, 2003):



Proses penyisihan Cr dan Pb dilakukan juga oleh bentonit karena bersifat absorben. Pada air limbah industri tekstil X, bentonit mengalami aktivasi asam karena adanya kontrol pH untuk pertumbuhan bakteri untuk mengolah air limbah (Rotna dkk, 2015). Hal ini menyebabkan pembuangan senyawa pengotor dan menghomogenkan ukuran bentonit serta sisi aktif permukaan bentonit semakin terbuka sehingga daya absorpsi bentonit semakin meningkat dan dapat menyisihkan kadar logam pada air limbah industri tekstil X (Rotna dkk, 2015). Cara kerjanya yaitu kation Heksadesil Trimetil Ammonium Bromida (HDTMA+) akan mengubah sifat bentonit kemudian terbentuk senyawa kompleks dengan ion Cr dan Pb yang teradsorpsi (Widihati dkk, 2021). Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Widihati (2021) menyatakan bahwa bentonit terbentuk dari senyawa yaitu HDTMA+ yang dapat menyisihkan kandungan Cr dan Pb hasil penelitian yang didapatkan bahwa bentonit dapat menyerap Cr sebesar 37,54% dan bentonit termodifikasi sebesar 84,58% dan menyerap Pb sebesar 79,82% dan bentonit termodifikasi sebesar 87,45%.

Tepung tapioka yang digunakan sebagai nutrisi pada bakteri memiliki peran dalam penyisihan konsentrasi sampel air limbah yang diuji karena dapat menjadi absorben timbal (Pb) (Munandhar, 2021). Hal ini dibuktikan dalam penelitian Munandhar (2021) yang menggunakan tapioka dapat menyisihkan timbal sebesar 70,14%. Cara kerja penyisihan logam Pb oleh tapioka secara lebih rinci perlu ditentukan melalui penentuan karakteristik gugus fungsi adsorben dengan menggunakan alat Fourier Transform Infrared (FTIR). Penelitian Munandhar menyebutkan terdapat gugus fungsi hidroksil dan ikatan C-O yang merupakan gugus fungsi dan ikatan yang terkandung dalam selulosa dan pektin yang dapat mengikat ion logam berat timbal (Pb).

Bakteri dan bentonit memiliki titik jenuh dan memiliki keterbatasan dalam kapasitas pengolahan sehingga mengakibatkan pada saat tertentu konsentrasinya tidak akan berkurang secara signifikan dan melambat, sehingga konsentrasi yang didapatkan akan cenderung stabil. Selain itu, bakteri dan bentonit pada pengujian ini bukan hanya menyisihkan logam tapi menyisihkan BOD dan COD yang terdapat pada air limbah. Seperti yang dinyatakan oleh Widihati (2021), bentonit mampu menyerap kandungan logam akan tetapi kemampuan adsorpsinya memiliki batas. Penentuan efisiensi pengolahan menggunakan tablet MPMO dalam penyisihan kromium dilakukan dengan menggunakan rumus efisiensi penyisihan parameter. Total penyisihan kromium (Cr) dan timbal (Pb) pada setiap variasi tersaji pada Gambar 5.



Gambar 6. Efisiensi penyisihan Kromium dan Timbal

Berdasarkan Gambar 5, total penyisihan Cr dan Pb pada setiap variasi tidak memiliki perbedaan yang signifikan sedangkan jika dibandingkan dengan baku mutu kadar Cr sudah memenuhi baku mutu sedangkan Pb masih melebihi baku mutu. Hal ini berarti komponen yang berperan dalam penyisihan warna bekerja secara optimal dan perbedaan jumlah antara bakteri dan limbah tidak berpengaruh signifikan dalam penyisihan logam berat pada air limbah tersebut namun Pb memerlukan pengolahan lanjutan melalui siklus kedua menggunakan MPMO dan reaktor kontinu agar penyisihan dapat memenuhi baku mutu. Ketiga komponen ini didukung oleh beberapa faktor yaitu pH, proses pengadukan dalam reaktor batch. Dalam penelitian ini, penyisihan logam berat pH dikontrol pada pH asam cenderung netral karena hal tersebut menyebabkan bentonit bekerja optimal (Rotna dkk, 2015; 2016) sedangkan pengadukan dalam penelitian ini berkisar 20 rpm sehingga membantu mempercepat reaksi pada bentonit (Sasmita & Edward, 2016).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa karakteristik limbah cair industri tekstil berwarna jingga memiliki pH 8 dengan konsentrasi Cr 6,86 mg/L dan Pb 22,24 mg/L. Berdasarkan perbandingan dengan PerMenLHK no.16 tahun 2019 dan PP no. 22 tahun 2021, konsentrasi Cr dan Pb pada limbah industri tekstil X sebelum dilakukan pengolahan melebihi baku mutu yang ditetapkan. Pengolahan biologi menggunakan tablet MPMO dapat menurunkan konsentrasi Cr mencapai 86,48% hingga 88,95% dan Pb mencapai 84,21% hingga 86,15% serta dapat menurunkan Cr sampai memenuhi baku mutu namun pada Pb masih melebihi baku mutu sehingga perlu melakukan pengolahan lanjutan dengan siklus kedua menggunakan MPMO dan reaktor kontinu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada para analis pusat penelitian geoteknik BRIN dan Institut Teknologi Nasional Bandung yang telah membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adipasah, H. (2014). Pengaruh Kecepatan Pengadukan pada Tahap Asidogenesis Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS). *J Universitas Sumatera Utara: USU*.
- Agustinus, E. T. S., Sembiring, H., & Effendi, E. (2014). Implementasi Material Preservasi Mikroorganisme (MPMO) Dalam Pemrosesan Limbah Cair Organik Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah. *J Riset Geologi dan Pertambangan*, 24(1), 65-76.
- Ajao, A., Awe, S., & Sulugambari, Z. (2018). Bioremediation Of Wastewaters From Local Textile Industries In Ilorin, Nigeria.
- Alfayed, M. J. (2020). Studi Kinetika Pertumbuhan Mikroba pada Proses Asidogenesis Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dengan Pengaruh Ph menggunakan Reaktor Berpengaduk Sistem Batch.
- Alotaibi, B. S., Khan, M., & Shamim, S. (2021). Unraveling the Underlying Heavy Metal Detoxification Mechanisms of Bacillus Species. 9(8), 1628.
- Dhal, B., Thatoi, H., Das, N., & Pandey, B. (2013). Chemical and microbial remediation of hexavalent chromium from contaminated soil and mining/metallurgical solid waste: a review. *J Journal of hazardous materials*, 250, 272-291.
- Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia. (2019). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan No. 16 Tahun 2019 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Lampiran II. Jakarta
- Muhimmatin, I., & Jannah, I. N. (2019). Pengelolaan Limbah Cair Industri Batik Menggunakan Mikroorganisme di Kecamatan Cluring Kabupaten Banyuwangi. *J Warta Pengabdian*, 13(3), 106-115.
- Munandhar, A. V. (2021). Pemanfaatan Cincau Hijau (*Premna Oblongifolia* Merr) Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Kandungan Timbal (Pb) Pada Air.
- Nahadi, N. (2003). Studi Transformasi Krom (VI) Menjadi Krom (III) Oleh Bakteri *Escherichia coli*. *J Jurnal Pengajaran MIPA*, 4(1), 37-43.
- Nurventi, N. (2019). Perbandingan Metode Analisis Logam Berat Kromium dan Timbal Menggunakan Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP OES) dan Atomic Absorbtion Spectrometry (AAS). Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Pemerintahan Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta
- Pujilestari, T. (2015). Sumber dan pemanfaatan zat warna alam untuk keperluan industri. *J Dinamika Kerajinan dan Batik*, 32(2), 93-106.
- Purwanti, A., & Sumarni, S. (2021). Dasar-dasar Perancangan Reaktor. In: AKPRIND PRESS.
- Putri, T. P. (2017). Uji Kemampuan Bakteri *Bacillus Subtilis* Dalam Penyisihan Logam Kromium Pada Tanah Tercemar Kromium. Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
- Rice, E. W., Baird, R. B., Eaton, A. D., & Clesceri, L. S. (2012). *Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater* (Vol. 10): American public health association Washington, DC.
- Rotna, V., Muchtar, A., & Sophia, H. (2015). Pemanfaatan Lempung Desa Gema Teraktivasi H₂SO₄ untuk Penignkatan Kualitas Air Gambut. *JOM FMIPA* 2.
- Sasmita, A., & Edward, H. (2016). Pengaruh Campuran lempung dan eceng gondok sebagai adsorben untuk penyisihan besi (Fe), Mangan (Mn) dan warna pada air gambut. Riau University,
- Sembiring, H., & Sumarnadi, E. T. (2012). Pelletisasi Bentonit Sebagai Preservasi Bakteri Pengurai Limbah Organik Cair: Rekayasa dan Prototip. *J Prosiding Geoteknologi LIPI*.

Efisiensi Penggunaan Material Preservasi Mikroorganisme (MPMO) Dalam Penyisihan Timbal (Pb) dan Kromium (Cr) Pada Limbah Cair Industri Tekstil Menggunakan Reaktor Batch

- Susanto, A., Mulyani, T., & Nugraha, S. (2021). Validasi Metode Analisis Penentuan Kadar Logam Berat Pb, Cd dan Cr Terlarut dalam Limbah Cair Industri Tekstil dengan Metode Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry Prodigy7. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(1), 191-200.
- Thatoi, H., Das, S., Mishra, J., Rath, B. P., & Das, N. (2014). Bacterial chromate reductase, a potential enzyme for bioremediation of hexavalent chromium: a review. *Journal of Environmental Management*, 146, 383-399.
- Trisakti, B., & Sijabat, I. P. (2020). Profil pH dan Volatile Suspended Solids pada Proses Pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Pupuk Cair Organik Aktif sebagai co-Composting. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 9(1), 11-15.
- Widihati, I., Saraswati, N., & Dewi, I. G. (2021). Karakterisasi Lempung Bentonit Termodifikasi Surfaktan Dan Pemanfaatannya Sebagai Adsorben Logam Cr Dan Pb Pada Limbah Cair Industri Tekstil. *Jurnal Kimia*, 29-3.