

Modifikasi Kaolin Dengan Limbah Kertas Sebagai Adsorben Timbal dan Besi

Muhammad Nabil Maulana^{1*}, Muhammad Geovani Ridwan², dan Susi Murwani³

¹SMP Islam Al-Azhar 26 Yogyakarta; e-mail: m.nabil.maulana@gmail.com

²SMP Islam Al-Azhar 26 Yogyakarta; e-mail: muhammadgeovanirid13@gmail.com

³SMP Islam Al-Azhar 26 Yogyakarta; e-mail: murwanimurwani18@gmail.com

ABSTRAK

Pencemaran logam berat seperti Pb dan Fe dapat menimbulkan pencemaran lingkungan yang berdampak pada ekosistem, ekonomi, dan sosial masyarakat. Adsorpsi merupakan salah satu metode untuk mengurangi kadar logam dalam air, salah satunya menggunakan kaolin yang bersumber dari alam. Efisiensi adsorpsi kaolin dapat ditingkatkan dengan modifikasi. Di sisi lain, limbah kertas banyak ditemukan di sekitar lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas, potensi dan pengaruh modifikasi kaolin-kertas sebagai adsorben logam Pb dan Fe pada limbah penyamakan kulit. Pada penelitian ini, sebelum dilakukan modifikasi adsorben, kaolin diaktivasi secara fisika dengan dipanaskan pada suhu 100 °C selama 2,5 jam dan kertas yang diaktivasi dengan larutan NaOH 10% selama 24 Jam, dinetralkan kembali dan dikeringkan pada suhu 60-70°C selama 24 Jam. Modifikasi kaolin-kertas menggunakan perbandingan 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, dan 1:8 berupa serbuk yang sudah kering. Pengujian daya adsorben terhadap air limbah menggunakan perbandingan adsorben: limbah = 1:8 b/v, kemudian dianalisis menggunakan parameter organoleptik (bau dan warna), pH, padatan terlarut, kadar oksigen, konsentrasi Pb dan Fe. Modifikasi kaolin-kertas 1:8 b/b dapat menurunkan kadar Pb dari 2,47 menjadi 0,02 mg/L dengan efektivitas 99%, dan Fe dari 6,19 menjadi 1,92 mg/L dengan efektivitas 69%, serta efektif untuk parameter yang lain sehingga berpotensi untuk dikembangkan sebagai adsorben.

Kata kunci: Adsorben, Modifikasi, Kaolin, Timbal, Besi, Wastewater

ABSTRACT

Heavy metal pollution such as Lead and Iron can cause environmental pollution that has an impact on the ecosystem, economy, and social community. Adsorption is one of methods to reduce metal content in water, one of which is using kaolin, sourced from nature. The adsorption efficiency of kaolin can be increased by modification. On the other hand, paper waste is widely found around the environment. The purpose of this study was to determine the effectiveness, potential, and effect of modified kaolin paper as an adsorbent for Lead and Iron metals in wastewater of the leather tanning industry. This research was performed by modifying the physically activated kaolin adsorbent by heating at 100 °C for 2.5 hours and activated paper with 10% NaOH solution for 24 hours, neutralized, and dried at 60-70 °C for 24 hours. The kaolin-paper modification ratio are 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, and 1:8 in the form of dry powder. The adsorbent power test on wastewater using the ratio of adsorbent: waste = 1:8 b/v, then analyzed using organoleptic parameters (odor and color), pH, dissolved solids, oxygen content, Lead, and Iron concentrations. Kaolin-paper modification with the ratio of 1:8 b/b can reduce Lead levels from 2.47 to 0.02 mg/L with 99% of effectiveness, and Iron from 6.19 to 1.92 mg/L with 69% effectiveness, and is effective for different parameters. so that it has the potential to be developed as an adsorbent.

Keywords: Adsorbent, Kaolin Modification, Lead, Iron, Wastewater

Citation: Maulana, M.N., dan Ridwan, M.G. (2022). Modifikasi Kaolin Dengan Limbah Kertas Sebagai Adsorben Timbal dan Besi. Jurnal Ilmu Lingkungan, 20(4), 816-823, doi:10.14710/jil.20.4.816-823

1. Latar Belakang

Perairan yang tercemar logam berat dapat menimbulkan masalah terhadap lingkungan, sehingga dapat memengaruhi ekosistem, ekonomi, dan sosial masyarakat di sekitar daerah aliran sungai. Industri yang menghasilkan limbah cair dalam kuantitas yang besar salah satunya adalah industri penyamakan kulit. Dilaporkan bahwa 1 ton kulit basah pada proses penyamakan kulit memerlukan ±40 m³ air dan menghasilkan limbah cair yang tercampur dengan bahan kimia lainnya seperti logam

berat (Nugraha, Yulianto, & Rahmawati, 2018). Menurut Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (BAPEDAL) Provinsi Jawa Barat, limbah padat yang cukup banyak berupa gumpalan daging, bulu, dan lemak serta limbah cair yang masih terkontaminasi oleh polutan seperti sulfat, kromium, tannin sintetik, minyak, dan resin serta bahan organik yang tinggi merupakan dampak negatif yang ditimbulkan dari proses penyamakan kulit. Proses penyamakan kulit diperkirakan hanya menghasilkan 20% kulit komersial (Solihah, 2020).

Senyawa kromium sulfat 50-60% digunakan pada proses produksi penyamakan kulit dan tidak semuanya dapat terserap oleh kulit dan menghasilkan limbah cair berupa krom (Cr) (Solihah, 2020). Selain krom (Cr) dapat ditemukan juga Cadmium (Cd) dan Timbal (Pb) yang kemungkinan berasal dari cat dalam proses pengecatan dasar (*dyeing*) atau pengecatan tutup pada proses finishing (Sunaryo & Sutyasmi, 2010). Sedangkan menurut Wigatiningari (1995) limbah penyamakan kulit mengandung logam Fe, Na, K, Ca, dan Cr.

Logam berat dapat menyebabkan berbagai macam gangguan kesehatan dan merupakan senyawa yang tidak dapat terurai (Herlenasari, Sari, & Mardiah, 2017). Dalam penelitian Adji, *et al.* (2008) diketahui beberapa unsur logam berat seperti Fe dan Pb berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Metode adsorpsi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi kadar logam dalam air (Rahayu & Khabibi, 2016), salah satu contoh bahannya adalah dengan menggunakan kaolin.

Kaolin dikenal dengan nama batu lempung dan banyak terdapat pada jenis batuan sedimen. Dalam perkembangannya, kaolin banyak digunakan sebagai adsorben. Komposisi kimia penyusun batuan kaolin pada lempung berkualitas tinggi adalah $2H_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$. Warna kaolin pada umumnya adalah putih, abu-abu, abu-abu putih, kuning jingga, atau kemerahan. Kaolin juga memiliki potensi dan cadangan yang besar di Indonesia. Kaolin dirumuskan sebagai $Al_2Si_2O_5(OH)_4$. Kaolinit, nakrit, dan haloisit termasuk dalam kelompok kaolin, sedangkan mineral utama kaolin adalah kaolinit (Hakim, 2019).

Penelitian Hanani (2019) tentang kaolin sebagai adsorben logam Pb, disimpulkan bahwa adsorben kaolin yang teraktivasi kimia-fisika dapat menurunkan kandungan logam Pb sebesar 17,42 %. Sementara itu, Anggriawan, *et al.* (2015) melaporkan bahwa kadar Fe dan Mn pada air gambut yang menggunakan adsorben kaolin memiliki efisiensi penurunan sebesar 85,67 % untuk Fe dan sebesar 77,55 % untuk Mn.

Adsorpsi merupakan metode pemisahan yang menarik bahan pengotor ke permukaan bahan pengadsorpsi secara kuat sehingga dapat membersihkan suatu bahan dari pengotor (Agusdin & Setiorini, 2020). Metode adsorpsi umumnya digunakan dalam beberapa proses seperti pemurnian air dan proses pemutihan gula. Faktor yang mempengaruhi efektifitas adsorpsi antara lain pH, perbandingan antara massa adsorbent dan adsorbat, suhu dan waktu adsorpsi, konsentrasi adsorbat, sifat adsorben dan sifat serapannya.

Kaolin merupakan polimer anorganik yang berfungsi sebagai penukar ion anorganik sehingga dengan bantuan air dapat melakukan proses pertukaran ion secara alami. Akan tetapi, permasalahannya terletak pada daya serap kaolin yang relatif rendah dibandingkan dengan zeolit,

bentonit dan arang yang merupakan beberapa contoh bahan yang memiliki daya adsorpsi lainnya. Efisiensi kaolin sebagai adsorben molekul nonpolar serta untuk mengadsorpsi anion dan kation lain dapat ditingkatkan dengan adanya modifikasi dan sifat hidrofobik pada kaolin yang mengakibatkan adanya muatan positif (Putra, Lestari, & Meilina, 2015). Pada penelitian Tanheitafino, *et al.* (2016) melaporkan bahwa adsorpsi Pb pada hasil modifikasi kitosan-kaolin mempunyai kapasitas adsorpsi maksimum 76,46% dengan perbandingan komposisi kitosan-kaolin 1:0,25. Sementara itu, dalam penelitian Putra, *et al.* (2015) kaolin dimodifikasi menggunakan surfaktan yang teraktivasi pada suhu 300°C selama 3 jam menghasilkan kesimpulan bahwa pada rasio kaolin:surfaktan=1:2 dapat menurunkan kadar Pb sebanyak 78%. Sedangkan, pada penelitian Cici, *et al.* (2017), kaolin yang telah dimodifikasi dengan ampas sagu yang telah teraktivasi H_3PO_4 30% menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum 1,689 mg/g dan pH=4 merupakan kondisi pH maksimum untuk adsorpsi Fe.

Di sisi lain, limbah kertas atau kardus dapat didaur ulang dan banyak ditemukan di sekitar lingkungan. Dari data komposisi sampah berdasarkan jenis sampah yang ada di seluruh Indonesia yang disajikan oleh Kementerian Lingkungan Hidup, kertas/karton merupakan 12,04% dari total komposisi sampah di Indonesia (Anonim, 2021). Dalam penelitian Sulaeman, *et al.* (2021), menyatakan bahwa kertas merupakan material yang terbuat dari serat kayu yang mengandung selulosa dan hemiselulosa. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Takarani, *et al.* (2019) menggunakan kulit jagung sebagai adsorben untuk penurunan kadar pada logam Cu dan Fe, dimana hal ini diketahui pada kulit jagung terkandung selulosa sebanyak 44,08%.

Penelitian yang dilakukan oleh Ernawati (2019) menjelaskan bahwa Kertas HVS memiliki potensi untuk dijadikan adsorben berbiaya murah yang dapat menyerap logam Pb. Sementara itu, Mangesti, *et al.* (2019) menggunakan selulosa asetat yang merupakan hasil dari asetilasi selulosa sabut kelapa sawit sebagai adsorben logam Pb dan Cu pada pelumas bekas. Dari hasil penelitian Mardiah & Fathoni (2016) tentang penggunaan kertas koran bekas untuk adsorpsi logam Cu dan Fe disimpulkan bahwa penurunan kadar Cu tertinggi 99,31 % dan Fe 99,99%, serta diperoleh kapasitas adsorpsi maksimal 2182 $\mu\text{g/g}$ untuk Cu dan 1552 $\mu\text{g/g}$ untuk Fe. Dalam penelitian tersebut juga dilaporkan bahwa untuk mengurangi berbagai kotoran seperti debu dan tinta, maka kertas koran bekas harus diaktivasi dalam larutan natrium hidroksida 10% terlebih dahulu sebelum digunakan.

Beberapa bahan tambahan yang dibutuhkan dalam pembuatan kertas adalah kaolin, rosin, alum, pati, dan *defoamer*. Kaolin sebagai pengisi celah-celah fiber sehingga dapat memperbaiki sifat kelicinan, sifat cetak, derajat putih, dan opasitas kertas. Rosin

berfungsi sebagai penahan air pada kertas supaya tahan terhadap rembesan air. Alum berfungsi sebagai pengendap zat perekat agar tidak mengalir dengan *white water*, membuat kualitas kertas tetap stabil, dan mengatur pH. Pati berfungsi untuk memperbaiki permukaan kertas, kekuatan kertas, dan kerataan kertas. Serta *defoamer* berfungsi sebagai pencegah timbulnya busa dari proses pemucatan kertas (Khanafi, 2004).

Dari uraian yang sudah disampaikan tersebut, adapun penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi dan efektifitas serta pengaruh modifikasi kaolin-kertas sebagai adsorben logam Pb dan Fe pada limbah penyamakan kulit.

2. Metode Penelitian

2.1. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan beberapa peralatan antara lain, *Shredder*, Alat gelas yang biasa digunakan di laboratorium kimia, Oven, *blender*, neraca, *magnetic stirrer*, TDS Meter, dan *Dissolved Oxygen Meter*. Penelitian ini menggunakan beberapa bahan antara lain kertas HVS dan koran, kardus, Kaolin, NaOH, Akuadest, air limbah penyamakan kulit, kertas lakmus, *Aluminium foil*, *zip bag*, kain penyaring, kertas saring Whatman no.41 dan 14 in 1 Reagent Strips for Water

2.2. Cara Kerja

Limbah kertas HVS, koran dan kardus masing-masing sebanyak 250gram dipotong kecil menggunakan *paper shredder*. Larutan NaOH 10% dibuat dengan campuran NaOH 100gram dan Akuadest 1 L. Larutan NaOH 10% dicampur dengan kertas dan didiamkan di dalam beaker yang tertutup aluminium foil selama 24 Jam. Campuran kertas ditiriskan menggunakan kain dan hasilnya dimasukkan ke dalam ember. Padatan dalam ember direndam dengan akuadest dan didiamkan selama 24 Jam. Ulangi proses pencucian hingga pH bernilai 7. Setelah itu, padatan direduksi ukurannya menggunakan tangan hingga menjadi ukuran ±1cm dan dikeringkan dengan oven pada suhu 60-70 °C selama 24 Jam. Di sisi lain, kaolin diaktivasi secara fisika dengan dipanaskan menggunakan oven pada suhu 100 °C selama 2,5 Jam. Modifikasi kaolin-kertas sebagai adsorben menggunakan perbandingan 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, dan 1:8 masing-masing sejumlah 60gram dan desain kelompok perlakuan secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Modifikasi Kaolin-Kertas

Modifikasi Kaolin-Kertas	Kaolin (gram)	Kertas (gram)			Total Campuran (gram)
		Total	Kardus	Kertas HVS dan Koran	
Perbandingan 1:1	30,00	30,00	10,00	20,00	60,00
Perbandingan 1:2	20,00	40,00	13,33	26,66	60,00
Perbandingan 1:3	15,00	45,00	15,00	30,00	60,00
Perbandingan 1:4	12,00	48,00	16,00	32,00	60,00
Perbandingan 1:8	6,66	53,34	17,77	35,57	60,00

Masing-masing perbandingan dilarutkan dalam 360 mL akuades. Setelah itu diaduk dengan blender hingga tercampur rata, kemudian dipanaskan pada oven dengan suhu 100°C selama 24 jam dalam wadah *aluminium foil*. Setelah dioven, adsorben direduksi ukurannya dengan blender selama 1 menit hingga menjadi ukuran ±2mm (*blender philips hr2068*) kemudian disimpan dalam *zip bag* atau wadah kedap air. Pengujian dilakukan dengan komposisi 60 gram adsorben dan 480 mL air limbah dengan waktu kontak 30 menit seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2. Sebagai kontrol digunakan 480 mL air limbah asam dan air limbah sesudah ditambahkan soda api, serta kaolin dan kertas dalam konsentrasi tunggal.

Tabel 2. Perbandingan Modifikasi Kaolin-Kertas

Sampel Uji	Adsorben (gram)	Air Limbah Asam (mL)
Kaolin-Kertas 1:1	60	480
Kaolin-Kertas 1:2	60	480
Kaolin-Kertas 1:3	60	480
Kaolin-Kertas 1:4	60	480
Kaolin-Kertas 1:8	60	480
Kaolin	60	480
Kertas	60	480

2.3. Metode Pemrolean Data

Data diperoleh dengan menggunakan metode antara lain 1) Observasi: Melakukan pengamatan secara visual kemudian mencatat dan menganalisis setiap percobaan yang dilakukan. 2) Eksperimen: Melakukan pengujian modifikasi kaolin-kertas dengan perbandingan 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, dan 1:8 terhadap air limbah hasil industri penyamakan kulit, dan mencari hasil modifikasi yang dapat menyerap Fe dan Pb secara maksimal. 3) Dokumentasi: Mencatat hasil dari setiap percobaan yang dilakukan sebagai dokumentasi penelitian.

2.4. Metode Pengolahan Dan Analisis Data

Penelitian ini dilakukan dengan mengamati perubahan sampel setelah diuji berdasarkan parameter organoleptik (bau dan warna), pH, TDS, kadar oksigen, konsentrasi Pb dan konsentrasi Fe. Konsentrasi Pb dan Fe secara kualitatif diamati menggunakan *reagent strips*, sedangkan secara kualitatif diuji di Laboratorium Lingkungan UII menggunakan metode uji SNI 6989.8-2009 untuk konsentrasi Pb dan SNI 6989.4-2004 untuk konsentrasi Fe. Pengujian pH, TDS, dan DO dilakukan pengulangan selama 4 kali dan diambil rata-ratanya. Konsentrasi Pb di Hasil pengamatan tiap eksperimen kemudian disajikan dalam tabel dan gambar, serta interpretasi data dilakukan secara kualitatif dengan membandingkan hasil pengamatan dengan baku mutu air limbah.

Efektivitas adsorbsi dapat dihitung dengan menggunakan pendekatan persen removal zat yang

akan diserap. Dalam Mardiah & Fathoni (2016), terdapat persamaan untuk menghitung persen removal Cu dan Fe sehingga dapat digunakan untuk menghitung removal Pb dan Fe dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\% \text{ removal} = \frac{C_i - C_e}{C_i} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

C_i = konsentrasi awal Pb atau Fe (mg/l)

C_e = konsentrasi akhir Pb atau Fe (mg/l)

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi dan pengaruh modifikasi kaolin dengan memanfaatkan limbah kertas HVS, koran, dan kardus sebagai adsorben logam Pb dan Fe pada limbah penyamakan kulit yang dalam penelitian ini diperoleh dari PT Adi Satria Abadi. Menurut Sunaryo & Sutyasmi (2010) logam Pb kemungkinan berasal dari cat dalam proses pengecatan dasar (*dyeing*) atau pengecatan tutup pada proses *finishing*, sedangkan menurut Wigatiningari (1995) limbah penyamakan kulit mengandung unsur Fe, sedangkan unsur yang sangat memengaruhi adalah Cr. Dalam penelitian Sari, *et al.* (2016) daya adsorpsi kaolin terhadap ion Fe yang teraktivasi secara kimia lebih besar dibandingkan dengan metode aktivasi secara fisika dan kimia-fisika, sedangkan menurut Hanani (2019) daya adsorpsi kaolin terhadap logam Pb yang teraktivasi secara kimia-fisika lebih besar dibandingkan dengan metode aktivasi secara fisika dan kimia. Pengolahan limbah secara kimia yang dilakukan oleh industri dengan NaOH dapat menurunkan kadar DO (*Dissolved Oxygen*) serta menambah nilai TDS, sehingga perlu dilakukan upaya mencari alternatif adsorben yang lain, yang lebih ramah lingkungan. Perbandingan komposisi antara kelompok perlakuan dibuat untuk mengetahui seberapa banyak kertas yang dibutuhkan untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi kaolin. Berdasarkan penelitian Putra, *et al.* (2015), perbandingan kaolin-surfaktan yang digunakan adalah 1:0, 1:2, 1:3, dan 2:1 b/b, dimana hasilnya menunjukkan kapasitas adsorpsi terbesar terdapat pada perbandingan 1:2. Perbandingan 1:3 dan 2:1 memiliki kapasitas adsorpsi yang relatif sama. Sementara itu berdasarkan penelitian Tanheitafino, *et al.* (2016), perbandingan kitosan-kaolin yang digunakan adalah 1:0.25, 1:0.5, 1:1, 1:2, dan 1:4 b/b, dengan hasilnya menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi terbesar terdapat pada perbandingan 1:0.25. Dengan demikian, penggunaan jumlah kaolin pada modifikasi dalam dua komponen akan mempengaruhi kapasitas adsorpsinya. Oleh karena itu penelitian ini menggunakan perbandingan kaolin-kertas secara bertahap pada perbandingan 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, dan 1:8 b/b.

Tahapan penelitian ini dimulai dari menyiapkan limbah kertas, membuat larutan NaOH, mereduksi

ukuran kertas, aktivasi kaolin, modifikasi kaolin-kertas, menghaluskan modifikasi kaolin-kertas dengan blender, dan melakukan pengujian. Hasil modifikasi kaolin-kertas terlihat seperti kapas yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Hasil Modifikasi Kaolin-Kertas yang Telah Dihaluskan

Hasil modifikasi kaolin-kertas perlu dihaluskan, supaya daya adsorpsinya lebih baik. Modifikasi kaolin dengan kertas sebelum dioven berwarna abu-abu dan setelah dioven berubah warna menjadi putih. Kemudian modifikasi kaolin-kertas berubah warna menjadi putih cerah setelah dihaluskan.

Pengujian modifikasi kaolin-kertas terhadap air limbah hasil industri penyamakan kulit dilakukan dengan mengamati hasil secara organoleptik berdasarkan warna dan bau, pengujian pH menggunakan kertas lakmus, pengujian konsentrasi Pb dan Fe menggunakan reagent strips, pengukuran parameter DO dan TDS.

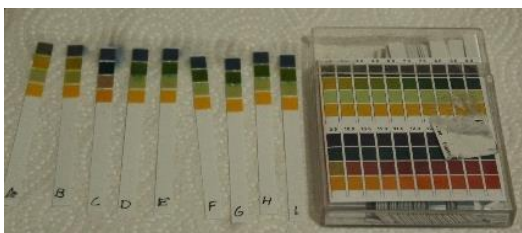


Gambar 2 Pengamatan Organoleptik

Pada Gambar 2 terlihat perbandingan warna hasil pengujian modifikasi kaolin-kertas dan kontrol. Pengamatan dilakukan secara organoleptik dengan parameter bau dan warna dengan keterangan: A= Kontrol limbah asam; B= Kontrol kaolin; C= Kontrol limbah+NaOH; D= Kontrol kertas; E= Modifikasi kaolin-kertas 1:1; F= Modifikasi kaolin-kertas 1:2; G= Modifikasi kaolin-kertas 1:3; H= Modifikasi kaolin-kertas 1:4; I= Modifikasi kaolin-kertas 1:8. Berdasarkan hasil dari pengamatan organoleptik berupa bau dan warna, didapatkan hasil aroma yang berbeda pada masing-masing sampel. Pada limbah yang ditambahkan NaOH oleh pihak industri, didapatkan hasil pengamatan aroma yang sangat bau, pada kontrol berupa limbah asam dan kaolin, modifikasi kaolin-kertas 1:3, 1:4, dan 1:8 didapatkan aroma yang bau, sedangkan aroma yang teramat pada modifikasi kaolin-kertas 1:1, 1:2, dan kontrol kertas menghasilkan bau yang lebih tersamar atau sedikit bau. Sementara itu pada pengamatan warna

limbah yang dilakukan didapatkan hasil yang berbeda dari masing-masing sampel. Pada limbah+NaOH, didapatkan hasil pengamatan warna berupa putih keruh, pada limbah asam didapatkan hasil pengamatan warna berupa putih sedikit bening, sedangkan pada kontrol berupa kaolin, warna masih sama dengan limbah asam, tetapi pada modifikasi kaolin-kertas dan kontrol kertas, warna telah berubah menjadi kecoklatan. Selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap parameter pH menggunakan kertas lakmus dengan hasil yang terlihat pada Gambar 3.

Pada Gambar 3 terlihat perbandingan pH pada pengujian modifikasi kaolin-kertas dan kontrol. Dari hasil pengujian didapatkan nilai pH dari modifikasi kaolin-kertas dan kontrol kertas pada angka 7,5 yang sudah memenuhi baku mutu air. Sedangkan kontrol berupa limbah asam memiliki pH yang berada pada angka 4,5, kontrol kaolin pada angka 4,5-5,0, dan kontrol berupa limbah+NaOH pada angka 9,5 dan belum memenuhi baku mutu air. Dari hasil yang didapatkan, modifikasi kaolin-kertas dapat menetralkan pH dari 4,5 menjadi 7,5, dan telah memenuhi baku mutu air limbah industri secara umum yang memiliki batas pH 6-9.



Gambar 3 Hasil Pengamatan Pengujian pH dengan Kertas Lakmus

Selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap parameter konsentrasi Pb dan Fe dengan menggunakan Reagent Strips. Pengujian konsentrasi Pb dan Fe dilakukan dengan mencelupkan Reagent Strips ke dalam air sampel dan diperoleh hasil pengukuran yang terlihat pada Gambar 4.

Pada Gambar 4 terlihat perbandingan konsentrasi Pb dan Fe pada pengujian modifikasi kaolin-kertas dan kontrol. Dari hasil pengujian konsentrasi Pb dan Fe, didapatkan konsentrasi Pb 0-20 mg/L pada modifikasi kaolin-kertas 1:2 dan 1:3. Didapatkan konsentrasi Pb 20 mg/L pada modifikasi kaolin-kertas 1:1, 1:4, dan 1:8, kontrol kertas, kaolin, dan limbah asam. Serta didapatkan konsentrasi Pb tertinggi yaitu 500 mg/L pada kontrol limbah+NaOH. Sementara itu, didapatkan konsentrasi Fe 0 mg/L pada semua sampel.

Namun berdasarkan hasil yang telah didapatkan dari laboratorium uji, modifikasi kaolin-kertas 1:1, 1:3 dan 1:8 dapat menurunkan konsentrasi Pb yang telah memenuhi baku mutu air. Modifikasi kaolin-kertas 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:8, kontrol limbah+NaOH, kertas, dan kaolin dapat menurunkan konsentrasi Fe yang telah memenuhi baku mutu air.



Gambar 4 Hasil Pengamatan Pengujian Konsentrasi Pb dan Fe dengan Reagent Strips

Berdasarkan baku mutu air limbah industri secara umum, konsentrasi Pb pada golongan 1 maksimal adalah 0,1 mg/L dan pada golongan 2 maksimal adalah 1 mg/L. Konsentrasi Fe maksimal pada golongan 1 adalah 5 mg/L dan pada golongan 2 adalah 10 mg/L. Pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran DO menggunakan DO meter, dan dilakukan pengukuran TDS menggunakan TDS Meter. Dalam pengujian modifikasi kaolin-kertas dengan perbandingan 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, dan 1:8 terhadap air limbah hasil industri penyamakan kulit beserta kontrolnya, diperoleh hasil pengamatan dengan parameter organoleptik (bau dan warna), pH, TDS, DO, konsentrasi Pb dan konsentrasi Fe dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan tabel hasil pengujian organoleptik, pH, DO (mg/L), TDS(ppm), konsentrasi Pb(mg/L), dan konsentrasi Fe(mg/L), didapatkan bahwa seluruh perbandingan modifikasi kaolin-kertas sudah memenuhi baku mutu air dalam parameter pH dan konsentrasi Fe. Sedangkan rata-rata perbandingan modifikasi kaolin-kertas masih meningkatkan kadar TDS, sehingga belum memenuhi baku mutu air dalam parameter TDS. Selain itu, beberapa modifikasi kaolin-kertas belum memenuhi baku mutu air dalam parameter konsentrasi Pb. Akan tetapi, modifikasi kaolin-kertas meningkatkan kadar DO sehingga kebutuhan oksigen ekosistem perairan di sungai dapat tercukupi. Serta, modifikasi kaolin-kertas 1:8 b/b merupakan perbandingan yang efektif dalam mengadsorpsi logam Pb dan Fe. Hal ini didukung oleh data konsentrasi logam yang diujikan di laboratorium uji, yang menunjukkan bahwa seri modifikasi 1:8 memiliki konsentrasi logam yang lebih rendah, dengan efektivitas adsorpsi logam Pb sebesar 99% dan Fe sebesar 69%, serta didukung oleh parameter lain seperti DO dan TDS.

Peningkatan nilai pH akibat pemberian perlakuan dengan limbah kertas kemungkinan disebabkan oleh penggunaan kertas sebagai adsorben. Dalam penelitian Sulaeman, *et al.* (2021), menyatakan bahwa kertas merupakan material yang terbuat dari serat kayu yang mengandung selulosa dan hemiselulosa. Di sisi lain, dalam penelitian Safitri, *et al.* (2018) menyebutkan bahwa selulosa merupakan polimer glukosa dengan ikatan β -1,4 glukosida dalam rantai lurus, sehingga ketika selulosa dihidrolisis maka ikatan ikatan β -1,4 akan lepas dan akan menghasilkan glukosa.

Tabel 3. Hasil Pengamatan Pengujian

Parameter	Limbah		Perbandingan Modifikasi Kaolin-Kertas					Kertas (HVS, koran, kardus)	Kaolin
	Limbah Asam	Limbah + NaOH	1:1	1:2	1:3	1:4	1:8		
	A	C	E	F	G	H	I	D	B
Bau	Bau	Sangat Bau	Agak Bau	Agak Bau	Bau	Bau	Bau	Agak Bau	Bau
Warna	putih sedikit bening	putih keruh	cokelat bening	cokelat keruh	cokelat keruh	cokelat pekat	cokelat pekat	cokelat keruh	putih bening
pH	4,5	9,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	4,5-5,0
DO (mg/L)	0,29	0,00	3,58	3,48	3,41	3,15	3,01	3,48	3,07
TDS (ppm)	3935	15050	4167,5	3770	4245	4232,5	4260	4107,5	3717,5
Konsentrasi Pb (mg/L)	20	500	20	0-20	0-20	20	20	20	20
Konsentrasi Fe (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lab Uji Konsentrasi Pb (mg/L)	2,47	0,54	0,02	0,58	0,03	0,58	0,02	0,16	1,87
Lab Uji Konsentrasi Fe (mg/L)	6,19	1,21	2,45	2,66	2,96	1,73	1,92	1,63	4,48
Efektivitas Adsorpsi Pb (mg/L)	0%	78%	99%	77%	99%	77%	99%	94%	24%
Efektivitas Adsorpsi Fe (mg/L)	0%	80%	60%	57%	52%	72%	69%	74%	28%

Mekanisme reaksi hidrolisis yang terjadi antara selulosa dengan asam yaitu gugus H⁺ pada asam sulfat akan mengubah serat menjadi gugus radikal. Gugus radikal ini akan berikatan dengan OH dari molekul air sehingga akan mengasihkan glukosa. Dengan demikian, pH limbah yang bersifat asam setelah penambahan selulosa menjadi mendekati netral. Hal ini memberikan kesan bahwa pH air meningkat.

Peranan kaolin pada penelitian ini adalah sebagai adsorben utama untuk mengurangi konsentrasi Pb dan Fe. Berdasarkan penelitian Putra, *et al.* (2015) Kaolin sebagai media penyerap logam timbal (adsorben) mampu ditingkatkan kinerjanya dengan penambahan surfaktan, sehingga daya adsorpsinya meningkat dari kondisi awal tanpa modifikasi sebesar 44% menjadi 78,71% setelah dilakukan modifikasi dengan surfaktan. Disisi lain, penelitian Sari, *et al.* (2016) menunjukkan bahwa kaolin yang diaktivasi secara fisika dengan pemanasan pada temperatur 700°C menyebabkan proses pengeluaran molekul-molekul air dari rangka kristal, dimana dua gugus -OH yang berdekatan melepaskan satu molekul air. Kaolin memiliki struktur rangka, mengandung ruang kosong yang ditempati oleh kation dan molekul air yang bebas sehingga memungkinkan pertukaran ion dan penyerapan senyawa kimia. Karena adanya penguapan kandungan air pada saat aktivasi fisika maka ruang yang ditempati oleh molekul air yang bebas tersebut menjadi kosong sehingga saat adsorpsi sangat memungkinkan terjadinya penyerapan ion besi (Fe). Adsorben yang menggunakan kaolin yang diaktivasi secara fisika mengalami penurunan kadar Fe sebesar 81,67%.

Sementara itu, berdasarkan penelitian Mardiah & Fathoni (2016) menjelaskan bahwa koran terdiri dari matriks selulosa yang memiliki situs aktif (OH), situs aktif ini memiliki peran penting untuk proses adsorpsi. Dengan adanya gugus hidroksil ini, selulosa

mampu membentuk ikatan hidrogen baik secara inter maupun intramolekuler. Semakin besar konsentrasi dosis adsorben maka semakin banyak pula logam Cu (II) dan Fe (II) yang terserap. Namun, pada dosis adsorben 0,25 gram baik Cu (II) maupun Fe(II) mulai terlihat konstan. Pada dosis yang tinggi kemungkinan adsorbat yang menempel lebih banyak, dan juga tercapai keadaan yang jenuh yaitu adsorben kertas koran sudah tidak dapat lagi menyerap Cu(II) dan Fe (II). Persen *removal* tertinggi pada 99,31 % untuk logam Cu(II) dan 99,99 % untuk logam Fe (II). Dengan demikian, kaolin perlu dimodifikasi dengan bahan lainnya agar daya adsorpsi kaolin meningkat dan di sisi lain, kertas merupakan bahan adsorben yang memiliki daya adsorpsi yang baik untuk dijadikan agen pemodifikasi kaolin.

Dari hasil yang didapatkan, diharapkan adsorben modifikasi kaolin-kertas mampu diaplikasikan dalam pengolahan air limbah. Tiap 40 m³ air limbah diperkirakan akan memerlukan 5000 Kg adsorben kaolin-kertas. Dalam penelitian ini diketahui hasil modifikasi kaolin-kertas yang paling baik sebagai adsorben logam Pb dan Fe adalah perbandingan 1:8. Sebaiknya dalam penelitian selanjutnya dapat menguji parameter lainnya seperti COD, BOD, dan TSS supaya sesuai dengan baku mutu air. Dalam aplikasinya, adsorben kaolin-kertas menghasilkan endapan sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memisahkan antara sisa dengan limbah agar tidak terjadi pengendapan yang dapat mengganggu proses pengolahan limbah.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa modifikasi kaolin dengan kertas HVS, koran, dan kardus berpotensi dan efektif untuk dijadikan adsorben logam Pb dan Fe, sebab hasil pengujian menunjukkan bahwa modifikasi kaolin dengan kertas HVS, koran, dan kardus mampu menurunkan kadar

Pb dan Fe dengan seri efektif adalah modifikasi kaolin-kertas 1:8 b/b. Modifikasi kaolin dengan menambahkan kertas HVS, koran, dan kardus memengaruhi daya adsorpsi kaolin, sebab hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan kertas HVS, koran, dan kardus pada kaolin meningkatkan efektivitas adsorpsi kaolin dari 24% menjadi 99% untuk logam Pb dan 28% menjadi 69% untuk logam Fe.

DAFTAR PUSTAKA

- Adji, S. S., Sunarsih, D., & Hamda, S. (2008). Pencemaran Logam Berat dalam Tanah dan Tanaman serta Upaya Mengurangnya: Prosiding Seminar Nasional Kimia XVIII. Yogyakarta: Jurusan Kimia FMIPA UGM.
- Agusdin, & Setiorini, I. A. (2020). Analisa Kemampuan Penyerapan Bubur Kertas (Pulp) dari Kertas Bekas Sebagai Adsorbent Zat Warna Reaktif dan Logam Berat (Cu dan Fe) dari Limbah Cair Tekstil dengan Adsorber Vertikal. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, XI(1), 4-13
- Anggriawan, A., Saputra, E., & Olivia, M. (2015). Penyisihan Kadar Logam Fe dan Mn Pada Air Gambut Dengan Pemanfaatan Geopolimer Dari Kaolin Sebagai Adsorben. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*, II(1), 1-6.
- Anonim. (2021). *SIPSN - Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*. Retrieved Agustus 6, 2021, from <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/komposisi>
- Cici, I., Destiarti, L., & Shofiyani, A. (2017). Pemanfaatan Komposit Ampas Sagu-Kaolin Untuk Adsorpsi Fe(II). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, VI(2), 7-13
- Ernawati. (2019). *Adsorpsi Ion Logam Timbal(II) Oleh Selulosa Limbah Kertas HVS Sebagai Adsorben Berbiaya Murah*. Bandung: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati.
- Hakim, R. (2019). *Aktivasi Kaolin Alam Dengan Variasi Konsentrasi HCl Sebagai Adsorben Logam Pb Pada Limbah Laboratorium Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim*. Malang: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Hanani, M. (2019). *Aktivasi Fisika, Kimia dan Kimia Fisika Pada Kaolin Sebagai Adsorben Logam Pb Pada Limbah Laboratorium Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang*. Malang: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Herlenasari, A., Sari, M. P., & Mardiah. (2017). Pembuatan Adsorben Dari Koran Bekas Untuk Mengurangi Kadar Fe dan Cu Dalam Air Limbah. *Journal Of Chemical Process Engineering*, II(1), 16-22.
- Khanafi, M. (2004). *Pemanfaatan Limbah Padat Serpihan Kertas Pabrik Kertas PT. Pura Barutama Kudus Sebagai Briket Bahan Bakar*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
- Mangesti, F. L., Sosidi, H., Prismawiryanti, & Syamsuddin. (2019). Adsorpsi Logam Pb dan Cu Dari Pelumas Bekas Menggunakan Blending. *Jurnal Riset Kimia KOVALEN*, V(2), 222-232.
- Mardiah, & Fathoni, R. (2016). Adsorpsi Logam Cu (II) dan Fe (II) Menggunakan Kertas Koran Bekas. *Jurnal Integrasi Proses*, VI(2), 89 - 94.
- Nugraha, F. M., Yulianto, A., & Rahmawati, S. (2018). *Studi Toksisitas Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Terhadap Daphnia Sp. Dengan Metode Whole Effluent Toxicity (WET)*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
- Putra, A., Lestari, N., & Meilina, H. (2015). Penyerapan Ion Timbal Dalam Air Dengan Menggunakan Modifikasi Kaolin-Surfaktan Sebagai Media Penyerap. *Biopropal Industri*, VI(2), 81-87.
- Rahayu, P., & Khabibi. (2016). Adsorpsi Ion Logam Nikel(II) oleh Kitosan Termodifikasi Tripolifosfat. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, XVI(1), 21-26.
- Safitri, R., Anggita, I. D., Safitri, F. M., & Ratnadewi, A. A. (2018). Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dalam Proses Hidrolisis Selulosa dari Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus costaricensis*) untuk Produksi Bioetanol. *Industrial Research Workshop and National Seminar*, IX, 438-442.
- Sari, T. I., Muhsin, & Wijayanti, H. (2016). Pengaruh Metode Aktivasi Pada Kemampuan Kaolin Sebagai Adsorben Besi (Fe) Air Sumur Garuda. *Konversi*, V(2), 20-25.
- Solihah, A. A. (2020). *Efektivitas Berbagai Variasi Tegangan Listrik Pada Proses Elektrolisis Dalam Penurunan Kadar Cr dan Cd Limbah Cair Penyamakan Kulit*. Yogyakarta: Program Studi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes.
- Sulaeman, A., Subarkah, C. Z., & Sukmawardani, Y. (2021). Pengembangan Lembar Kerja Berbasis Inkuiri Terbimbing Biosorpsi Logam Besi Dalam Air Sumur Menggunakan Limbah Kertas Dengan Modifikasi Asam Sitrat. *Gunung Djati Conference Series*, II(1), 359-370.
- Sunaryo, & Sutyasmi, S. (2010). Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Riset Penyamakan Kulit di Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik (BBKKP). *Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik (BBKKP) Yogyakarta*, IV(3), 61-72.

Maulana, M.N., dan Ridwan, M.G. (2022). Modifikasi Kaolin Dengan Limbah Kertas Sebagai Adsorben Timbal dan Besi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(4), 816-823. doi:10.14710/jil.20.4.816-823

Takarani, P., Novita, S. F., & Fathoni, R. (2019). Pengaruh Massa dan Waktu Adsorben Selulosa. *Hilirisasi Teknologi Berbasis Industri 4.0 di Lingkungan Tropis*, II(1), 117-121.

Tanheitafino, S., Zaharah, T. A., & Destiarti, L. (2016). Modifikasi Kitosan Dengan Kaolin dan

Aplikasinya Sebagai Adsorben Timbal (II). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, V(2), 33-42.

Wigatiningari, T. (1995). *Penentuan Kadar Logam Cr dan Fe Dalam Limbah Pabrik Penyamakan Kulit Secara Spektroskopi Serapan Atom*. Semarang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Diponegoro.