Amberlite Resin Performance Test in Reducing Chromium and COD Levels in Laweyan Batik Waste

Alimatun Nashira[1], **Neyza Arafahira**[1], **Lutvia Yuniar Anggraeni**[1], **Nadhev Fadil Muhammad**[1]

[1] Department of Chemical Engineering, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia
alimatun.nashira@ums.ac.id

Abstract

In addition to having high COD values, Laweyan batik industrial waste also often contains heavy metals, including chromium, which can accumulate in waters. Ion exchange resin is an effective method for chromium removal. However, the use of ion exchange resin to remove chromium levels from batik waste has not been widely studied. The existing study uses a stirring method instead of a fixed-bed column configuration. Ion exchange resin can also reduce COD from organic material remaining after primary and secondary processing, so it is necessary to test the resin performance for 2 parameters simultaneously, especially with fixed bed column operations. This study compared 3 types of Amberlite resin: Amberlite HPR1100 Na with aqua dm pre-treatment (Na^+ form), HPR1100 Na with acid pre-treatment, and HPR4800 Cl. The performance test results of Amberlite HPR1100 Na resin in Na^+ form showed that it reduced chromium levels by up to 87.25% with wastewater conditioning at pH 7 and COD by up to 32.0% at pH 4. In acidic and alkaline conditions, the resin performance for chromium reduction decreased significantly, while COD reduction could not be done at alkaline pH. If pH conditioning is not carried out, the performance of Amberlite HPR4800 Cl anion resin is better than that of Amberlite HPR1100 Na cation resin in removing chromium. At the same time, there is no significant difference between Amberlite cation and anion resins for COD reduction. These results indicate that Amberlite resin can be used as a tertiary processing stage for batik waste.

Keywords: *Amberlite resin; ion exchange; chromium; batik waste*

Uji Performa Resin Amberlite dalam Penurunan Kadar Kromium dan COD dalam Limbah Batik Laweyan

Abstrak

Limbah industri batik Laweyan selain memiliki nilai COD yang tinggi juga sering mengandung logam berat, termasuk logam kromium yang dapat terakumulasi di perairan. Salah satu metode yang efektif untuk menghilangkan kromium adalah resin penukar ion. Meski demikian, penggunaan resin penukar ion untuk menghilangkan kadar kromium dari limbah batik belum banyak dikaji dan satu-satunya studi yang ada menggunakan metode pengadukan alih-alih konfigurasi dalam bentuk kolom *fixed bed*. Resin penukar ion juga mampu untuk mengurangi COD dari material organik yang masih tersisa setelah pengolahan primer dan sekunder, sehingga diperlukan pengujian performa resin untuk 2 parameter secara simultan, khususnya dengan operasi kolom *fixed bed*. Pada penelitian ini dibandingkan 3 jenis resin Amberlite yaitu Amberlite HPR1100 Na dengan *pre-treatment* aqua dm (bentuk Na^+), HPR1100 Na dengan *pre-treatment* asam, dan HPR4800 Cl. Hasil uji performa resin Amberlite HPR1100 Na dalam bentuk Na^+ menunjukkan bahwa ia mampu menurunkan kadar kromium hingga 87,25% dengan pengkondisian air limbah pada pH 7 dan COD hingga 32,0% pada pH 4. Pada suasana asam dan basa performa resin untuk penurunan kromium mengalami penurunan signifikan, sementara untuk mengurangi COD tidak dapat dilakukan pada pH basa. Jika tidak dilakukan pengkondisian pH, performa resin anion Amberlite HPR4800 Cl lebih baik dibandingkan resin kation Amberlite HPR1100 Na dalam penghilangan kromium, sementara untuk penurunan kadar COD tidak ada perbedaan yang signifikan antara resin kation dan anion

Published by:
KONSORSIUM
LPPM PTMA
KOORDINATOR WILAYAH JATENG & DIY

Amberlite. Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa resin Amberlite dapat digunakan sebagai tahap pengolahan tersier dari limbah batik.

Kata kunci: Resin Amberlite; pertukaran ion; kromium; limbah batik

1. Pendahuluan

Salah satu aktivitas industri yang menghasilkan limbah pencemar perairan adalah industri batik. Kandungan yang terdapat di limbah industri batik pada umumnya berupa bahan organik, minyak lemak, padatan tersuspensi, dan logam berat [1]. Logam – logam yang diduga terkandung pada buangan industri batik adalah krom (Cr), timbal (Pb), nikel (Ni), tembaga (Cu), cadmium (Cd), dan besi (Fe) [2]. Logasm berat tidak dapat terurai secara hayati dan cenderung terakumulasi dalam organisme hidup sehingga apabila limbah ini langsung dibuang ke lingkungan tanpa melalui proses pengolahan yang baik maka akan sangat berbahaya bagi lingkungan serta makhluk hidup di sekitarnya.

Kromium (Cr) merupakan salah satu logam berat yang terdapat pada limbah cair batik. Krom dapat menyebabkan kanker paru – paru, kerusakan hati (liver) dan ginjal. Sementara itu bila terjadi kontak fisik antara krom dengan kulit dapat menyebabkan iritasi dan jika tertelan dapat menyebabkan sakit perut dan muntah [3]. Kromium dapat terakumulasi di lingkungan perairan, sehingga diperlukan adanya pengolahan yang baik pada limbah cair batik sebelum dibuang ke perairan. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi ion logam dalam limbah cair batik diantaranya adalah pengendapan, penukar ion dengan menggunakan resin, filtrasi dan adsorpsi.

Resin penukar ion adalah suatu matriks berupa butiran yang memiliki diameter 1-2 mm dan umumnya terbuat dari suatu substrat polimer organik. Kebanyakan resin penukar ion terbuat dari polystyrene yang memiliki ikatan crosslinker yang pada umumnya dicapai dengan menambahkan suatu proporsi kecil divinyl benzene ke dalam styrene. Faktor – faktor yang mempengaruhi proses pertukaran ion, yaitu keasaman larutan (pH), kecepatan aliran, konsentrasi ion terlarut, tinggi media penukar ion, dan temperatur [4]. Sebelum digunakan, sebagian resin umumnya harus diberi perlakuan lebih dahulu (*pre-treatment*) dengan menggunakan asam atau basa. Konsentrasi larutan *pre-treatment* yang digunakan telah terbukti memiliki efek yang cukup signifikan terhadap kinerja resin [5].

Resin penukar anion telah terbukti mampu mengikat kromium heksavalen [6] sedangkan resin penukar kation mampu mengikat kromium trivalent [7], sehingga dapat diterapkan untuk menghilangkan kromium dari limbah air limbah. Beberapa kelebihan resin penukar ion dalam pengolahan limbah cair antara lain mampu menangkap ion logam berat dengan efisiensi tinggi, memiliki stabilitas yang baik dalam waktu lama serta tidak mudah rusak dalam regenerasi. Adapun penelitian penurunan ion krom pada limbah batik dengan menggunakan resin penukar ion masih sedikit. Limbah batik memiliki karakteristik berupa nilai COD yang sangat tinggi dan umumnya bersifat basa. Beberapa resin penukar ion juga memiliki kemampuan untuk menurunkan kadar COD [8,9], sehingga menjadi nilai tambah sebagai pengolahan tersier limbah batik setelah melewati tahap pengolahan fisik dan penurunan COD secara kimiawi. Namun perlu diperhatikan kondisi optimum untuk reduksi kadar kromium dapat berbeda dengan kondisi optimum reduksi COD.

Wahid et al. telah mengkaji reduksi ion krom dari limbah cair batik menggunakan resin penukar ion tipe dowex Amberlite IR120 Na dengan hasil penurunan tertinggi pada berat resin 120-gram yaitu sebesar 97.86% [10]. Selain studi tersebut, penelitian lain umumnya menggunakan air limbah buatan dari larutan standar kromium [6,7,11], sehingga tidak meneliti pengaruh resin bagi parameter selain kadar kromium. Sebagai pengolahan tersier

Published by:
KONSORSIUM
LPPM PTMA
KOORDINATOR WILAYAH JATENG & DIY

yang berfungsi untuk melengkapi kekurangan dari pengolahan limbah sekunder, sangat penting untuk mengetahui kapabilitas resin penukar ion dalam mengurangi parameter kunci di pengolahan sekunder seperti COD. Selain itu, penelitian terdahulu yang disebutkan semuanya menggunakan metode pengadukan secara partaian (*batch*) untuk memfasilitasi kontak antara resin dengan air limbah batik. Pada aplikasi di skala industri, kontak antara resin dan larutan umumnya dilakukan di dalam kolom unggun tetap (*fixed bed*). Kolom unggun tetap memiliki keunggulan di mana proses dapat dilakukan dengan mode operasi kontinyu, mampu mengolah larutan dengan volume yang lebih besar, dan tidak memerlukan pemisahan lanjutan antara air limbah dan butiran resin.

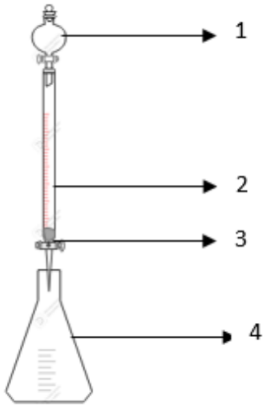
Berdasarkan pemaparan tersebut, perlu dilakukan pengkajian mengenai efektivitas resin penukar ion dalam menurunkan kadar kromium dan COD dari limbah batik dengan metode operasi kolom. Resin utama yang digunakan dalam studi ini adalah resin kation asam kuat Amberlite HPR1100 Na, di mana pengaruh pH larutan limbah terhadap performa resin dalam reduksi kadar kromium dan COD akan dikaji. Selain itu, pengaruh jenis resin juga dipelajari dengan membandingkan performa resin kation dengan *pre-treatment* asam, resin kation tanpa *pre-treatment* asam, dan resin anion basa kuat.

2. Metode

Sampel limbah batik diambil dari limbah salah satu industri batik di Kampung Batik Laweyan, Surakarta. Sebelum dilewatkan resin, limbah batik disaring terlebih dahulu menggunakan corong Buchner dan pompa vakum untuk menghilangkan padatan tersuspensi yang dapat menyumbat resin.

Variabel independen penelitian ini adalah variasi pada pH limbah cair dan jenis resin. Resin utama yang digunakan adalah resin kation Amberlite HPR 1100 Na, di mana variasi pH limbah cair diberlakukan saat menggunakan resin ini. Keasaman limbah cair diatur menggunakan NaOH dan HCl dengan variasi pH yaitu 4; 7; 10; dan 12,36 (pH asli). Kemudian dengan menggunakan limbah original tanpa pengaturan pH, dilakukan variasi 3 jenis resin, yaitu resin kation Amberlite HPR 1100 Na dengan pre-treatment aqua dm, resin kation Amberlite HPR 1100 Na dengan pre-treatment asam, dan resin anion Amberlite HPR 4800 Cl dengan pre-treatment basa. Pre-treatment yang dimaksud adalah perendaman selama 1 jam dengan dan HCl 1 N untuk suasana asam dan NaOH 1 N untuk suasana basa.

Sebanyak 80-gram resin direndam dalam larutan pre-treatment selama 1 jam. Setelah perendaman, resin dimasukkan ke dalam kolom berdiameter 30 mm. Sebelum dialiri limbah, resin dibilas dulu menggunakan 500 ml aqua dm untuk menghilangkan sisa asam dan basa bebas. Sembari membilas dilakukan pengaturan laju alir dengan memutar keran hingga kecepatan stabil di angka 12 ml/menit. Setelah pembilasan selesai, sebanyak 500 mL limbah batik yang telah disaring dilewatkan ke resin. Skematik rancangan gambar alat kolom penukar ion yang digunakan pada penelitan ini tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema rangkaian peralatan dalam percobaan: 1) penampung sampel air, 2) kolom berisi resin, 3) kapas, 4) penampung air olahan

Air limbah yang sudah diolah oleh resin kemudian diukur kadar COD dan kromiumnya. Pengukuran COD dilakukan di Laboratorium Dinas Kesehatan Surakarta. Pengukuran kadar kromium total dilakukan menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) merk Thermo Fisher Scientific. Prinsip dari analisa AAS ini adalah mengubah analit logam krom dalam nyala udara-asitelin menjadi bentuk atomnya, menyerap energi radiasi elektromagnetik dari lampu katoda dan besarnya serapan berbanding lurus dengan kadar analit. Sampel yang diuji didestruksi lebih dahulu menggunakan HNO_3, kemudian diencerkan dengan aqua dm. Sebelum pengujian sampel, dilakukan pembuatan kurva kalibrasi dengan larutan standar primer kromium dengan menimbang dan melarutkan $K_2Cr_2O_7$. Metode ini sesuai dengan SNI 6989.17:2009.

Kadar logam krom total (C) dalam sampel kemudian ditentukan dari persamaan regresi kurva kalibrasi. Sedangkan Cr total pada limbah hasil olahan dihitung dengan mengalikan C dengan faktor pengenceran (fp) menggunakan rumus

$$Cr\ Total\ (mg/L) = C \times fp$$

Untuk menghitung efektifitas penurunan ion krom maupun COD dapat dihitung dengan membandingkan masing-masing parameter (P) sebelum dan sesudah melewati resin menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Ef = \frac{P_{sebelum} - P_{sesudah}}{P_{sebelum}} \times 100\%$$

3. Hasil dan Pembahasan

Sampel yang digunakan pada penelitian ini menggunakan sampel dari salah satu industry di Kampung Batik Laweyan dengan karakteristik ditiunjukkan pada Tabel 1. Standar maksimum yang tercantum merujuk pada Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah. Berdasarkan perbandingan dengan standar yang ada terlihat bahwa parameter BOD dan COD memiliki nilai yang masih di atas baku mutu sementara untuk parameter krom total memiliki hasil di bawah baku mutu yang telah ditetapkan untuk industri tekstil dan batik. Walaupun kadar logam krom sudah memenuhi baku mutu air limbah untuk dibuang, tetapi akan lebih baik jika diolah terlebih

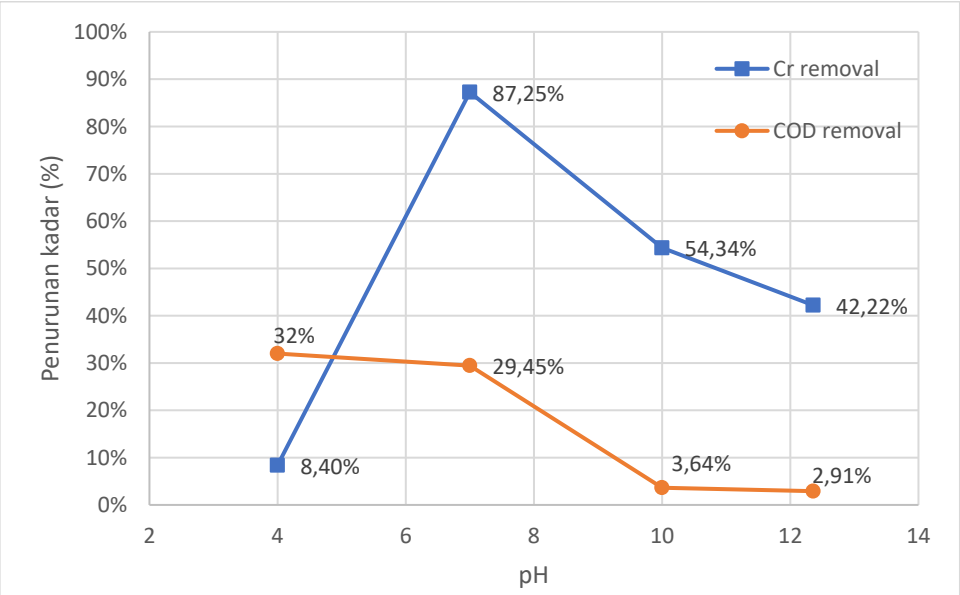
Published by:
KONSORSIUM
LPPM PTMA
KOORDINATOR WILAYAH JATENG & DIY

dahulu karena logam krom dapat mengalami akumulasi sementara jumlah volume air di tiap badan air akan cenderung konstan akibat siklus hidrologi.

Tabel 1. Karakteristik awal limbah batik

Parameter	Hasil Analisis (mg/L)	Standar Maksimum (mg/L)
BOD	518.8	60
COD	22000	150
Cr total	0.5261	1.0

Operasi pertukaran ion dipengaruhi oleh pH larutan [7,11]. Oleh karena itu diperlukan penentuan pH optimum pada operasi pertukaran ion. Dalam kasus kromium pH larutan dapat mengubah bentuk spesi kromium yang ada di larutan. Gambar 1 menunjukkan tingkat penurunan kadar krom dan COD pada sampel limbah cair batik setelah dilewatkan resin kation Amberlite HPR 1100 Na pada 4 variasi pH yaitu suasana asam, netral, basa, dan kondisi pH asli limbah batik yaitu 12,36.



Gambar 1. Pengaruh pH limbah batik terhadap penurunan kadar kromium dan COD

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat dilihat bahwa yang memiliki hasil terbaik untuk penghilangan kromium adalah limbah yang dikondisikan pada pH 7, dengan hasil kandungan krom yang didapat setelah dilewatkan resin adalah 0,0671 mg/L atau mengalami penurunan krom sebesar 87,25%. Kondisi asam tidak ideal untuk penghilangan kromium, di mana hanya 8,40% saja yang terikat resin. Hasil ini menunjukkan bahwa pH optimum untuk operasi pertukaran ion adalah pada saat pH 7. Pada kondisi basa yang merupakan kondisi limbah batik pada umumnya, efektivitas penurunan kadar kromium dapat berkurang hingga setengah dari efektivitas optimum.

Kromiun total merupakan gabungan dari kromium heksavalen (Cr^{6+}) dan trivalen (Cr^{3+}). Kromium heksavalen dalam keadaan asam berbentuk ion dikromat ($Cr_2O_7^{2-}$) dan jika dalam suasana basa akan membentuk ion kromat (CrO_4^{2-}). Karena kromium heksavalen

Published by:
KONSORSIUM
LPPM PTMA
KOORDINATOR WILAYAH JATENG & DIY

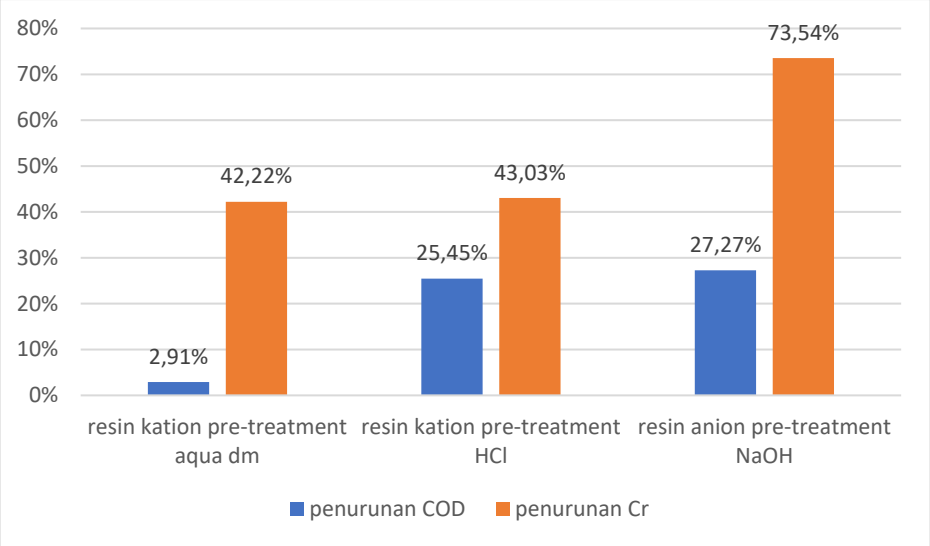
bermuatan negatif, maka kromium heksavalen tidak efektif dihilangkan dengan resin kation. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kromium heksavalen dapat dihilangkan hingga 98% oleh resin anion termodifikasi [6]. Adapun untuk kromium trivalent, pada keadaan asam dan netral akan berada dalam bentuk Cr^{3+} yang bermuatan positif sehingga dapat dihilangkan oleh resin kation. Berdasarkan penelitian Wahid et al. kromium dalam limbah batik dapat dihilangkan dengan resin kation yang mengindikasikan bahwa kromium dalam limbah batik mayoritas adalah kromium trivalen [10].

Ketika pH dikondisikan menjadi asam dengan penambahan HCl, penyerapan kromium trivalen tidak begitu tinggi karena jumlah proton yang melimpah. Untuk terikat pada resin Amberlite yang masih dalam bentuk Na^+, kromium trivalen harus bersaing dengan ion H^+. Hal ini terjadi karena berdasarkan studi terdahulu, ion dengan kerapatan muatan yang lebih tinggi seperti H^+ lebih cenderung menggantikan ion dengan kerapatan muatan yang lebih rendah [12]. Sementara itu pada pH basa, sebagian kromium trivalent mengendap sebagai $Cr(OH)_3$ dan ketika semakin basa melarut kembali membentuk ion tetrahidrosokromat (III) ($Cr(OH)_4^-$) yang bermuatan negatif. Pengendapan dan berubahan bentuk menjadi ion negatif ini membuatnya tidak dapat dipertukarkan secara efektif dengan resin kation. Temuan ini sejalan dengan penelitian lain yang mengkaji adsorpsi kromium (III) dan menemukan bahwa pH optimal adsorpsi pada *beidellite clay* adalah pH 4-6 dan di atas pH tersebut hidroksida kromium mulai terbentuk [13].

Kadar keasaman larutan limbah juga mempengaruhi kemampuan resin dalam menurunkan COD. Menariknya, kecenderungan yang teramati berbeda dengan penghilangan kromium. Pada pH 4 presentase penurunan COD adalah sebesar 32%, tidak berbeda signifikan dengan penurunan 29,45% pada pH netral. Namun ketika suasana semakin basa maka efektivitas penurunan COD berkurang drastis hingga nilainya hanya 3%. Hal tersebut terjadi karena pada pH tinggi gugus-gugus asam lemah di senyawa organik akan kehilangan protonnya dan bermuatan negatif, sehingga tidak dapat dipertukarkan di resin kation. Temuan ini sejalan dengan studi Chen et al., meski yang ia gunakan adalah resin anion sehingga efeknya akan berkebalikan [14]. Peningkatan pH akan langsung meningkatkan muatan negatif material organik dengan signifikan dan efisiensi resin anion meningkat drastis ketika pH dinaikkan dari 4 ke 10.

Mengingat sampel limbah batik pada penelitian ini sangat basa pada pH 12,36, penting untuk dikaji pula pengaruh variasi jenis resin untuk mengolah limbah yang tidak dikondisikan dulu pH-nya. Variasi jenis resin menghasilkan perbedaan yang cukup signifikan dalam penurunan kadar krom total dan kadar COD sebagaimana tersaji pada Gambar 2. Dalam hal penurunan Cr, tidak ada perbedaan yang signifikan antara resin kation Amberlite HPR1100 Na dengan *pre-treatment* aqua dm maupun dengan *pre-treatment* HCl, menunjukkan bahwa kromium trivalent dapat bertukar dengan ion Na^+ maupun H^+ dengan sama baiknya. Namun terjadi peningkatan signifikan efektivitas pengolahan krom ketika menggunakan resin anion (bentuk OH^-), yang dapat menghilangkan total kromium hingga 73,54%. Peningkatan signifikan ini terjadi karena resin anion dapat mengikat kromium heksavalen dan kromium trivalen yang ada dalam bentuk $Cr(OH)_4^-$ pada pH di atas 12.

Published by:
KONSORSIUM
LPPM PTMA
KOORDINATOR WILAYAH JATENG & DIY

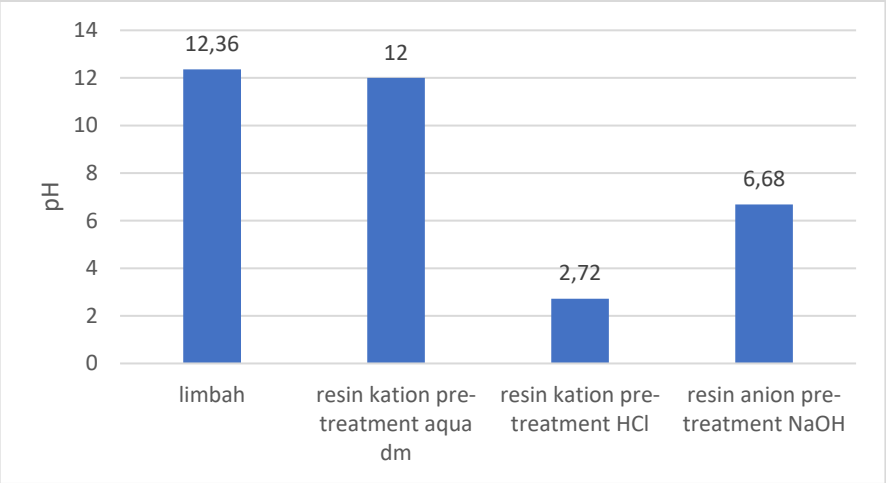


Gambar 2. Penurunan kadar COD dan Cr total dari limbah batik dengan menggunakan 3 jenis resin

Adapun untuk COD, kedua resin mampu memberikan pengurangan moderat di angka 25,45% untuk resin kation dan 27,27% untuk resin anion. Berdasarkan penelitian terdahulu, mayoritas material organik (*natural organic matter*) pada air limbah bermuatan negatif atau menjadi bermuatan negatif pada kondisi basa, sehingga cocok untuk dihilangkan dengan resin anion [15]. Dengan demikian hasil penelitian ini berbeda dengan temuan studi tersebut, karenatidak menunjukkan perbedaan signifikan antara kemampuan resin anion dan kation dalam menurunkan COD. Hal ini dapat disebabkan karena sebagian besar material organik dalam limbah batik tidak bermuatan atau memiliki muatan sangat lemah, sehingga tidak dapat dipertukarkan dengan resin penukar ion. Resin yang hanya diberi perlakuan dengan aqua dm nyaris tidak mampu menurunkan COD, menunjukkan pertukaran dengan kation, mengindikasikan selektivitas pertukaran dengan ion natrium sangat rendah. Meski nilai persentase penurunan COD hanya di angka 25,45% dan 27,27%, perlu diingat bahwa penurunan absolut COD cukup besar mengingat kadar COD di air limbah awal adalah 22000 mg/l. Hal ini menunjukkan kapasitas resin Amberlite dalam pertukaran ion cukup besar dan ada kemungkinan kemampuan penurunan persentase COD dapat lebih tinggi untuk larutan yang CODnya lebih rendah seperti keluaran pengolahan sekunder air limbah pada umumnya. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa konsentrasi awal limbah mempengaruhi kinerja resin penukar ion [7].

Air atau limbah cair yang dilewatkan resin penukar ion dapat mengalami perubahan pH akibat perubahan komposisi ion-ion. Perbandingan antara pH limbah cair batik sebelum dan sesudah dilewatkan ke 3 jenis resin tersaji pada Gambar 3. Sesuai teori, air limbah yang dilewatkan resin kation yang hanya di *pre-treatment* dengan aqua dm hanya mengalami sedikit penurunan pH, sedangkan yang melewati resin dengan pre-treatment asam mengalami penurunan pH yang sangat signifikan. Hal ini karena dengan pre-treatment aqua dm, resin berada dalam bentuk Na^+, yang cenderung netral sehingga tidak mengubah banyak pH jika bertukar dengan kation di air limbah. Sementara itu, untuk resin kation dengan pre-treatment asam, sebagian resin berada dalam bentuk H+, sehingga ketika dilewatkan air limbah, ion H+ yang bertukar dengan air limbah. Ion H+ ini kemudian menetralkan alkanitas dari limbah dan memprotonasi gugus organik, menghasilkan penurunan pH yang signifikan. Adapun pada resin anion, kemungkinan besar meski dengan pre-treatment mayoritas gugus resin tetap merupakan Cl^-, yang dapat bertukar dengan

komponen alkalinitas air limbah hingga alkalinitas hilang sepenuhnya namun hanya menjadi netral sebagaimana sifat ion klorida. Jika setelah pre-treatment basa mayoritas gugus resin berubah menjadi bentuk OH^-, seharusnya tidak terjadi penurunan pH karena OH^- tidak akan menghilangkan alkalinitas. Hal ini sejalan dengan studi Laforce et al. [15] dan Bashir et al. [5] yang menemukan bahwa pengkondisian resin, termasuk pre-treatment akan mengubah nilai pH kesetimbangan pertukaran ion.



Gambar 3. Perbandingan pH limbah batik sebelum dan setelah dilewatkan melalui 3 jenis resin

4. Kesimpulan

Dengan metode operasi kolom, resin Amberlite HPR1100 Na dapat menurunkan kadar kromium total dalam limbah batik Laweyan hingga 87,25%. Efektivitas resin Amberlite HPR1100 Na dalam menghilangkan kromium dan COD sangat dipengaruhi oleh pH di mana pH netral adalah pH optimum untuk menghilangkan keduanya secara simultan. Limbah batik yang bersifat basa membuat resin anion Amberlite HPR4800 Cl lebih efektif untuk penurunan kadar kromium total jika tidak dilakukan pengkondisian pH. Dalam hal menurunkan kadar COD, kemampuan resin kation Amberlite HPR1100 Na dan resin anion Amberlite HPR4800 Cl tidak berbeda signifikan pada kisaran 25-27%, namun membutuhkan *pre-treatment* dengan asam dan basa kuat terlebih dahulu. Pengkajian efektivitas ini menunjukkan bahwa resin Amberlite baik anion maupun kation dapat digunakan sebagai pengolahan tersier limbah batik karena mampu menurunkan logam berbahaya kromium, namun pemilihan jenis resinnya harus disesuaikan dengan pH limbah batik pasca pengolahan primer dan sekunder. Selain itu kemampuan moderat kedua resin dalam menurunkan kadar COD akan membantu memastikan sisa senyawa organik yang belum berhasil dihilangkan pada pengolahan sekunder dapat dihilangkan di tahap ini. Penelitian di masa depan dapat berfokus pada mengkombinasikan dengan pengolahan primer dan sekunder, sehingga dapat dilihat performa resin ini pada kondisi yang lebih tepat.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta selaku penyandang dana penelitian ini melalui skema Pengembangan Individual Dosen (PID).

Published by:
KONSORSIUM
LPPM PTMA
KOORDINATOR WILAYAH JATENG & DIY

Referensi

[1] Hidayati, Y., Siswanto, D., Rumhayati, B., Retnaningdyah, C. (2024). Characterization of Batik Waste Containing Synthetic Textile Dyes and The Artisan Awareness Regarding The Hazardous Batik Waste. Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education, 16: 213–23. https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v16i2.2325

[2] Astuti, D., Awang, N., Othman, M.S. Bin, Kamaludin, N.F.B., Meng, C.K., Mutalazimah, M. (2023). Analysis of Heavy Metals Concentration in Textile Wastewater in Batik Industry Center. Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 9: 1176–81. https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i3.3085

[3] Berniyanti, T. (2018). Biomarker Toksisitas: Paparan Logam Tingkat Molekuler. Airlangga University Press, Surabaya.

[4] Kosim, M.E., Prambudi, D., Siskayanti, R. (2021). Analisis Efisiensi Penukar Ion Sistem Demineralisasi Pada Pengolahan Air di Proses Produksi Electroplating. Prosiding SEMNASTEK, Jakarta.

[5] Bashir, M.J.K., Aziz, H.A., Yusoff, M.S., Huqe, A.A.M., Mohajeri, S. (2010). Effects of ion exchange resins in different mobile ion forms on semi-aerobic landfill leachate treatment. Water Science and Technology, 61: 641–9. https://doi.org/10.2166/wst.2010.867

[6] Leonard, J., Sivalingam, S., Srinadh, R.V., Mishra, S. (2023). Efficient removal of hexavalent chromium ions from simulated wastewater by functionalized anion exchange resin: Process optimization, isotherm and kinetic studies. Environmental Chemistry and Ecotoxicology, 5: 98–107. https://doi.org/10.1016/j.enceco.2023.03.001

[7] Gode, F., Pehlivan, E. (2006). Removal of chromium(III) from aqueous solutions using Lewatit S 100: The effect of pH, time, metal concentration and temperature. Journal of Hazardous Materials, 136: 330–7. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.12.021

[8] Sani, S., Istiqomah, U.A., Prabowo, , Nina Sari, Astuti, D.H. (2019). Penurunan BOD dan COD Pada Limbah Cair Industri Rumput Laut dengan Metode Ion Exchange. Jurnal Teknik Kimia, 13. https://doi.org/10.33005/tekkim.v13i2.1413

[9] Jamil, S., Loganathan, P., Kandasamy, J., Listowski, A., Khourshed, C., Naidu, R., et al. (2019). Removal of dissolved organic matter fractions from reverse osmosis concentrate: Comparing granular activated carbon and ion exchange resin adsorbents. Journal of Environmental Chemical Engineering, 7: 103126. https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103126

[10] Wahid, A., Lifiana, N.N., Soemargono, S., Erliyanti, N.K. (2022). Reduction of Chromium Ion (Cr6+) with Ion Exchange Resin in Liquid Waste Of Batik. Konversi, 11. https://doi.org/10.20527/k.v11i1.12768

[11] Ahmad, S.W., Zafar, M.S., Ahmad, S., Zia-ul-haq, M., Ashraf, M., Rabbani, J., et al. (2019). Removal of chromium(VI) from wastewater through ion exchange. Kinetic and scale up studies. Majewska-Nowak KMariaR, editor. Environment Protection Engineering, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław. 45: 17–29. https://doi.org/https://doi.org/10.5277/epe190102

[12] Ramachandra Rao, S. (2006). Hydrometallurgical Processes. Waste Management Series, Elsevier. p. 71–108. https://doi.org/10.1016/S0713-2743(06)80089-9

[13] Alraae, A., Moussadik, A., Benzaouak, A., Kacimi, M., Dahhou, M., Sifou, A., et al. (2025). Assessing the effects of reaction variables for enhanced chromium(III) adsorption efficiency using beidellite clay. Results in Surfaces and Interfaces, 19: 100523. https://doi.org/10.1016/j.rsurfi.2025.100523

[14] Chen, Z., Tang, Y., Wen, Q., Yang, B., Pan, Y. (2020). Effect of pH on effluent organic matter removal in hybrid process of magnetic ion-exchange resin adsorption and ozonation. Chemosphere, 241: 125090. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125090

[15] Laforce, E., Stals, I., Cornelissen, E.R., Vermeir, P., De Clercq, J. (2022). Revealing the effect of anion exchange resin conditioning on the pH and natural organic matter model compounds removal mechanisms. Journal of Environmental Chemical Engineering, 10: 108315. https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.108315

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License