

REDUCTION OF CHROMIUM ION (Cr^{6+}) WITH ION EXCHANGE RESIN IN LIQUID WASTE OF BATIK

Abdurrahman Wahid, Neno Nidia Lifiana, Soemargono, Nove Kartika Erliyanti*

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
Jl. Rungkut Madya No.1, Gunung Anyar, Kec. Gunung Anyar, Kota Surabaya 60294, Indonesia

*E-mail corresponding author: nove.kartika.nke.tk@upnjatim.ac.id

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Article history:</i> Received: 17-02-2022 Received in revised form: 21-03-2022 Accepted: 01-04-2022 Published: 03-04-2022</p> <hr/> <p><i>Keywords:</i> Waste Chrom(Cr^{6+}) Resin Ion Exchange</p>	<p><i>The batik industry is classified as an industrial in large quantities and dangerous. One of the wastes produced is waste liquid containing chromium ion (Cr^{6+}). The waste liquid that is released is very cloudy, colored, and has rotten management that caused serious problems to water bodies, communities, and the environment. Waste without special treatment is discharged into the environment. So that the ion exchange method can reduce environmental pollution due to batik industry waste. This study aims to determine the effect of resin in reducing chromium ion content in batik industrial wastewater by using ion exchange method. Namely by using two operating conditions that were varied, namely the weight of the resin (40, 60, 80, 100, and 120 grams) and the stirring speed (150, 175, 200, 225, and 250 rpm). The positively charged chromium ions will exchange with H^+ ions found in the dowex resin. So that the chromium content in batik wastewater can be reduced. These results were obtained from the stirring speed and the weight of the resin used. The highest decrease in chromium ion content occurred at a stirrer speed of 250 rpm with a resin weight of 120 grams of 97.86%.</i></p>

PENURUNAN ION KROMIUM (Cr^{6+}) DENGAN RESIN PENUKAR ION PADA LIMBAH CAIR BATIK

Abstrak- Industri batik tergolong dalam industri yang mengeluarkan limbah dalam jumlah banyak dan berbahaya. Salah satu limbah yang dihasilkan adalah limbah cair yang mengandung ion kromium (Cr^{6+}). Limbah cair yang dikeluarkan sangat keruh, berwarna, dan memiliki pengelolaan yang busuk sehingga menimbulkan masalah serius bagi badan air, masyarakat, dan lingkungan. metode pertukaran ion dapat mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah industri batik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh resin dalam menurunkan kandungan ion kromium pada limbah cair industri batik dengan metode pertukaran ion. Yakni dengan menggunakan dua kondisi operasi yang divariasikan yaitu berat resin (40, 60, 80, 100, dan 120 gram) dan kecepatan pengadukan (150, 175, 200, 225, dan 250 rpm). Ion kromium yang bermuatan positif akan bertukar dengan ion H^+ yang terdapat pada resin dowex. Kandungan kromium pada limbah cair batik dapat dikurangi. Hasil tersebut diperoleh dari kecepatan pengadukan dan berat resin yang digunakan. Penurunan kandungan ion kromium tertinggi terjadi pada kecepatan pengaduk sebesar 250 rpm dengan berat resin 120 gram sebesar 97,86 %.

Kata kunci : limbah, cromium(Cr^{6+}), resin, pertukaran ion.

PENDAHULUAN

Industri batik nasional kian berkembang akibat banyaknya permintaan terhadap batik, sejak UNESCO menetapkan batik sebagai warisan budaya milik Indonesia sehingga hari tersebut ditetapkan sebagai hari batik nasional pada Oktober

2009 omset pengusaha baik naik hingga 50%. Proses produksi batik ini banyak menggunakan bahan baku bahan kimia misalnya zat warna pada proses pewarnaan. Jenis zat warna yang dipakai industri tekstil antara lain naftol, indigosol, dan remazol black, red dan golden yellow. Pewarnaan

pada produksi batik digunakan sekitar 5% dan sisanya yaitu 95% akan menjadi limbah (Suprihatin, 2014). Kandungan pada limbah industri batik umumnya berupa bahan organik, logam berat seperti kromium dan kobalt, padatan tersuspensi juga minyak dan lemak (Lestari, 2015). Kromium (Cr) merupakan salah satu logam berat yang dihasilkan limbah batik dapat mencemari lingkungan sungai jika langsung dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu. Kromium yang berada dalam sungai tersebut menyebabkan penurunan kualitas air serta membahayakan lingkungan contohnya organisme akuatik. Dampak yang ditimbulkan oleh kromium (Cr) untuk organisme akuatik yaitu terganggunya proses metabolisme tubuh yang berakibat terhalangnya kerja dari enzim yang terdapat dalam proses fisiologis. Logam kromium (Cr) merupakan suatu logam berat yang memiliki sifat toksik, hal ini dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan kronis.

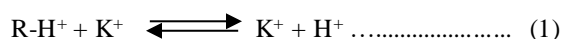
Karakteristik Fisik limbah cair antara lain warna, bau, suhu, dan padatan. Warna ini disebabkan adanya beberapa partikel terlarut dissolved, tersuspensi dalam suspended, dan senyawa koloidal. Suhu mempengaruhi kadar *Dissolved Oxygen* (DO) dalam air. Kenaikan suhu sekitar 10°C pada limbah cair menyebabkan penurunan kadar oksigen sebesar 10%. Padatan pada air limbah dapat diklasifikasikan sebagai *floating*, *settleable*, *suspended* atau *dissolved*, berbau menyengat, dan juga kontaminan yang mengakibatkan air menjadi keruh. Adanya indikator-indikator pada limbah ini menunjukkan tingkat pencemaran yang terjadi cukup tinggi. (Wardhana, 1995)

Proses pertukaran ion merupakan perpindahan ion yang dipertukarkan dengan ion lainnya. Pengaplikasian proses pertukaran ion secara luas digunakan dalam pengolahan air dan limbah cair, terutama digunakan pada proses penghilangan kesadahan dan proses demineralisasi air. Pertukaran ion terjadi secara reversibel dan bisa diregenerasi menggunakan ion yang diinginkan melalui proses pencucian dengan ion yang berlebihan. Kapasitas dalam penukaran ion ini ditentukan oleh jumlah gugus fungsional per-satuan berat resin.

Resin penukar ion adalah suatu matriks yang tidak dapat larut berbentuk butiran dengan diameter sekitar 1-2 mm. Proses pembuatan resin pada umumnya dari suatu substrat polimer organik. Kebanyakan resin penukar ion dengan bahan dasar polystyrene dengan ikatan crosslinker pada umumnya dicapai dengan penambahan suatu proporsi kecil divinyl benzene kedalam suatu styrene. Ikatan crosslinked ini tergantung dengan kapasitas resin serta memperpanjang waktu yang dicapai dalam kesetimbangan ion larutan dan resin, secara umum resin penukar ion didefinisikan

sebagai senyawa hidrokarbon terpolimerisasi sampai tingkat yang tinggi. Gugus fungsional pada resin penukar ion terbagi menjadi dua antara lain: resin penukar kation dan resin penukar anion. Resin penukar kation mengandung kation dapat melakukan pertukaran ion, sedangkan pada resin penukar anion mengandung anion yang dapat melakukan pertukaran ion. (Lestari, 2012)

Pertukaran ion dapat dianggap sebagai unit operasi dalam kesetimbangan kimia. Pertukaran ion melibatkan salah penempatan satu jenis ion dengan menukar bahan yang tidak larut dengan jenis ion lain ketika larutan yang berkontak. Mekanisme reaksi dalam pertukaran ion pada kolom resin penukar kation sebagai berikut:



Faktor yang mempengaruhi pertukaran ion yaitu jumlah media penukar ion dan kecepatan pengadukan. Proses pertukaran ion adalah kontak yang terjadi antara resin dengan limbah batik yang menyebabkan kandungan logam yang terdapat dalam limbah batik menurun. Berat resin yang berkontak dengan limbah semakin besar dalam kolom pertukaran, semakin banyak konsentrasi ion yang akan di pertukarkan. Kecepatan pengadukan mempengaruhi proses pertukaran ion. Semakin besar kecepatan pengadukan yang ditetapkan pada proses pertukaran ion, maka semakin sedikit konsentrasi ion yang dapat dipertukarkan. Hal ini disebabkan waktu tinggal dan kontak antara limbah dengan resin semakin pendek.

Penelitian Artanti (2011) yaitu penurunan kandungan kromium (Cr) dalam limbah cair electroplating dengan penggunaan koagulan dan adsorben. Hasil penelitian tersebut pada penggunaan koagulan didapatkan nilai kapasitas tukar katio zeolit adalah 119 cmol(+)/kg, sedangkan nilai kapasitas tukar katio anion resin adalah 410 cmol(+)/kg, larutan diaduk dengan kecepatan 200 rpm dan keasaman larutan dipertahankan pada pH 7. Penelitian Natalia (2017) penurunan kandungan kromium (Cr⁶⁺) dalam limbah batik menggunakan kitosan limbah udang persentase penurunannya yaitu 52,858 %. Penelitian saputri (2020) yaitu reduksi ion krom (Cr) dengan resin penukar ion dalam limbah cair batik penurunan kandungan ion kromium tertinggi terjadi pada waktu kontak selama 80 menit dengan berat resin 150 gram sebesar 98,75%.

Penelitian penurunan kandungan krom pada limbah batik selama ini menggunakan metode adsorpsi. Kelemahan dari metode adsorpsi adalah tidak dapat diregenerasi. Penurunan kandungan krom dalam limbah batik diperlukan alternatif baru, salah satunya adalah menggunakan metode pertukaran ion. Pertukaran ion dipakai pada proses

pengolahan limbah cair. Kelebihan metode ini adalah kemampuan menangkap ion logam berat dengan efisiensi tinggi (Pujiastuti, 2008). Pertukaran ion merupakan suatu reaksi kimia yang terjadi antara ion bermuatan kation atau anion dalam fase cair dengan ion dalam fase padat. Padatan ini mempunyai ion yang dapat bertukar dengan ion fase cair ini adalah resin penukar ion. Ion dari larutan lebih mudah diserap (atau terjadi reaksi kimia) pada padatan penukar ion serta sejumlah ekuivalen ion akan dilepaskan kembali dari padatan ke fase larutan (Sani dkk, 2019). Resin memiliki stabilitas yang digunakan dalam waktu lama serta tidak mudah rusak dalam regenerasi (Apriani, 2011).

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian penurunan Ion krom (Cr^{6+}) dalam limbah cair batik dengan metode penukaran ion menggunakan resin, diharapkan dapat menurunkan kandungan ion krom di dalam limbah cair tersebut. Tujuan penelitian adalah untuk mengkaji pengaruh resin dalam menurunkan kandungan ion krom pada limbah cair batik.

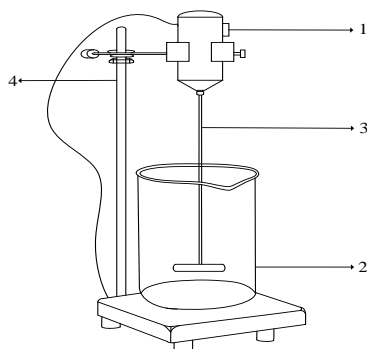
METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah batik yang di ambil dari Kec. Diwek, Kabupaten Jombang, Jawa Timur. Bahan pembantu yang digunakan resin dowex tipe Amberlite IR120 Na, Asam Klorida, dan Aquadest yang dibeli di toko bahan kimia di Surabaya, Jawa Timur.

Alat

Alat yang digunakan adalah beaker glass, labu ukur, pipet, gelas ukur, spatula, motor pengaduk, neraca analitik, corong kaca, dan kertas saring.



Gambar 1. Rangkaian alat pertukaran ion

Keterangan:

1. Motor Pengaduk
2. Beaker Glass
3. Pengaduk
4. Penyangga

Prosedur Penelitian

Persiapan Bahan Baku

Air limbah batik yang disaring akan didapat air limbah bebas endapan, kemudian di cek pH menggunakan pH meter.

Proses Penentuan Kandungan Ion Krom

Limbah batik sebanyak 300 mL dalam beaker glass ditambahkan resin sebanyak 100 gram. Dilakukan pengadukan 150 rpm; 175 rpm; 200 rpm; 225 rpm; 250 rpm. Hasil pengadukan disaring dengan kertas saring untuk memisahkan filtrat dari resin. Filtrat dianalisa kandungan logam krom dengan menggunakan alat AAS. Perlakuan di atas diulangi dengan mengganti pada berat resin yang bervariasi yaitu 40 gram; 60 gram; 80 gram; 100 gram; 120 gram.

Analisa AAS

Larutan sampel berupa limbah dimasukkan kedalam tabung reaksi pada alat AAS, langkah pertama dilakukan pengaturan pada computer alat AAS penggunaanya, kemudian dihidupkan api dan lampu katoda AAS, mengatur posisi lampu untuk memperoleh serapan maksimum. Hasil pada proses tersebut diaspirasi menggunakan larutan standar ke dalam nyala udara asitelin, hasil pada penunjuk bacaan pengukuran harus nol.

Perhitungan jumlah krom (Cr^{6+}) terikat oleh resin

Jumlah krom (Cr^{6+}) yang terikat oleh resin dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$W = \frac{C_1 - C_2}{1000} \times V \times \frac{1}{Br}$$

Keterangan:

- W : jumlah krom yang terikat oleh resin (mg/g)
- C_1 : konsentrasi krom sebelum lewat resin (ppm)
- C_2 : konsentrasi krom setelah lewat resin (ppm)
- V : volume krom yang digunakan (mL)
- Br : berat resin yang digunakan (g)

Perhitungan persentase penurunan ion (Cr^{6+})

Persentase penurunan ion (Cr^{6+}) bisa dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Penurunan ion } (\text{Cr}^{6+}) = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\%$$

Keterangan:

- C_1 : konsentrasi krom sebelum lewat resin (ppm)
- C_2 : konsentrasi krom setelah lewat resin (ppm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Derajat Keasaman (pH) pada Limbah Batik

Penelitian pertukaran ion krom (Cr^{6+}) pada limbah batik dilakukan dengan beberapa variabel tetap. Kondisi tetap yang dijalankan merupakan

volume air limbah sebanyak 300 ml dan waktu kontak selama 80 menit. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah berat resin (40; 60; 80; 100; dan 120 gram) dan waktu pengadukan (150; 175; 200; 225; dan 250 rpm). Limbah batik sebelum dilakukan proses pertukaran ion dianalisis derajat keasaman sebesar 9. Hasil pada limbah setelah dilakukan proses pertukaran ion dengan variabel yang digunakan memberikan pengaruh terhadap warna limbah menjadi tidak keruh dan tidak berbau, serta derajat keasaman limbah. Hasil analisis derajat keasaman ditampilkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Derajat Keasaman Limbah Cair Batik

Berat Resin (gr)	Derajat Keasaman(pH)
40	9
60	8
80	8
100	7
120	7

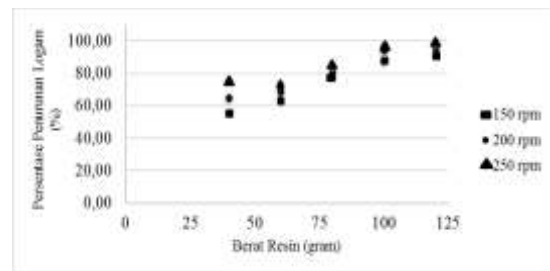
Berdasarkan hasil analisis derajat keasaman limbah batik, perubahan pH limbah cair disebabkan penggantian gugus fungsional resin kation, proses pertukaran kation paling cepat terjadi untuk kondisi larutan limbah pH 7. Kondisi larutan basa, kesetimbangan reaksi akan bergeser ke arah kanan, sehingga ion kompleks kromium yang dapat dipertukarkan oleh resin semakin banyak. Kondisi larutan asam, kesetimbangan pertukaran kation akan bergeser ke arah kiri sehingga proses pengikatan ion kompleks kromium dalam larutan limbah cair menjadi terhambat (Walayudara et al, 2019).

Berat resin juga mempengaruhi kadar pH yang dihasilkan. Semakin besar berat resin yang digunakan, maka semakin rendah pH yang dihasilkan (Walayudara et al, 2019). Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan berat resin sebanyak 120 gr pada proses pertukaran ion setelah diuji didapatkan pH sebesar 7. Derajat keasaman merupakan salah satu parameter sebelum limbah dibuang ke sumber air agar tidak membahayakan. Nilai pH normal yaitu antara 6-8 atau bersifat netral. Air dengan pH dibawah 6 akan bersifat asam dan berbahaya bagi lingkungan dan sebaliknya juga jika air memiliki pH di atas 8 akan memiliki kadar basa yang tinggi juga akan memberikan dampak yang buruk untuk lingkungan (Nurlela 2018). Berdasarkan Permen LHK Nomor 68 Tahun 2016 menunjukkan bahwa kadar maksimal pH air limbah sebelum dibuang yaitu sebesar 6-9.

Pengaruh berat resin terhadap persentase penurunan ion (Cr^{6+})

Persentase penurunan ion (Cr^{6+}) menunjukkan besarnya penurunan kandungan ion krom (Cr^{6+}) dalam limbah batik yang di pengaruhi

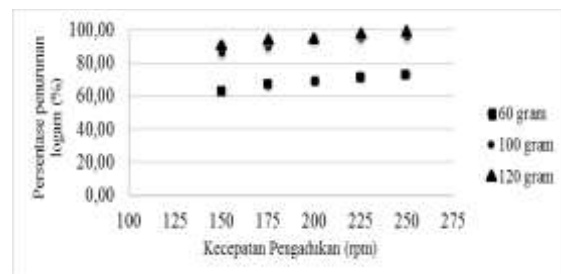
oleh berat resin pada pertukaran ion. Kapasitas resin penukar kation menunjukkan banyaknya kation yang dapat diturunkan oleh setiap 1 g resin.



Gambar 2. Pengaruh Berat Resin terhadap Persentase penurunan ion (Cr^{6+})

Gambar 2 terlihat bahwa semakin banyak resin yang digunakan maka persentase (%) penurunan kandungan ion krom (Cr^{6+}) yang diperoleh juga semakin tinggi. Hal ini disebabkan semakin bertambahnya berat resin yang digunakan, maka semakin besar kapasitas resin dan semakin banyak pula ion Cr^{6+} yang terserap dalam resin. Sampel yang berupa limbah cair batik mengandung ion Cr^{6+} yang bermuatan positif jika dikontakkan dengan resin yang termasuk resin kation (terdapat gugus H^+) maka ion Cr^{6+} akan bertukar dengan ion H^+ yang terdapat pada resin. Kontak yang terjadi antara resin dengan sampel limbah cair menyebabkan kandungan ion krom (Cr^{6+}) yang terdapat pada limbah cair batik mengalami penurunan. Berat resin yang semakin meningkat maka laju pertukaran ion juga semakin meningkat. Hal ini dikarenakan semakin banyak ion yang dapat dipertukarkan dan ketersediaan area penyerapan bertambah (Widayatno et al., 2017). Berdasarkan data hasil penelitian didapatkan bahwa penurunan kandungan ion krom (Cr^{6+}) tertinggi yaitu sebesar 97,86 % pada berat resin 120 gram.

Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap persentase penurunan ion (Cr^{6+})



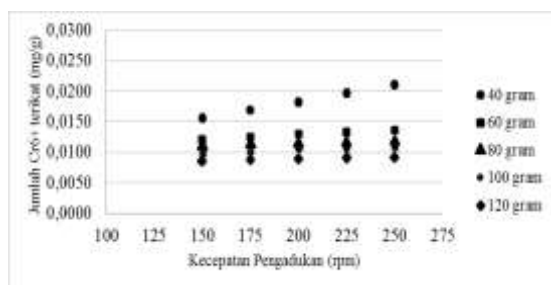
Gambar 3. Pengaruh Kecepatan Pengadukan terhadap Persentase penurunan ion (Cr^{6+})

Gambar 3 menunjukkan pengaruh kecepatan pengadukan terhadap penurunan kandungan ion krom (Cr^{6+}) berbanding lurus. Suatu

resin kation dapat mempertukarkan kation yang terkandung pada resin kedalam limbah cair batik yang bermuatan sama, dimana semakin cepat pengadukan maka semakin besar ion yang dipertukarkan. Peningkatan kecepatan pengadukan membuat resin menjadi lebih homogen dengan ion logam pada limbah dan membuka sisi-sisi aktif pada resin untuk mempertukarkan ion krom (Cr^{6+}) (Chaidir, Z. *et al*,2015). Hasil terbaik pada penelitian ini didapat pada kecepatan pengadukan sebesar 250 rpm, dengan persentase penurunan ion (Cr^{6+}) sebesar 97,86 %.

Pengaruh kecepatan pengadukan dengan berat ion krom (Cr^{6+}) yang terikat oleh resin

Kondisi operasi yang dijalankan saat proses pertukaran ion memberikan pengaruh terhadap ion krom yang terikat oleh resin. Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap ion krom yang terikat oleh resin ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Pengaruh Kecepatan Pengadukan dengan berat ion krom (Cr^{6+}) yang terikat oleh resin

Gambar 4 terlihat bahwa hubungan antara kecepatan pengadukan dengan berat ion krom (Cr^{6+}) yang terikat oleh resin didapatkan resin mampu mengadakan pertukaran secara efektif dengan kecepatan pengadukan berbanding lurus. Hasil terbaik didapat pada kecepatan pengadukan sebesar 250 rpm, dalam titik ini jumlah (Cr^{6+}) yang terikat pada resin sebesar 0,0092 mg/g. Hasil dari pertukaran ion ini telah menunjukkan kejenuhan dari resin atau nilai yang di dapatkan konstan, dimana pada kecepatan pengadukan 250 tidak terjadi peningkatan jumlah krom (Cr^{6+}) yang terikat oleh resin karena resin. kecepatan pengadukan yang lebih cepat (lebih dari 250 rpm) menyebabkan terjadinya desorpsi ion logam yang mengakibatkan menurunnya kapasitas penyerapan. (Chaidir, Z. *et al*,2015)

Hasil Analisa Anova

Analisis ANOVA dilakukan untuk mengetahui variabel proses yang paling berpengaruh terhadap penurunan kandungan ion logam Cr^{6+} . Varians A dan B merepresentasikan

berat resin dan kecepatan pengadukan. Hasil ANOVA ditunjukkan pada **Tabel 2**

Tabel 2. Hasil Analisa Anova

ANOVA	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Source of Variation						
A	1989,028	3	663,0093	24,14272249	0,000122401	25,4036
B	106,219	3	35,4063	1,289282344	0,33622915	25,4036
Error	247,158	9	27,46207			
Total	2342,405	15				

Berdasarkan hasil uji ANOVA dapat diketahui bahwa variabel proses yang mempunyai pengaruh signifikan adalah berat resin hal ini dapat ditunjukkan dari Nilai F yang mendekati nol (Erliyanti, 2015) Baris/Rows A (berat resin) P value $0,0001 < 0,001$ sehingga ada perubahan dalam persen penurunan kandungan ion logam Cr^{6+} yang besar. Kolom/Column B (kecepatan pengadukan) P value $0,3362 > 0,001$ sehingga ada perubahan dalam persen penurunan kandungan ion logam Cr^{6+} tetapi kecil.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah berat resin memberi pengaruh terhadap penurunan kandungan ion logam krom pada limbah cair batik dengan menggunakan resin. Dari hasil penelitian didapatkan penurunan kandungan ion krom (Cr^{6+}) terbesar pada berat resin 120gram yaitu sebesar 97,86 %. Kecepatan pengadukan memberi pengaruh terhadap penurunan kandungan ion logam krom pada limbah cair batik dengan menggunakan resin. Dari hasil penelitian didapatkan penurunan kandungan ion krom (Cr^{6+}) terbesar pada kecepatan pengadukan sebesar 250 rpm yaitu sebesar 97,86 %. Berdasarkan analisis ANOVA terhadap variabel berat resin(A) dan kecepatan pengadukan(B) didapatkan bahwa variabel berat resin(A) dalam pertukaran ion lebih berpengaruh dengan nilai P value $0,0001 < 0,001$.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriani, R & Putu Wesen. (2011), "Penurunan Salinitas Air Payau Dengan Menggunakan Resin Penukar Ion", *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 6, hal. 5-7.
- Apriyani, N. (2018) "Industri Batik: Kandungan Limbah Cair dan Metode Pengolahannya," *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 3(1), hal. 21–29. doi: 10.33084/mitl.v3i1.640.
- Artanti, R., Nursyamsi, D. dan Jatmiko, S. Y. (2011) "Penurunan Konsentrasi Kromium(Cr) Dalam Limbah Cair Electroplating Dengan Penggunaan Koagulan dan Absorben, " *Jurnal Kimia Ecolab* Vol. 5, hal. 79–87.
- Erliyanti, N. K. *et al*. (2015) "The preparation of fixed carbon derived from waste tyre using pyrolysis," *Scientific Study and Research:*

- Chemistry and Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 16(4), hal. 343–352.
- Listiana, Vika. (2013) “Analisis Kadar Logam Berat Kromium(Cr) Dengan Ekstraksi Pelarut Asam Sulfat (H₂SO₄) Menggunakan Atomic Absorption Spectrofotometry(Aas) Di Sungai Donan.” Fakultas Ilmu Tarbiyah Dan Keguruan Institut Agama Islam Negeri Walisongo Semarang
- Natalina, N. dan Firdaus, H. (2017) “Penurunan Kadar Kromium Heksavalen (Cr⁶⁺) Dalam Limbah Batik Menggunakan Limbah Udang (Kitosan),” *Jurnal Teknik*, 38(2), hal. 99.
- Nurroisah, E *et al.* (2014) “Keefektifan Aerasi Sistem Tray Dan Filtrasi Sebagai Penurun Chemical Oxygen Demand Dan Padatan Tersuspensi Pada Limbah Cair Batik,” *Unnes Journal of Public Health.*, 3(4), hal. 56–64
- Sani, S. *et al.* (2019) “Penurunan Bod Dan Cod Pada Limbah Cair Industri Rumput Laut Dengan Metode Ion Exchange,” *Jurnal Teknik Kimia*, 13(2), hal. 67–71.
- Pujiastuti, C. (2008) “Kajian Penurunan Ca dan Mg Dalam Air Laut Menggunakan Resin (DOWEX),” *Jurnal Teknik Kimia*, vol 3 no. 1, hal 200-204.
- Saputri, R D M. *et al.* (2020) “Reduction of Chrom Ion (Cr) With Ion Exchange Resin in Liquid Waste of Leather Tanning,” *International Conference Eco-Innovation in Science, Engineering, and Technology*, hal. 205–208.
- Soemargono, *et al.* (2008) “Kajian Penyerapan Logam Khrom Dari Limbah Industri Elektroplating Menggunakan Resin Dowex Sbr-P.” *Jurnal Rekayasa Perencanaan*, Vol. 4.
- Widayatno, T. *et al.* (2017) “Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif,” *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), hal. 17–23.