

Penerapan Prinsip Interaksi Antar Molekul dalam Pengolahan Limbah Batik

Anugrah, Indah Rizki¹, Nisa, Nisa Nur Aprilia², Luthfiana, Fina^{3*}, Dani, Aflah Muzakka Fitriyan⁴ 

^{1,2,3,4}Prodi Tadris Kimia, IAIN Syekh Nurjati Cirebon, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received April 11, 2023

Revised April 21, 2023

Accepted June 19, 2023

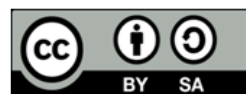
Available online June 20, 2023

Kata Kunci:

Interaksi antar molekul, limbah, batik, arang aktif, zeolit

Keywords:

Intramolecular force, waste, batik, activated charcoal, zeolite



This is an open access article under the license.

Copyright © 2022 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.

ABSTRAK

Batik Cirebon mengalami perkembangan pesat dalam beberapa tahun ke belakang. Namun, perkembangan ini berdampak pada meningkatnya limbah batik yang dihasilkan tanpa diolah terlebih dahulu. Limbah batik terdiri dari beberapa komponen, termasuk bahan kimia pengikat, bleaching dan pewarna. Penelitian ini dilakukan untuk membuat dan mengoptimasi alat pengolahan limbah sederhana dengan memanfaatkan prinsip interaksi antar molekul pada zat pengotor pada limbah dengan bahan-bahan penjernih yang digunakan melalui proses adsorpsi. Saat proses adsorpsi, terbentuk gaya van der Waals antara adsorben dengan gugus fungsi zat pengotor. Optimasi dilakukan melalui pengujian enam set alat penjernih dengan memvariasikan jenis arang dan ukuran zeolit sebagai adsorben utamanya. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa set alat penjernih yang paling optimal menjernihkan limbah batik adalah yang menggunakan arang batok kelapa dan zeolit berukuran kecil (1-2 mm). Arang batok memiliki pori-pori yang lebih kecil dibandingkan dengan arang kayu. Keefektifan proses penjernihan ini diakibatkan karena luas permukaan adsorben yang besar sehingga proses adsorpsi berlangsung secara maksimal.

ABSTRACT

Batik Cirebon has experienced rapid development in recent years. However, this development has led to an increase in untreated batik waste. Batik waste consists of several components, including binding chemicals, bleaching agents, and dyes. This research aims to create and optimize a simple waste treatment tool by utilizing the principles of molecular interactions between impurities in the waste and clarifying agents through the process of adsorption. During the adsorption process, van der Waals forces are formed between the adsorbent and the functional groups of the impurities. Optimization is carried out by testing six sets of clarifying tools, varying the types of charcoal and the size of zeolite as the main adsorbents. Based on the research results, it is known that the most optimal clarifying tool for purifying batik waste is the one that uses coconut shell charcoal and small-sized zeolite (1-2 mm). Coconut shell charcoal has smaller pores compared to wood charcoal. The effectiveness of this clarification process is due to the large surface area of the adsorbents, allowing for maximum adsorption.

1. PENDAHULUAN

Cirebon merupakan salah satu daerah penghasil batik di Jawa Barat yang memiliki kekuatan sejarah dan pemaknaan dalam penggambaran setiap ragam hiasnya. Hal ini disebabkan sejarah batik di Cirebon terkait erat dengan proses asimilasi budaya serta tradisi ritual religius. Perkembangan batik Cirebon dalam kurun waktu 10 tahun belakangan ini cukup melonjak dari sisi jumlah. Hal ini ditandai dengan pertumbuhan *showroom-showroom* batik di sekitar desa yang sangat pesat. Proses pembuatan batik Trusmi meliputi sembilan tahap, yaitu:

*Corresponding author

E-mail addresses: finaluthfiana630@gmail.com

1. *Potong*, pemotongan bahan baku sesuai dengan kebutuhan.
2. *Angetel*, menghilangkan kanji dari bahan baku (biasanya kain mori atau katun) dengan cara membasahi mori tersebut dengan larutan, terbuat dari minyak kacang, soda abu, *tipol* dan air secukupnya. Larutan tersebut diratakan ke seluruh bahan baku, kemudian dijemur sampai kering. Proses ini diulang kembali sampai tiga minggu lamanya lalu di cuci sampai bersih. Proses ini dilakukan agar zat warna bisa meresap ke dalam serat kain dengan sempurna.
3. *Anglengreng*, yaitu menggambar langsung pada kain.
4. *Isen-isen*, memberi variasi pada ornamen (*motif*) yang telah di *lengreng*.
5. *Nembok*, menutup *ngeblok* bagian dasar kain yang tidak perlu diwarnai.
6. *Ngobat*, mewarnai batik yang sudah ditembok dengan cara dicelupkan pada larutan zat warna.
7. *Anglorod*, menghilangkan lilin dengan cara direbus dalam air mendidih.
8. *Angumbah*, yaitu mencuci kain sampai bersih setelah lilin lepas dari kain.
9. *Pe*, pengeringan kain batik yang telah dicuci dengan cara dijemur.

Pewarnaan batik Cirebon pada mulanya menggunakan bahan-bahan warna alam. Warna-warna tersebut diperoleh dari bahan pohon pace (mengkudu) yang menghasilkan warna merah. Warna biru dihasilkan dari tumbuhan tom (tarum). Penggunaan bahan pewarna ini memerlukan proses yang lama dan warna yang dihasilkannya pun terbatas. Teknik pewarnaan alam saat ini mulai ditinggalkan karena alasan lama produksi dan tuntutan variasi warna yang lebih kaya. Para perajin batik di Cirebon kemudian mengenal penggunaan warna-warna kimia. Zat warna yang digunakan pada umumnya buatan Jerman (zat-zat warna yang memiliki merk yang berakhiran sol). Perajin batik Cirebon di Trusmi menyebutnya dengan istilah warna sol. Selain itu pula perajin batik di daerah Cirebon menggunakan pewarna batik *naphtol* yang berasal dari Jepang. Pewarna ini dikenal dengan sebutan obat jawo (Casta et al., 2007). Penggunaan bahan-bahan sintetik ini menyebabkan limbah yang dihasilkan menjadi tidak ramah lingkungan.

Proses produksi batik memerlukan air dalam jumlah besar serta menghasilkan limbah cair yang kaya zat warna, mengandung residu pewarna reaktif dan bahan kimia, sehingga perlu adanya pengelolaan yang tepat sebelum dilepaskan ke lingkungan (Ramesh, et al., 2007). Limbah cair industri batik berasal dari kegiatan pengolahan kain, pewarnaan, dan pelorotan. Proses pengolahan kain dan pewarnaan, menghasilkan limbah cair yang mengandung zat-zat kimia yang berpotensi meningkatkan nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan warna air limbah. Sedangkan pada kegiatan pelorotan, limbah cair yang dihasilkan memberikan kontribusi meningkatnya *Biological Oxygen Demand* (BOD) air limbah (Apriani, 2018).

Limbah batik adalah jenis limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan kain batik. Limbah batik terdiri dari beberapa komponen, termasuk bahan kimia, pewarna, dan serat kain yang tidak terpakai. Kandungan limbah batik bervariasi tergantung pada jenis pewarna dan bahan kimia yang digunakan dalam proses pembuatan batik. Beberapa kandungan limbah batik yang umum meliputi:

1. Bahan pewarna. Limbah batik mengandung berbagai jenis pewarna kimia yang digunakan untuk memberi warna pada kain batik. Pewarna yang umum digunakan termasuk pewarna anilin, pewarna asam, pewarna alam, dan pewarna azoik. Kandungan pewarna dalam limbah batik dapat mencemari air dan lingkungan jika tidak dikelola dengan benar.
2. Bahan kimia pengikat. Dalam proses batik, bahan kimia pengikat seperti soda abu (natrium karbonat) dan kapur (kalsium hidroksida) digunakan untuk mengikat pewarna pada serat kain. Limbah batik dapat mengandung residu bahan kimia ini.
3. Bahan kimia penghilang. Untuk mencapai efek pewarnaan tertentu, bahan kimia penghilang seperti natrium hipoklorit (*bleaching agent*) atau hidrogen peroksida dapat digunakan dalam proses batik. Limbah batik juga dapat mengandung residu bahan kimia ini.
4. Serat kain dan partikel: Limbah batik juga mengandung serat kain yang tidak terpakai atau rusak selama proses pembuatan batik. Serat-serat ini dapat mencemari air jika tidak dikelola dengan baik. Selain itu, partikel-partikel kecil dari bahan-bahan kimia dan serat kain juga dapat terlepas ke lingkungan.

Pengolahan limbah batik dapat dilakukan dengan berbagai metode, seperti filtrasi dan adsorpsi. Proses adsorpsi limbah batik biasanya dilakukan dengan mengontakkan limbah batik dengan material adsorben tertentu. Zat-zat berbahaya dalam limbah batik, seperti zat pewarna sintesis, logam berat, atau senyawa organik yang berpotensi beracun, akan berinteraksi dengan permukaan material adsorben dan terperangkap di dalamnya. Proses ini membantu mengurangi konsentrasi zat-zat berbahaya dalam limbah batik, sehingga air limbah dapat dibuang dengan lebih aman atau bahkan dapat diolah kembali untuk digunakan dalam proses batik.

Berikut adalah beberapa bahan adsorben yang sering digunakan dalam adsorpsi limbah batik:

1. Arang aktif: Arang aktif atau karbon aktif merupakan bahan adsorben yang paling umum digunakan dalam adsorpsi limbah. Arang aktif memiliki struktur pori-pori yang besar, yang memungkinkannya untuk menyerap zat-zat organik dari limbah batik. Arang sering digunakan dalam proses filtrasi limbah batik karena memiliki kemampuan yang baik untuk menyerap dan menghilangkan zat-zat berbahaya dari air. Beberapa peran penting arang dalam filtrasi limbah batik adalah sebagai berikut:
 - a. Penyerapan zat pewarna: Arang aktif memiliki struktur pori-pori yang besar dan permukaan yang luas, yang memungkinkannya menyerap zat pewarna dari air limbah batik. Zat-zat pewarna organik yang terlarut dalam air dapat berikatan dengan permukaan arang, sehingga mengurangi konsentrasi pewarna dalam limbah.
 - b. Penghilangan bahan kimia berbahaya: Limbah batik juga dapat mengandung bahan kimia berbahaya seperti logam berat atau zat kimia beracun lainnya. Arang aktif dapat menyerap logam berat seperti timbal, merkuri, kadmium, dan lainnya, serta mengikat zat-zat kimia beracun untuk mengurangi dampak negatifnya pada lingkungan.
 - c. Penghilangan bau dan rasa: Selain menyerap zat-zat berbahaya, arang juga dapat menghilangkan bau dan rasa yang tidak diinginkan dari air limbah batik. Zat-zat organik yang menyebabkan bau dan rasa yang tidak sedap dapat terikat pada permukaan arang, meningkatkan kualitas air yang dihasilkan.
 - d. Penghilangan partikel tersuspensi: Arang juga dapat berperan dalam menghilangkan partikel-partikel padat atau koloid yang tersuspensi dalam air limbah batik. Partikel-partikel tersebut dapat terperangkap dalam struktur pori-pori arang atau mengendap di permukaannya, sehingga memungkinkan air yang dihasilkan menjadi lebih jernih.

Penggunaan arang dalam filtrasi limbah batik membantu mengurangi dampak negatif limbah terhadap lingkungan, termasuk pencemaran air dan kerusakan ekosistem perairan. Namun, perlu diingat bahwa penggunaan arang hanya sebagai bagian dari sistem filtrasi yang lebih kompleks, dan langkah-langkah tambahan mungkin diperlukan untuk memastikan pemurnian yang efektif dari limbah batik sebelum dibuang atau digunakan kembali.
2. Zeolit. Zeolit adalah bahan adsorben alami atau sintetis yang memiliki struktur kristal dengan pori-pori yang teratur. Zeolit efektif dalam mengadsorpsi ion logam berat dan zat pewarna dari limbah batik. Struktur pori-pori memungkinkan zeolit untuk menyerap molekul dan ion tertentu dengan ukuran dan muatan yang tepat. Dalam konteks filtrasi limbah batik, zeolit dapat digunakan dalam beberapa cara:
 - a. Adsorpsi pewarna: Zeolit memiliki kemampuan untuk menyerap pewarna organik dari limbah batik. Melalui interaksi kimia antara pewarna dan permukaan zeolit, pewarna dapat terjebak dalam pori-pori zeolit dan dihilangkan dari air limbah.
 - b. Penghilangan logam berat: Beberapa proses batik menggunakan pewarna yang mengandung logam berat, seperti timbal atau kromium. Zeolit memiliki sifat adsorpsi terhadap logam berat, sehingga dapat digunakan untuk menghilangkan logam berat dari limbah batik. Zeolit juga dapat menggantikan logam berat dengan ion yang lebih aman, seperti natrium atau kalium, melalui proses pertukaran ion.
 - c. Penyaringan partikel: Zeolit memiliki pori-pori dengan ukuran yang teratur, yang memungkinkan zeolit untuk bertindak sebagai penyaring partikel dalam limbah batik. Zeolit dapat menangkap partikel-partikel kecil dalam air limbah, seperti serat kain, pewarna yang tidak terikat, atau bahan kimia lainnya, sehingga membantu mengurangi kontaminan dalam air limbah.

Penggunaan zeolit dalam filtrasi limbah batik dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan yang dihasilkan oleh industri batik. Namun, perlu diperhatikan bahwa zeolit yang telah jenuh dengan kontaminan perlu dikelola dengan benar setelah digunakan, seperti diolah kembali atau dibuang dengan aman agar tidak menyebabkan masalah baru dalam lingkungan.

Proses adsorpsi limbah batik melibatkan kontak antara bahan adsorben dengan limbah dalam bentuk larutan atau kolom. Kontak ini memungkinkan zat-zat berbahaya dalam limbah batik untuk diadsorpsi oleh bahan adsorben. Setelah proses adsorpsi selesai, bahan adsorben yang mengandung kontaminan dapat dihilangkan dari limbah atau diregenerasi untuk digunakan kembali.

Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah sebagai berikut (Syauqiyah, Amalia dan Kartini, 2011):

1. Luas permukaan. Semakin luas permukaan adsorben, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben.
2. Jenis adsorbat. Peningkatan polarisabilitas adsorbat akan meningkatkan kemampuan adsorpsi molekul yang mempunyai polarisabilitas yang tinggi (polar) memiliki kemampuan tarik menarik terhadap molekul lain dibandingkan molekul yang tidak dapat membentuk dipol (non polar);

- Peningkatan berat molekul adsorbat dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi. Adsorbat dengan rantai yang bercabang biasanya lebih mudah diadsorpsi dibandingkan rantai yang lurus.
3. Struktur molekul adsorbat. Hidroksil dan amino mengakibatkan mengurangi kemampuan penyisihan sedangkan Nitrogen meningkatkan kemampuan penyisihan.
 4. Konsentrasi Adsorbat. Semakin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben.
 5. Temperatur. Pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka pemanasan yang terlalu tinggi menyebabkan rusaknya adsorben sehingga kemampuan penyerapannya menurun.
 6. pH. pH larutan mempengaruhi kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi pada biosorben dan kompetisi ion logam dalam proses adsorpsi.
 7. Kecepatan pengadukan. Menentukan kecepatan waktu kontak adsorben dan adsorbat. Bila pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi berlangsung lambat pula, tetapi bila pengadukan terlalu cepat kemungkinan struktur adsorben cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal.
 8. Waktu kontak. Penentuan waktu kontak yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kesetimbangan.
 9. Waktu kesetimbangan dipengaruhi oleh:
 - tipe biomasa (jumlah dan jenis ruang pengikatan),
 - ukuran dan fisiologi biomasa (aktif atau tidak aktif),
 - ion yang terlibat dalam sistem biosorpsi
 - konsentrasi ion logam.

Setelah proses adsorpsi limbah batik selesai, material adsorben yang mengandung zat-zat berbahaya dapat diolah lebih lanjut untuk memulihkan atau menghilangkan zat tersebut. Proses regenerasi material adsorben tergantung pada jenis adsorben yang digunakan. Beberapa metode umum yang digunakan termasuk pengeringan, pemanasan, atau penggunaan bahan kimia tertentu untuk mengeluarkan zat yang teradsorpsi. Adsorpsi limbah batik hanya merupakan salah satu bagian dari proses pengelolaan limbah batik secara keseluruhan. Selain adsorpsi, ada juga metode lain seperti oksidasi, filtrasi, atau proses biologi yang dapat digunakan untuk mengolah limbah batik secara efektif.

Filtrasi limbah batik adalah proses penghilangan kontaminan atau zat-zat berbahaya dari limbah batik agar air yang dibuang menjadi lebih bersih dan aman bagi lingkungan. Limbah batik mengandung zat pewarna dan bahan kimia lainnya yang dapat mencemari air jika dibuang begitu saja tanpa pengolahan yang tepat. Berikut adalah beberapa metode filtrasi yang dapat digunakan untuk mengolah limbah batik:

1. Filtrasi mekanis: Metode ini melibatkan penggunaan filter atau penyaring untuk memisahkan partikel-partikel besar dari limbah batik. Proses ini dapat dilakukan dengan menggunakan media filtrasi seperti pasir, kain saring, atau filter lainnya. Partikel-partikel besar seperti serat kain atau lumpur dapat terperangkap dalam media filtrasi, sementara air yang mengandung zat-zat terlarut dapat mengalir melalui filter dan keluar sebagai air yang lebih bersih.
2. Filtrasi karbon aktif: Karbon aktif adalah material yang sangat porous dan memiliki daya serap yang tinggi terhadap zat-zat organik dan pewarna. Dalam filtrasi karbon aktif, limbah batik mengalir melalui media karbon aktif yang akan menyerap zat-zat berbahaya, seperti pewarna, dari air limbah. Proses ini dapat mengurangi kepekatan zat-zat berbahaya dalam limbah batik, sehingga air yang dibuang menjadi lebih bersih.
3. Filtrasi membran: Filtrasi membran melibatkan penggunaan membran semipermeabel untuk memisahkan zat-zat terlarut dari air limbah batik. Membran ini memiliki pori-pori yang sangat kecil sehingga hanya molekul-molekul air dan zat-zat terlarut kecil yang dapat melewati membran, sedangkan partikel-partikel besar dan zat-zat terlarut besar akan terperangkap dan tidak dapat melewati membran. Proses ini efektif dalam menghilangkan zat-zat terlarut dan pewarna yang terdapat dalam limbah batik.
4. Pengolahan biologi: Metode ini melibatkan penggunaan mikroorganisme seperti bakteri atau alga untuk menguraikan zat-zat organik yang terdapat dalam limbah batik. Proses ini dapat dilakukan dengan menggunakan sistem seperti sistem lumpur aktif atau kolam alga. Mikroorganisme akan memakan zat-zat organik dalam limbah batik dan mengubahnya menjadi senyawa yang lebih sederhana. Hasil akhir dari proses ini adalah air yang lebih bersih dan mengandung lebih sedikit zat-zat berbahaya.

Berbagai metode telah dikembangkan sebagai upaya mengatasi permasalahan yang diakibatkan oleh industri batik, baik secara fisika, kimia dan biologi seperti sistem lumpur aktif, adsorpsi, proses oksidasi lanjutan, elektrodegradasi, fotodegradasi, elektrokoagulasi, dan *phytotreatment*. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengolah limbah batik, di antaranya reaksi fotokatalitik

(Rashed & El-Amin, 2007), adsorpsi (Jannantin et al., 2003), koagulasi (Sianita & Nurcahyati, 2008; Kobaya et al., 2003). Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat sederhana yang dapat digunakan oleh perajik batik untuk mengolah limbah hasil produksi batik sebelum di buang ke lingkungan.

2. METODE

Pada penelitian ini, sampel limbah batik diambil dari industri batik di wilayah Trusmi, Cirebon. Sampel tersebut kemudian dibagi menjadi 6 sampel. Keenam sampel tersebut diolah dengan penanganan berbeda, yaitu dengan memodifikasi ukuran zeolit dan bahan baku arang. Ukuran zeolit yang digunakan ada tiga macam, yaitu ukuran kecil (1-2 mm), sedang (2-3 mm) dan besar (5-8 mm). Sementara itu, arang yang digunakan pada penelitian ini adalah arang kayu dan arang batok kelapa. Arang kayu memiliki kemampuan filtrasi yang cukup efektif karena memiliki struktur pori-pori yang luas dan berpori. Ketika digunakan dalam filtrasi, arang kayu dapat menghilangkan berbagai zat yang terlarut, partikel-partikel kecil, dan bahan organik dari air atau larutan. Beberapa alasan mengapa arang kayu efektif dalam filtrasi: 1) pori-pori yang luas: Arang kayu memiliki struktur pori-pori yang besar, yang memungkinkan air atau larutan untuk melewati dengan mudah. Pori-pori ini dapat menampung partikel-partikel yang lebih besar dan memberikan area permukaan yang luas untuk penyerapan zat-zat terlarut; 2) adsorpsi: arang kayu memiliki kemampuan adsorpsi yang baik. Adsorpsi adalah proses di mana zat-zat terlarut atau partikel-partikel kecil menempel pada permukaan arang kayu. Ini memungkinkan arang kayu untuk menghilangkan berbagai zat seperti bau, rasa, zat pewarna, logam berat, dan bahan organik dari air atau larutan; 3) penghilangan bau dan rasa: arang kayu sering digunakan dalam filtrasi air minum untuk menghilangkan bau dan rasa yang tidak diinginkan. Permukaan arang kayu dapat menyerap senyawa-senyawa kimia yang bertanggung jawab atas bau atau rasa yang tidak sedap; 4) penghilangan zat berbahaya: arang kayu juga dapat menghilangkan beberapa zat berbahaya seperti pestisida, bahan kimia organik, dan zat-zat yang dapat menyebabkan keracunan dari air atau larutan dan 5) biaya rendah: arang kayu relatif murah dan mudah didapat, sehingga menjadi pilihan yang ekonomis dalam sistem filtrasi.

Arang batok kelapa telah lama digunakan sebagai bahan filtrasi dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam bidang pengolahan air dan pemurnian air minum. Efektivitasnya dalam filtrasi tergantung pada beberapa faktor, termasuk jenis pencemar yang ada dalam air yang akan difiltrasi, ukuran partikel yang ingin dihilangkan, dan kondisi operasional dari sistem filtrasi yang digunakan. Adapun arang batok kelapa memiliki struktur pori yang kompleks dan luas permukaan yang besar, yang memungkinkan untuk menyerap dan menyaring partikel-partikel pencemar dari air. Di dalam struktur pori tersebut, terdapat karbon aktif yang dapat menyerap bahan organik, bau, rasa, dan beberapa jenis logam berat. Beberapa keunggulan dari penggunaan arang batok kelapa dalam filtrasi antara lain: 1) penyaringan partikel: arang batok kelapa mampu menyaring partikel-partikel kecil dalam air, seperti pasir, lumpur, dan partikel koloid. Pori-pori kecil pada arang batok kelapa dapat menangkap partikel-partikel tersebut sehingga air yang keluar dari filtrasi menjadi lebih jernih; 2) penyerapan bahan organik: arang batok kelapa memiliki daya serap yang baik terhadap bahan organik yang terdapat dalam air, seperti senyawa organik terlarut, pestisida, dan bahan kimia berbahaya lainnya. Hal ini dapat meningkatkan kualitas air dengan menghilangkan bau dan rasa yang tidak diinginkan; 3) penghilangan zat berbahaya: arang batok kelapa juga efektif dalam menghilangkan beberapa logam berat, seperti timbal, merkuri, dan arsenik dari air. Karbon aktif pada arang batok kelapa dapat berinteraksi dengan logam berat tersebut dan menjebaknya di dalam struktur pori.

Lokasi Sampling

Pengambilan sampel limbah hasil industri batik dilakukan di kawasan industri batik di desa Trumi, Kecamatan Plered, Kabupaten Cirebon, Jawa Barat.

Variabel Penelitian

Media yang akan digunakan pada penelitian kali ini adalah arang aktif serta zeolit. Terdapat enam set alat filtrasi yang berisi arang dan zeolit dengan berbagai jenis bahan dan ukuran. Modifikasi tersebut terdiri dari:

1. Jenis bahan arang, yaitu arang batok kelapa dan arang kayu.
2. Ukuran zeolit, yaitu kecil (1-2 mm), sedang (2-3 mm) dan besar (5-8 mm).

Prosedur Penelitian

1. Membuat enam set alat filtrasi yang dibuat dari botol bekas yang diposisikan terbalik (tutup botol di bagian bawah) dan dipotong bagian atasnya agar bisa dimasukkan bahan-bahan penjernih limbah. Kemudian, dimasukkan bahan-bahan penjernih sebagai berikut:

Tabel 1. Set bahan filtrasi dan sampelnya

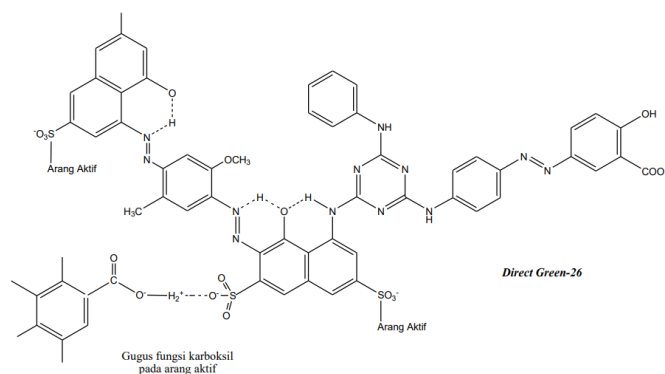
No	Set Alat A	Set Alat B	Set Alat C	Set Alat D	Set Alat E	Set Alat F
1	Zeolit ukuran 1-2 mm	Zeolit ukuran 2-3 mm	Zeolit ukuran 5-8 mm	Zeolit ukuran 1-2 mm	Zeolit ukuran 2-3 mm	Zeolit ukuran 5-8 mm
2	Arang kayu	Arang kayu	Arang kayu	Arang batok kelapa	Arang batok kelapa	Arang batok kelapa
3	Ijuk	Ijuk	Ijuk	Ijuk	Ijuk	Ijuk
4	Kerikil	Kerikil	Kerikil	Kerikil	Kerikil	Kerikil
5	Pasir	Pasir	Pasir	Pasir	Pasir	Pasir

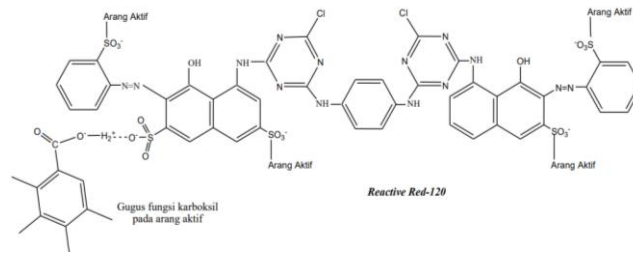
- Ambil sampel limbah batik kemudian dibagi menjadi enam.
- Alirkan sampel limbah ke masing-masing set alat kemudian tamping hasil penyaringannya ke dalam wadah yang sudah disiapkan.
- Amati hasil penyaringannya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Variabel yang diteliti dalam penelitian tentang pengolahan limbah ini adalah ukuran zeolit dan jenis arang. Adapun proses penjernihannya melalui prinsip adsorpsi. Sebagai diketahui, arang aktif adalah zat kimia yang sering dimanfaatkan karena daya adsorpsinya yang baik. Adsorpsi merupakan suatu fenomena dimana sejumlah kuantitas gas menetap pada suatu permukaan, misalnya kontak yang terjadi dari gas atau larutan pada suatu logam. Interaksi yang terjadi akan menyebabkan sifat-sifat logam mengalami modifikasi atau perubahan. Gas atau larutan yang tertarik pada permukaan logam disebut dengan adsorbat, sedangkan permukaan logam disebut sebagai adsorben. Menurut kekuatan interaksinya, ada 2 tipe adsorpsi yaitu adsorpsi fisik (fisisorpsi) dan adsorpsi kimia (kemisorpsi) (McCash, 2001). Dalam adsorpsi fisik kekuatan ikatan antara molekul yang diadsorpsi dan permukaan sangat lemah, atau tipe Van der Waals. Energi yang berasosiasi dengan ikatan tersebut relatif lemah, sekitar 20 kJ/mol (Castellan 1982). Sedangkan pada proses adsorpsi kimia, interaksi adsorbat dengan adsorben melalui pembentukan ikatan kimia. Kemisorpsi terjadi diawali dengan adsorpsi fisik, yaitu partikel-partikel adsorbat mendekat ke permukaan adsorben melalui gaya van der Waals atau melalui ikatan hidrogen. Kemudian diikuti oleh adsorpsi kimia yang terjadi setelah adsorpsi fisika. Dalam adsorpsi kimia partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen) dan cenderung mencari tempat yang memaksimalkan bilangan koordinasi dengan substrat (Atkins, 1999). Dalam adsorpsi kimia ikatan sangat berperan dan merupakan resultan dari suatu transfer atau suatu penempatan elektron dalam reaksi antara adsorbat dan adsorben. Kekuatan ikatan dalam kemisorpsi menjadi lebih penting dibandingkan pada fisisorpsi. Keadaan molekul dari adsorbat akan berbeda dari keadaan awalnya. Atom permukaan mempunyai suatu karakter elektronik tidak jenuh dengan kehadiran beberapa kekosongan (valensi bebas). Pembentukan lapisan sempurna dari molekul yang diadsorpsi secara kimia memungkinkan menjenuhkan secara sempurna pada daerah kekosongan (Oudar, 1973).

Dalam limbah batik, terdapat sisa-sisa pewarna hasil proses *dying*. Pewarna tersebut akan teradsorpsi pada arang aktif melalui interaksi antar molekul. Berikut ini adalah kemungkinan ikatan yang terbentuk antara zat warna dengan arang aktif:





Gambar 1. Prediksi interaksi antar molekul yang terbentuk antara zat warna dengan arang aktif (Puspita, Firduas dan Hurhamidah, 2017)

Berdasarkan Gambar 1 di atas, proses adsorpsi melibatkan gaya van der Waals di gugus fungsi hidroksil pada arang aktif. Oleh karena itu, adsorpsinya termasuk ke dalam adsorpsi fisik. Sebagaimana diketahui, interaksi adsorpsi fisik lebih lemah dibandingkan adsorpsi secara kimiawi. Oleh karena itu, untuk mengoptimalkan proses penjernihan, ditambahkan zat lain, yaitu zeolit.

Zeolit telah lama dikenal memiliki kegunaan dalam pengolahan air dan limbah. Zeolit memiliki bentuk kristal yang sangat teratur dengan rongga yang saling berhubungan ke segala arah yang menyebabkan luas permukaan zeolit sangat besar sehingga sangat baik digunakan sebagai adsorben. Zeolit memiliki sifat fisikokimia yang baik, seperti kapasitas tukar kation yang tinggi, selektivitas kation dan volume pori besar (Atikah, 2017). Dengan demikian, metode pengolahan limbah menggunakan arang dan zeolit akan menambah efektivitas adsorpsi pengotornya.

Berdasarkan hasil penjernihan dengan enam set alat dan bahan filtrasi didapatkan bahwa setiap set alat penjernihan memberikan filtrat yang berbeda. Berikut adalah hasil filtrasi dari setiap sampel dengan alat penjernihan masing-masing.



Gambar 2. Dari kiri ke kanan: hasil filtrasi sampel A (set alat: zeolit ukuran kecil, arang kayu, kerikil dan pasir), sampel B (set alat: zeolit ukuran medium, arang kayu, kerikil dan pasir) dan sampel C (set alat: zeolit ukuran besar, arang kayu, kerikil dan pasir)



Gambar 3. Dari kiri ke kanan: hasil filtrasi sampel D (set alat: zeolit ukuran kecil, arang batok kelapa, kerikil dan pasir), sampel E (set alat: zeolit ukuran medium, arang batok kelapa, kerikil dan pasir) dan sampel F (set alat: zeolit ukuran besar, arang batok kelapa, kerikil dan pasir)

Berdasarkan hasil tersebut, set alat dan bahan nomor 4 (sampel D) adalah yang paling optimum dalam menjernihkan limbah batik. Set alat tersebut terdiri atas zeolit ukuran kecil (1-2 mm), arang batok kelapa, kerikil dan pasir. Arang batok kelapa, sebagaimana disampaikan di atas, memiliki memiliki struktur pori yang kompleks sehingga dapat pula menyaring partikel kecil dalam limbah batik seperti pasir, lumpur, dan partikel koloid. Dalam Mazuli dan Haripriadi (2020), mutu karbon aktif yang dihasilkan dari batok kelapa mempunyai daya serap tinggi, karena arang ini berpori-pori dengan diameter yang kecil, sehingga mempunyai internal yang luas. Luas permukaan arang adalah $2 \times 10^4 \text{ cm}^2$ per gram, tetapi sesudah pengaktifan dengan bahan kimia mempunyai luas sebesar 5×10^6 sampai $15 \times 10^7 \text{ cm}^2$ per gram. Dibandingkan dengan arang kayu yang struktur porinya luas, arang batok kelapa lebih efektif digunakan dalam proses pengolahan limbah. Namun demikian, banyak aspek lain yang dapat mempengaruhi adsorpsi zat warna oleh arang aktif seperti, pH media, waktu kontak, berat adsorben, dan suhu, dimana jika adsorpsi dilakukan pada kondisi optimum untuk setiap aspeknya maka proses adsorpsi akan terjadi secara maksimal, sehingga zat warna yang terserap akan semakin banyak yang berarti daya serap dari arang aktif menjadi semakin besar (Puspita, Firduas dan Hurhamidah, 2017).



Gambar 4. Set alat filtrasi optimum terdiri dari zeolit ukuran kecil (1-2 mm), arang batok kelapa, kerikil dan pasir (kiri). Hasil filtrasi limbah batik dengan set alat filtrasi optimum (kanan).

Adapun mengenai variabel ukuran zeolit, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ukuran zeolit yang kecil yang paling efektif digunakan dalam proses penjernihan limbah batik. Ukuran yang kecil berdampak pada luas permukaan yang menjadi semakin besar. Oleh karena itu, proses adsorpsi pengotor akan semakin efektif.

4. KESIMPULAN

Limbah yang dihasilkan dari industri batik mengandung berbagai komponen, seperti bahan kimia pengikat, *bleaching* dan pewarna. Pengolahan limbah sederhana dapat dilakukan menggunakan prinsip ikatan antar molekul antara gugus fungsi pada pengotor dengan zat adsorben. Adsorben yang digunakan dalam penelitian ini adalah arang aktif dan zeolit. Optimasi dilakukan dengan cara memvariasikan jenis arang dan ukuran zeolit dalam enam set alat penjernihan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arang batok kelapa lebih efektif dibandingkan arang kayu dalam mengolah limbah batik. Arang batok kelapa memiliki daya serap tinggi karena memiliki pori-pori dengan diameter yang kecil, sehingga mempunyai internal yang luas. Adapun zeolit, proses pengolahan paling efektif terjadi pada set alat yang menggunakan zeolit berukuran kecil (1-2 mm). Hal ini disebabkan, semakin kecil ukuran zeolit, maka semakin besar luas permukaan sehingga proses adsorpsi berlangsung lebih banyak. Namun demikian, ada hal lain yang perlu dipertimbangkan, seperti, pH media, waktu kontak, berat adsorben, dan suhu.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Apriyani, N. (2018). Industri batik: kandungan limbah cair dan metode pengolahannya. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan (MITL)*, 3(1), 21-29.
- Atikah, W. S. (2017). Karakterisasi zeolit alam gunung kidul teraktivasi sebagai media adsorben pewarna tekstil. *Arena Tekstil*, 32(1).
- Atkins, P. W. (1999). *Physical chemistry*. Oxford University Press.
- Casta dan Taruna. (2007). Batik Cirebon, Badan Komunikasi Kebudayaan dan Pariwisata Kabupaten Cirebon, Sumber.

- Castellan G. W. (1982). *Physical Chemistry Third Edition*. New York: General Graphic Services.
- Handayani, W. (2018). Bentuk, Makna Dan Fungsi Seni Kerajinan Batik Cirebon. *ATRAT: Jurnal Seni Rupa*, 6 (1).
- Jannatin, R. D., Razif, M., dan Mursid, M. (2003). Uji Efisiensi Removal Adsorpsi Arang Batok Kelapa Untuk Mereduksi Warna Dan Permanganat Value Dari Limbah Cair Industri Batik. Laporan Penelitian. Surabaya. Teknik Lingkungan Intitut Teknologi Surabaya.
- Kobaya, M., Tan, O. C., dan Bayramoglu, M. (2003). Treatment Of Textile Wastewaters By Electrocoagulation Using Iron And Aluminum Electrodes. *Journal of hazardous Materials*. 163–178.
- Mazuli, S., & Haripriadi, B. D. (2020). Analisa Pengaruh Arang Kayu Bakau, Arang Tempurung Kelapa Dan Arang Kayu Leban Pada Proses Pack Carburizing Terhadap Kekerasan Baja Karbon St 37. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(2), 128-137.
- McCash. E. M. (2001). *Surface Chemistry*. Oxford: Oxford University Press.
- Oudar J. (1973). *La Chimie des Surfaces*. Paris: Presses Universitaire de France.
- Puspita, M., Firdaus, M. L., & Nurhamidah, N. (2017). Pemanfaatan arang aktif sabut kelapa sawit sebagai adsoben zat warna sintetis reactive red-120 dan direct green-26. *Alotrop*, 1(1).
- Rashed, M.N., dan El-Amin, A. A. (2007). Photocatalytic Degradation of Methyl Orange in Aqueous TiO_2 Under Different Solar Irradiation Source, *Int.j.Phys.Sci*, 2 (3), 73-81.
- Sianita, D., dan Nurcahyati, I. S. (2003). Kajian Pengolahan Limbah Cair Industri Batik, Kombinasi Aerob-Anaerob dan Penggunaan Koagulan Tawas. Laporan Penelitian. Semarang. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). Analisis variasi waktu dan kecepatan pengaduk pada proses adsorpsi limbah logam berat dengan arang aktif. *Info-Teknik*, 12(1), 11-20.