

**UPAYA MENGURANGI KESADAHAN AIR *RECYCLE* LIMBAH  
TEKSTIL MENGGUNAKAN ZEOLIT DAN ARANG AKTIF**  
*EFFORTS TO REDUCE WASTE RECYCLE WATER HARDNESS  
USING ZEOLITE AND ACTIVATED CHARCOAL*

**Utami Nurul Azijah, Lestari Wardani\*, Rr. Wiwiek Eka Mulyani**  
Politeknik STTT Bandung, Kota Bandung, 40272, Indonesia

\*Penulis korespondensi:  
Alamat Email : ureshii85@gmail.com

Tanggal diterima: 25 September 2021, direvisi: 21 Juni 2022,  
disetujui: 28 Juni 2022

**Abstrak**

Air merupakan kebutuhan utama pada proses basah tekstil. Hal ini berbanding terbalik dengan ketersediaan air. Dalam upaya mengefisienkan penggunaan air, salah satu pabrik tekstil menggunakan kembali air hasil *recycle* limbah produksinya. Air hasil *recycle* limbah pabrik tersebut memiliki tingkat kesadahan dan kandungan logam yang masih tinggi sehingga perlu dilakukan pengolahan sebelum digunakan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbandingan komposisi zeolit dan arang aktif serta waktu kontak adsorpsi terhadap penurunan kesadahan untuk memperbaiki kualitas air proses hasil *recycle* limbah produksi di salah satu pabrik tekstil tersebut. Proses adsorpsi dilakukan dengan metode filtrasi saringan cepat dilakukan dua tahapan. Pada tahap awal dilakukan filtrasi dengan beberapa komposisi media zeolit:arang aktif sehingga didapat komposisi optimum media zeolit: arang aktif ialah 8:1. Dilanjutkan dengan uji tahap dua yaitu variasi waktu kontak. Komposisi optimum media zeolit-arang aktif yaitu pada perbandingan 8:1 dapat menurunkan nilai kesadahan sebesar 54,36%. Nilai optimum yang dapat dicapai dengan komposisi zeolit:arang aktif 8:1 yaitu pada waktu adsorpsi selama 8 menit dengan hasil nilai pH 6 dan nilai kesadahan total sebesar 3,03°dH dengan efisiensi 74,55%, kesadahan Ca sebesar 1,12°dH dengan efisiensi 69,97%, kesadahan Mg 1,91°dH dengan efisiensi 76,65%.

Kata Kunci: Zeolit, arang aktif, kesadahan

**Abstract**

*Water is the main requirement in the wet process of textiles. This is inversely proportional to the availability of water. In an effort to streamline water use, one of the textile factories reuses the recycled water from its production waste. The recycled water from the factory waste has a high level of hardness and metal content, so it needs to be treated before being used. The purpose of this study was to determine the effect of the comparison of the composition of zeolite and activated charcoal as well as adsorption contact time on decreasing hardness to improve the quality of process water resulting from recycled waste production in one of these textile factories. The adsorption process was carried out using a rapid sieve filtration method in two stages. At the initial stage, filtration was carried out with several compositions of zeolite media: activated charcoal so that the optimum composition of*

*zeolite media: activated charcoal was 8:1. Followed by the second stage of the test, namely the variation of contact time. The optimum composition of zeolite-activated charcoal media, which is at a ratio of 8:1, can reduce the hardness value by 54.36%. The optimum value that can be achieved with the composition of zeolite: activated charcoal is 8:1, namely at the adsorption time of 8 minutes with the results of a pH value of 6 and a total hardness value of 3.03°dH with an efficiency of 74.55%, Ca hardness of 1.12° dH with an efficiency of 69.97%, Mg hardness of 1.91°dH with an efficiency of 76.65%.*

*Keywords: Zeolite, activated charcoal, hardness.*

## **PENDAHULUAN**

Air digunakan untuk memenuhi kebutuhan baik bagi masyarakat umum ataupun industri. Penggunaan air di industri menuntut syarat-syarat yang harus dipenuhi untuk mencegah terjadinya kerusakan pada alat-alat di industri [1]. Industri tekstil adalah salah satu industri yang tidak dapat lepas dari air. Industri tekstil menggunakan air untuk melakukan proses basah tekstil. Air yang diperlukan untuk proses tekstil memerlukan persyaratan tertentu agar dapat digunakan untuk air pendingin untuk mesin pada proses kain penyempurnaan dan air boiler [2]. Air yang digunakan untuk proses basah tekstil memiliki beberapa syarat yang harus dipenuhi sebelum digunakan, selain tidak berwarna dan tidak keruh, salah satu syarat lain adalah nilai kesadahan. Salah satu penggunaan air proses pada industri tekstil ialah air proses yang digunakan untuk proses basah tekstil. Air yang dipakai untuk proses basah tekstil harus memiliki nilai kesadahan < 50 mg/l [3] atau  $\leq 3^{\circ}\text{dH}$ . Satu derajat Jerman ( $1^{\circ}\text{dH}$ ) setara dengan 10 mg/l CaO atau 17,9 mg/l  $\text{CaCO}_3$  [4], [5]. Kesadahan dapat mengganggu penetrasi warna yang merata dan menimbulkan endapan lengket pada kain dan mempengaruhi proses pencelupan[3]. Kesadahan dalam air dapat mengganggu tindakan pembersihan sabun dan deterjen yang mengandung

surfaktan. Ion magnesium ( $\text{Mg}^{+2}$ ) dan kalsium ( $\text{Ca}^{+2}$ ) bermuatan positif, yang terdapat dalam air sadah, cenderung mengikat diri ke kepala molekul surfaktan yang bermuatan negatif ini. Molekul surfaktan yang telah bereaksi dengan air dengan cara ini jatuh dari larutan, karena molekul surfaktan tidak lagi memiliki kepala bermuatan listrik karena ujung "kutub" inilah yang membuat molekul surfaktan larut. Akibatnya, jumlah deterjen yang lebih besar diperlukan untuk melawan mineral, dan hasil cucian tidak sebaik jika tidak ada kesadahan. Sabun bereaksi dengan kalsium dalam air sadah untuk membentuk dadih lengket, oleh karena itu, diperlukan lebih banyak sabun untuk membersihkan jika dibandingkan dengan air tanpa sadah. Dadih sabun yang terbentuk dari reaksi yang disebutkan sebelumnya menyebabkan masalah dalam pencucian karena menempel pada pakaian dan menjebak tanah pada kain[4]. Di beberapa industri tekstil sebagian air proses untuk proses pencelupan berasal dari hasil *recycle* limbah hasil produksi yang digunakan kembali, hal tersebut dilakukan untuk mengefisiensikan penggunaan air. Berdasarkan pengujian pendahuluan pada hasil *recycle* limbah salah satu industri tekstil nilai kesadahan air masih tinggi yaitu untuk kesadahan total sebesar  $11,91^{\circ}\text{dH}$  sehingga belum memenuhi standar kesadahan

minimum untuk air proses. Karena hal tersebut, agar kualitas air proses dapat sesuai dengan standar maka perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut untuk menurunkan nilai kesadahan pada air *recycle* limbah industri tekstil tersebut. Proses *recycle* limbah dilakukan dengan cara filtrasi, koagulasi dan flokulasi. Jika pada proses koagulasinya terjadi penambahan ion  $\text{Ca}^{2+}$  maka hal ini akan mempengaruhi nilai dari kesadahan air proses *recycle*.

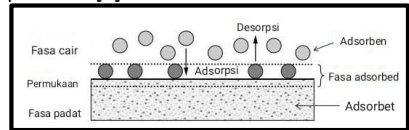
Kesadahan merupakan istilah yang digunakan pada air yang mengandung kation penyebab kesadahan dalam jumlah yang tinggi. Pada umumnya kesadahan disebabkan oleh adanya logam-logam atau kation-kation yang bervalensi dua, penyebab utama dari kesadahan adalah kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg). [5]

Usaha penanganan limbah yang mengandung ion-ion logam berat yang diantaranya merupakan logam penyebab kesadahan seperti kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) telah banyak dilakukan. Pendekatan ini dilakukan melalui teknik pengendapan maupun menggunakan adsorben (zat penyerap) [6].

Adsorben ialah zat yang melakukan penyerapan terhadap zat lain (baik cairan maupun gas) pada proses adsorpsi. Faktor yang bisa mempengaruhi terjadinya adsorpsi, antara lain adalah waktu kontak, luas permukaan, suhu serta tekanan. Umumnya adsorben bersifat spesifik, hanya menyerap zat tertentu. Dalam memilih jenis adsorben pada proses adsorpsi, disesuaikan dengan sifat dan keadaan zat yang akan diadsorpsi. Jenis adsorben yang sering dipakai adalah silica gel, alumina aktif, karbon aktif, arang aktif, zeolit.

Adsorpsi adalah proses akumulasi penyatuan zat adsorbat di permukaan atau antarmuka disebabkan oleh gaya tarik antar molekul. Fase adsorpsi

disebut adsorben, dan bahan yang diadsorpsi adalah adsorbat. Adsorpsi dapat terjadi antara dua fase, yaitu antarmuka cair-cair, gas-cair, gas-padat, atau cair-padat. Saat karbon aktif digunakan, fase adsorpsi adalah padatan [7].



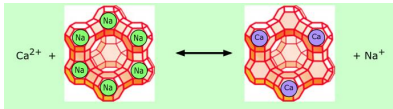
Sumber: Worch, P.D. (2012). *Adsorption Technology in Water Treatment: Fundamentals, Processes, and Modeling*. Germany: The Deutsche Nationalbibliothek.

Gambar 1. Istilah dasar adsorpsi

Adsorben yang paling banyak dipakai untuk menyerap zat-zat dalam larutan adalah arang. Arang aktif yang merupakan contoh dari adsorben, yang biasanya dibuat dengan cara membakar tempurung kelapa atau kayu dengan persediaan udara (oksigen) yang terbatas. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 25 % - 100 % terhadap berat arang aktif. [8]. Tiap partikel adsorben dikelilingi oleh molekul yang diserap karena terjadi interaksi tarik menarik [9].

Selain arang aktif, bahan yang dapat digunakan sebagai bahan penjernih air adalah zeolit alami. Sifat zeolit sebagai adsorben dan penyaring molekul, dimungkinkan karena struktur zeolit yang berongga, sehingga zeolit mampu menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran lebih kecil atau sesuai dengan ukuran rongganya. [10] Maka arang aktif dan zeolit dipilih sebagai media penelitian kali ini.

Zeolit memiliki muatan negatif karena keberadaan atom aluminium di dalamnya. Muatan negatif inilah yang menyebabkan zeolit dapat mengikat kation-kation pada air, Fe, Al, Ca Mg yang umumnya terdapat pada air tanah. Berikut adalah ilustrasi pertukaran kation pada media zeolit.



Sumber : Lower, S. (2019, Agustus 25). Hard water and water softening. Retrived April 25, 2021, from: AquaScans: <https://www.chem1.com/CQ/hardwater.html>

Gambar 2. Ilustrasi pertukaran kation pada zeolit.

Sedangkan arang aktif adalah arang yang diproses sedemikian rupa sehingga pori-porinya terbuka, dengan demikian arang aktif mempunyai daya serap yang dapat menghilangkan partikel-partikel dalam air dan menurunkan tingkat kesadahan. Arang aktif sangat efektif dalam menyerap zat terlarut dalam air baik organik maupun anorganik [11].

Sebagai bahan untuk pemurnian air, perlu diketahui dua faktor penting yang dipenuhi. Pertama absorpsi unsur-unsur kontaminan dan kedua kemampuan bahan tersebut untuk mengurangi kontaminan senyawa organik. Untuk memenuhi kedua faktor ini, maka komposisi dari zeolit dengan arang aktif adalah suatu komposisi yang optimal. (Sutisna, 2002) Pencampuran dua material berdaya serap tinggi (zeolit dan arang aktif) dapat menghasilkan membran berkualitas baik untuk aplikasi filter air [12].

Pada sebuah penelitian menggunakan media filter zeolit dan arang aktif dengan komposisi 1:1 dengan tinggi kolom filtrasi sebesar 70 cm dengan waktu kontak selama 4 menit didapat bahwa media filter zeolit dan arang aktif efektif menurunkan kesadahan air karena sifat dari masing-masing media dapat menurunkan kadar kesadahan air. Efektivitas penurunan kadar kesadahan sebesar 94,36%. Zeolit mempunyai sifat sebagai ion

*exchange*, dengan mengalirkan air sampel pada filter zeolit akan melepaskan natrium dan digantikan dengan mengikat Ca dan Mg. Arang aktif mempunyai kemampuan menyerap ion Ca dan Mg yang menyebabkan kesadahan pada air[11]. Komposisi media zeolit dan arang aktif dapat diubah sesuai dengan kualitas air bakunya. Jika kadar logam cukup tinggi maka ketebalan lapisan zeolitnya lebih tinggi, sebaliknya untuk menghilangkan bau serta warna maka lapisan arang aktif diperbesar [13]. Waktu kontak berpengaruh pada hasil adsorpsi, semakin lama mencampurkan adsorben dengan adsorbat maka interaksi yang terjadi juga akan semakin besar. Hal itu dikarenakan pada proses adsorpsi, terkadang adsorbat harus melalui difusi dimana proses ini juga memerlukan waktu.

Menurut hasil penelitian sebelumnya kombinasi campuran arang aktif dan zeolit mampu meningkatkan kemampuan adsorpsi secara signifikan. Komposisi optimum adalah 1 bagian arang aktif dan 4 bagian zeolit [13]. Komposisi massa adsorben campuran yang optimum terhadap efisiensi penyerapan logam adalah perbandingan arang aktif dan zeolit alam 1:3. Efisiensi adsorpsi dari adsorben campuran arang aktif dan zeolit alam yang optimal adalah 4,65%[14].

Komposisi masing-masing media filter berpengaruh pada kualitas air yang dihasilkan. Semakin tinggi kadar logam-logam penyebab kesadahan, maka semakin tinggi juga komposisi media zeolit yang harus digunakan dibanding dengan penggunaan arang aktif. Namun arang aktif tetap dibutuhkan untuk memaksimalkan proses adsorpsi dalam menyerap warna, bau, serta beberapa zat kimia [15].

Zeolit memiliki pori yang sangat kecil sehingga mampu menyaring molekul yang kecil. Zeolit menghilangkan logam berat, deterjen dan bahan kimia berbahaya. Juga menghilangkan ion beracun seperti mangan, nitrat, nitrit, merkuri, besi dan ion arsenik dari air. Sedangkan arang aktif berfungsi meningkatkan porositas dan luas permukaannya, dan digunakan untuk menyerap bau, rasa, warna dan beberapa zat kimia baik organik maupun anorganik[13]. Maka keduanya merupakan kombinasi yang baik.

Dari berbagai penelitian terdahulu[6], [12] mengenai perbandingan komposisi zeolite: arang aktif yang memiliki beberapa komposisi optimum diantaranya 1:1, 1:3 dan 1:4 arang aktif:zeolit, dipilihlah komposisi tersebut sebagai variasi pada penelitian kali ini disertai penambahan komposisi baru yaitu 1:8 arang aktif: zeolite untuk mengembangkan komposisi yang sudah ada. Waktu kontak berpengaruh pada proses adsorpsi. Waktu kontak yang digunakan pada penelitian terdahulu adalah selama 4 menit. Dilakukan pengembangan mengenai waktu kontak optimum sehingga dilakukan penelitian dengan variasi waktu kontak sebesar 0, 4, 8 dan 12 menit. Pada variasi waktu kontak dilakukan pula pengulangan proses filtrasi sebanyak dua kali untuk mengetahui pengaruh pengulangan atau volume contoh uji terhadap nilai kesadahan air.

Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan kualitas air hasil *recycle* limbah tekstil. Proses *treatment* dilakukan dengan menggunakan media zeolit dan arang aktif dengan variasi komposisi yaitu 1:1 zeolit-arang aktif, 1:4 zeolit-arang aktif, 4:1 zeolit-arang aktif, 1:8 zeolit-arang aktif, dan 8:1 zeolit-arang aktif dengan menggunakan kolom filtrasi setinggi 70 cm serta variasi waktu kontak

adsorpsi. Penelitian sebelumnya menggunakan zeolit dan arang aktif dengan komposisi zeolit: arang aktif hingga 4:1 untuk *treatment* air sumur. Oleh karena itu, pada penelitian ini ditambahkan variasi komposisi zeolit : arang aktif untuk mendapatkan efektifitas penurunan kesadahan secara optimal.

Tujuan dari penelitian ini adalah mencari komposisi optimum untuk media zeolit dan arang aktif dalam menurunkan kadar kesadahan Ca-Mg air *recycle* limbah di salah satu pabrik tekstil sehingga dapat memperbaiki kualitas air *recycle* tersebut, yang sesuai dengan syarat air proses.

## **BAHAN DAN METODA**

### **Alat dan Bahan**

Air contoh uji diambil dari air hasil *recycle* limbah di salah satu pabrik tekstil yang merupakan hasil pengolahan limbah secara koagulasi flokulasi dengan kadar kesadahan total sebesar 11,91°dH, pH 4, kadar besi (Fe) sebesar 0,56 mg/l. Zeolit dan arang aktif yang digunakan adalah zeolite dan arang aktif yang telah teraktivasi sehingga dapat langsung digunakan.

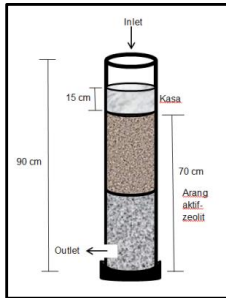
Pada penelitian ini dibuat kolom filtrasi terbuat dari pipa 1 ½", dop, kassa filter, pipa kecil beserta penutupnya, plastik mika, selotip.

### **Metode**

#### **Pembuatan Kolom Filtrasi**

- a. Menyiapkan pipa PVC 1 ½ inch setinggi 90 cm.
- b. Dilakukan pelubangan pada salah satu sisi pipa setinggi 70 cm dengan lebar 2 cm untuk mempermudah pengukuran tinggi komposisi media di dalam pipa.
- c. Pada bagian pipa yang sudah dilubangi dilapisi dengan plastik mika transparan sebagai penutup pipa.

- d. Dibuat lubang outlet pada pipa setinggi 5 cm dari dasar pipa, lalu dipasang pipa kecil untuk outlet air.



Gambar 3. Skema Kolom Filtrasi

### Uji Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui karakteristik air *recycle* limbah produksi tekstil meliputi pengujian kesadahan, pH, kadar logam (Fe dan Mn).

### Penelitian Utama

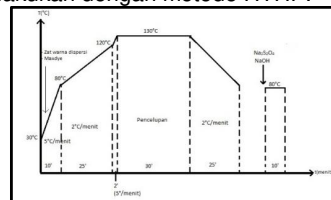
Percobaan selanjutnya dilakukan filtrasi menggunakan media zeolit dan arang aktif yang dilakukan dalam dua tahap yaitu:

- Pada tahap pertama dilakukan untuk menentukan komposisi zeolite-arang aktif paling efektif menurunkan nilai kesadahan. Air sampel yang berupa air hasil *recycle* limbah produksi tekstil dituangkan ke kolom filtrasi berupa pipa setinggi 70 cm yang berisi zeolit dan arang aktif sesuai dengan variasi komposisi zeolit-arang aktif yang telah dibuat (1:1 zeolit-arang aktif, 1:4 zeolit-arang aktif, 1:8 zeolit-arang aktif, dan 8:1 zeolit-arang aktif) untuk proses adsorpsi. Air yang keluar dari lubang tersebut ditampung dengan menggunakan botol plastik dan dibawa ke laboratorium kimia analisa untuk

dilakukan evaluasi kandungan air pada hasil filtrasi tersebut berupa kesadahan dan pH.

- Pada tahap kedua dilakukan proses adsorpsi menggunakan komposisi arang aktif-zeolit paling optimum, dengan variasi waktu kontak selama 0, 4, 8 dan 12 menit. Pengujian akhir terhadap air pemroses yang telah dilakukan proses adsorpsi, meliputi: Pengujian Kesadahan (SNI 06-6989.12-2004) dan pengujian pH, dan pengujian kadar logam (Fe dan Mn).
- Evaluasi data hasil pengujian.
- Penentuan nilai optimum dari hasil evaluasi.
- Uji coba pencelupan dengan menggunakan air *recycle* limbah produksi tekstil dan dengan menggunakan air hasil filtrasi optimum (komposisi dan waktu). Lalu dilakukan evaluasi berupa nilai K/S untuk ketataan warna dan kerataan warna hasil pencelupan.

Pencelupan dilakukan dengan menggunakan kain polyester dengan zat warna dispersi Terasil Blue LF, dengan zat pembantu, zat pendispersi,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ , NaOH. Dilakukan dengan metode HTHP.



Gambar 4. Skema Proses Pencelupan

**HASIL PENELITIAN**

Tabel 1. Hasil pengujian kesadahan ( $^{\circ}$ dH) tahap 1, variasi komposisi media zeolit:arang aktif

No.	Komposisi media	Kesadahan Total ( $^{\circ}$ dH)	Kesadahan Ca ( $^{\circ}$ dH)	Kesadahan Mg ( $^{\circ}$ dH)
1	1:1 Zeolit: Arang aktif	11.57	3.64	7.93
2	1:4 Zeolit: Arang aktif	8.87	2.83	6.04
3	4:1 Zeolit: Arang aktif	7.07	1.66	5.41
4	1:8 Zeolit: Arang aktif	6.62	1.84	4.78
5	8:1 Zeolit: Arang aktif	5.28	1.48	3.8

Tabel 2. Hasil pengujian kesadahan ( $^{\circ}$ dH) tahap 2, variasi waktu kontak pada komposisi media zeolit:arang aktif 8:1

Waktu (menit)	Kesadahan total ( $^{\circ}$ dH)	Kesadahan Ca ( $^{\circ}$ dH)	Kesadahan Mg ( $^{\circ}$ dH)
0	5.73	1.48	3.8
4	4.15	1.3	2.85
8	3.03	1.12	1.91
12	3.7	1.39	2.31

Tabel 3. Hasil pengujian Derajat Keasaman (pH) komposisi media zeolit:arang aktif 8:1

pH contoh uji awal	Waktu Kontak (menit)	pH sesudah
4	0	6
	4	6
	8	6
	12	6

Tabel 4. Nilai Rata-rata Ketuanan Warna (K/S) pada panjang gelombang maksimum 640 nm Hasil Pencelupan Kain Poliester dengan Zat Warna Dispersi Metode HTHP

No.	Sampel	K/S
1	Air Sampel Pabrik	7.28
2	Air Sampel Hasil Adsorpsi	6.98

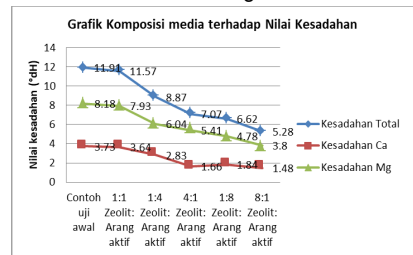
Tabel 5. Nilai Standar Deviasi Hasil Pengukuran Kerataan Warna Kain Poliester dengan Zat Warna Dispersi Metode HTHP

No.	Sampel	Standar Deviasi
1	Air Sampel Pabrik	0.42
2	Air Sampel Hasil Adsorpsi	0.11

**PEMBAHASAN**

**Pengaruh Komposisi Media Zeolit: Arang Aktif Terhadap Nilai Kesadahan.**

Gambar 5 menunjukkan pengaruh zeolit dan arang aktif terhadap nilai kesadahan dengan variasi 1:1 zeolit:arang aktif, 1:4 zeolit:arang aktif, 4:1 zeolit:arang aktif, 1:8 zeolit:arang aktif dan 8:1 zeolit:arang aktif.



Gambar 5. Grafik Pengaruh komposisi media terhadap nilai kesadahan

Grafik pada Gambar 5 menunjukkan data nilai kesadahan total, kesadahan Ca dan kesadahan Mg yang telah dilakukan proses adsorpsi dengan zeolit:arang aktif. Pada grafik dapat dilihat bahwa semakin tinggi perbandingan zeolit dibanding media arang aktif, nilai kesadahan cenderung menurun lebih besar, yakni sebesar 40% hingga 55%. Pada perbandingan arang aktif yang lebih tinggi hanya dapat menurunkan nilai kesadahan sebesar 25% hingga 44%. Ini menunjukkan bahwa komposisi media

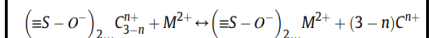
mempengaruhi nilai kesadahan, semakin banyak komposisi zeolit semakin tinggi juga penurunan nilai kesadahan. Hal ini terjadi karena zeolit memiliki dua sifat utama yaitu adsorpsi dan pertukaran ion dalam pengolahan air. Kedua sifat ini terjadi karena permukaan zeolit yang reaktif yang terjadi karena adanya  $Al^{3+}$  dengan ion  $Si^{4+}$  di permukaan adsorpsi, juga karena adanya sistem kristal mikropori. Zeolit adalah bahan penukar kation anorganik dan bahan adsorptif. Hal ini menyebabkan selektivitas pertukaran kationnya tinggi [16]. Zeolit dan arang aktif memiliki sifat penyerapan yang baik sebagai adsorben. Meskipun demikian, mekanisme penyerapan yang dimiliki zeolit dan arang aktif berbeda. Zeolit mempunyai kerangka terbuka, sehingga memungkinkan untuk melakukan adsorpsi Ca bertukar dengan 2 ion (Na,K) atau CaAl dengan (Na,K)Si [17]. Oleh karena itu kemampuan adsorpsi zeolit dalam mengikat logam sangat baik. Karbon aktif juga memiliki kemampuan menyerap seperti zeolit, tetapi dengan mekanisme yang berbeda. Karbon aktif menyerap berbagai bahan organik oleh interaksi antarmolekul yang lemah (gaya van der Waals), khususnya gaya dispersi, Gaya tarik-menarik ini dapat ditumpangkan oleh interaksi  $\pi-\pi$  di kasus adsorbat aromatik atau dengan interaksi elektrostatik antara permukaan gugus oksida dan adsorbat ionik. Kapasitas adsorpsinya yang tinggi membuat karbon aktif menjadi adsorben yang disukai dalam semua proses pengolahan air di mana pengotor organik harus dihilangkan. Selain jejak polutan (mikropolutan),

bahan organik alami juga dapat dihilangkan secara efisien oleh karbon aktif [7].

Komposisi zeolit: arang aktif 1:1 pada kondisi air recycle belum dapat memberikan hasil optimal karena diperlukan salah satu sifat dominan dari salah satu komposisi. komposisi 8:1 memiliki hasil yang baik dibandingkan 1:8 karena pada air recycle yang memiliki kesadahan yang besar, kemampuan mengikat logam akan lebih diperlukan untuk mengurangi kesadahan. kemampuan ini dimiliki oleh zeolit, sehingga dengan komposisi zeolit yang lebih besar, penurunan sadahnya paling baik.

Mekanisme kerja yang terjadi pada media zeolit adalah pertukaran ion. Penghilangan kesadahan dengan pertukaran ion dilaksanakan dengan cara mengalirkan air contoh yang akan diolah melalui media penukaran ion, sehingga senyawa yang ada pada air contoh (Ca dan Mg) akan bereaksi dengan media penukaran ionnya..

Proses penukaran ion sendiri memiliki persamaan umum. Berikut adalah persamaan untuk penukaran ion pada zeolit:



Gambar 6. Persamaan penukaran ion pada zeolite

Sumber: Jia Wen, .D. (2018): *Application of zeolit in removing salinity/sodicity from wastewater: A review of mechanisms, challenges and opportunities*. Journal of Cleaner Production.

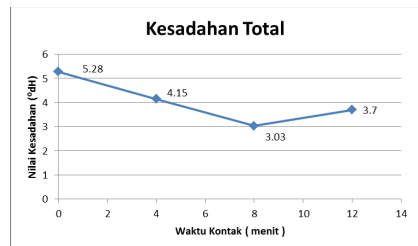
$M^{2+}$  adalah senyawa yang melakukan pertukaran, C adalah ion yang bermuatan muatan n ( $n = +1$  atau  $+2$ ), dan S berhubungan dengan pusat permukaan logam (yaitu, Si, Al, Fe). [18]. Arang aktif atau karbon aktif dalam perlakuan ini digunakan sebagai pelengkap karena dapat digunakan untuk berbagai aplikasi yaitu sebagai

penghilang warna, penghilang rasa, penghilang bau sehingga memungkinkan kualitas air menjadi lebih baik. Arang aktif biasa digunakan untuk menyerap bau, rasa, warna dan beberapa zat kimia baik organik maupun anorganik (Amna, 2019). Daya adsorpsi arang aktif sangat besar, yaitu 25-100% terhadap berat arang aktif. Kegunaan dari arang aktif adalah sebagai bahan penghilang warna keruh, bau, dan resin dalam air. Mekanisme adsorpsi dengan arang aktif yaitu secara fisik pada permukaan adsorben. Arang aktif memiliki banyak sisi adsorben berupa rongga-rongga yang digunakan untuk mengadsorpsi berbagai macam polutan. Saat air melewati arang aktif, arang bertindak seperti spons dengan luas permukaan yang besar dan menyerap kontaminan di dalam air. Sederhananya, arang aktif memberikan tarikan seperti magnet pada kotoran tertentu dan menarik serta menjebaknya di pori-pori luas permukaannya. Senyawa pengotor yang terlarut berpindah dari cairan ke area di saluran pori dengan daya tarik yang paling kuat. Kontaminan diserap karena tarikan permukaan yang jauh lebih kuat daripada gaya tarik yang membuatnya larut bertahan dalam larutan. Gaya yang berpengaruh adalah gaya Van der Waals antara permukaan arang aktif (adsorben) dengan adsorbat. Adsorben tersebut menjerat adsorbat pada sisi-sisi dinding adsorben sehingga pada suatu waktu adsorben bisa menjadi jenuh dan tidak dapat mengadsorpsi polutan[6]. Pada filtrasi dengan susunan zeolit-arang aktif, air bagian bawah yang bersentuhan dengan zeolit terjadi proses adsorpsi dan pertukaran ion, sedangkan yang bagian atas yang bersentuhan dengan arang aktif hanya terjadi proses penyerapan ion saja. Hal tersebut menyebabkan proses pertukaran ion tidak maksimal sehingga hanya

sebagian dari ion Ca dan Mg yang terkandung dalam air sadah yang ditukar dengan ion Na yang berasal dari zeolit. Sehingga, proses penukaran ion berlangsung lebih maksimal pada komposisi media zeolit yang lebih besar karena luas daerah air yang melakukan proses penukaran ionpun lebih besar. Sebaliknya dengan penggunaan komposisi media arang aktif lebih besar hasil penurunan kesadahan tidak terlalu besar karena lebih banyak terjadi proses adsorpsi oleh arang aktif dibanding proses penukaran ion oleh zeolit.

### **Pengaruh Waktu Kontak Adsorpsi Terhadap Nilai Kesadahan**

Pada pengujian awal air contoh uji hasil adsorpsi komposisi media zeolit:arang aktif tanpa waktu kontak, air tersebut mengandung nilai kesadahan total sebesar 5,28°dH, kesadahan Ca sebesar 1,48°dH dan kesadahan Mg sebesar 3,8°dH. Nilai kesadahan pada air tersebut masih belum memenuhi batas maksimum air proses basah tekstil. Oleh karena itu, dilakukan proses pengolahan air pemroses tekstil dengan menggunakan media zeolit:arang aktif dengan komposisi media 8:1.



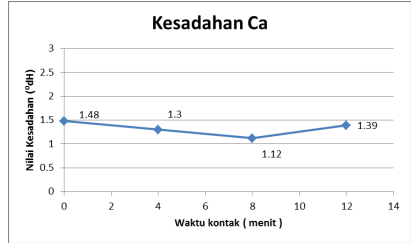
Gambar 7. Grafik pengaruh waktu kontak terhadap nilai kesadahan total

Waktu kontak merupakan salah satu parameter penting dalam semua proses transfer seperti proses adsorpsi atau juga pertukaran kation. Pada

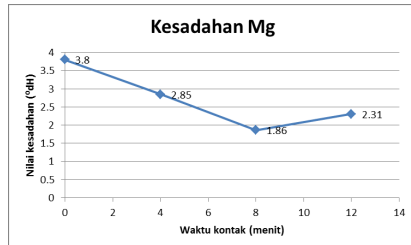
grafik dapat dilihat proses adsorpsi tampak berjalan cepat ketika jumlah area adsorben yang tersedia jauh lebih banyak daripada jumlah senyawa logam yang akan diserap. Waktu kontak yang dibutuhkan meningkat seiring bertambahnya logam yang teradsorpsi. Kapasitas adsorpsi meningkat dari 55% hingga 74% untuk waktu kontak dari 0 hingga 8 menit. Namun setelah melewati 8 menit, tepatnya setelah 12 menit terjadi penurunan, yang membuktikan bahwa fase adsorpsi sudah mencapai kejenuhan media.

Kapasitas pertukaran ion  $\text{Ca}^{2+}$  cepat pada waktu-waktu awal dengan pertukaran yang lebih lambat hingga kesetimbangan. Selama beberapa menit awal waktu kontak laju pertukaran kation sangat cepat, dan setelah itu, laju pertukaran ion logam menurun. Selama tahap awal proses, sejumlah besar  $\text{Na}^+$  tersedia untuk ditukar. Setelah selang waktu tertentu, ion logam yang masuk ( $\text{Ca}^{2+}$ ) terikat ke bahan mesopori, yang hampir jenuh dengan ion logam yang sudah terikat selama tahap awal pertukaran. Hingga didapat bahwa pelunakan air sadah meningkat seiring dengan meningkatnya waktu kontak sampai batas tertentu atau titik optimumnya dimana pada proses ini adalah pada waktu kontak 8 menit.

Untuk lebih mengetahui kandungan kesadahan Ca dan Mg hasil proses adsorpsi menggunakan media zeolit: arang aktif dapat dilihat pada grafik kesadahan Ca dan Mg.

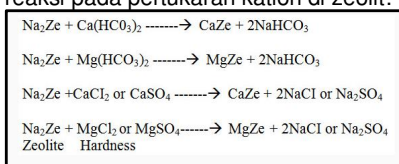


Gambar 8. Grafik pengaruh waktu kontak terhadap kesadahan Ca



Gambar 9. Grafik pengaruh waktu kontak terhadap kesadahan Mg

Pada gambar 8 dan gambar 9 dapat dilihat data kandungan nilai kesadahan Ca dan Mg yang tersisa setelah air contoh uji dilakukan proses adsorpsi. Pada kedua grafik tersebut, terjadi penurunan nilai Ca dan Mg. Hal ini terjadi karena pada saat proses penyaringan pada kolom, terjadi proses adsorpsi dan pertukaran ion oleh zeolit. Ion-ion  $\text{Na}^+$  yang terdapat pada zeolit digantikan oleh ion penyebab kesadahan seperti Ca dan Mg sehingga nilai kesadahan baik Ca dan Mg menurun. Berikut adalah reaksi pada pertukaran kation di zeolit:



Gambar 10. Reaksi pertukaran kation pada zeolite

Sumber: Shiksha, e.-K. (2014, April 11). Lesson 10. *Disadvantages of hard water*. Retrieved April 25, 2021, from UG Courses:

<http://ecoursesonline.iasri.res.in/mod/page/view.php?id=959>

Kesadahan Ca lebih banyak berkurang diakibatkan oleh kereaktifan unsur Ca lebih tinggi pada proses penukaran ion dibandingkan unsur Mg, hal tersebut diakibatkan oleh nilai potensial elektrodanya yang terdapat pada deret volta.

### **Pengaruh Nilai Kesadahan terhadap Hasil Pencelupan**

Kualitas produk tekstil dipengaruhi oleh kualitas air, keberadaan ion logam (kesadahan), alkalinitas dan kekeruhan, dll. Sebelum pencelupan, parameter ini harus terkendali. Klor, besi dan bahan kimia lainnya memiliki pengaruh besar pada proses pencelupan. Hal ini dapat menyebabkan hilangnya warna pada banyak jenis zat warna. Perbedaan warna atau belang kain juga bisa disebabkan oleh logam seperti besi, tembaga dan logam lainnya. Logam-logam ini diketahui mempengaruhi banyak zat warna, terutama zat warna dispersi. Logam-logam dapat mengubah arah warna dispersi, misalnya warna pewarna azo direduksi oleh garam logam. Logam yang paling umum mempengaruhi hasil warna tekstil di air adalah aluminium, tembaga, mangan dan besi [19].

Zat warna tekstil untuk setiap kelas serat dirancang memiliki kelarutan yang rendah dalam air dan menjadi sulit larut dalam air yang sangat sadah. Karena kelarutan yang tidak mencukupi, *shade* warna menjadi lebih lemah dan mungkin juga menghasilkan bintik-bintik di atas kain yang diwarnai.

### **Ketuaan Warna**

Nilai ketuaan warna hasil pencelupan ditunjukkan dengan jumlah warna yang terserap ke dalam bahan dan dinyatakan dengan nilai K/S. Makin tinggi K/S maka warna yang dihasilkan makin tua.

Data ketuaan warna (K/S) kain poliester yang dicelup dengan zat warna dispersi dapat dilihat pada tabel 4. Berdasarkan hasil pengujian dilihat bahwa setelah dilakukan proses adsorpsi pada air *recycle* limbah produksi tekstil ketuaan warna lebih kecil dibanding air *recycle* limbah yang tidak dilakukan proses adsorpsi. Kesadahan air sebelum *recycle* lebih kecil dari 3<sup>o</sup>dH sesuai dengan kriteria air proses tekstil. Setelah air proses digunakan dan dilakukan proses *recycle*, kesadahan total menjadi 11,91 <sup>o</sup>dH. Setelah dilakukan proses adsorpsi kesadahan total turun menjadi 5,28 <sup>o</sup>dH.

Ketuaan warna (K/S) dari kain yang dicelup dengan air sampel pabrik sedikit lebih tinggi dibanding kain yang dicelup dengan air sampel hasil adsorpsi. Hal ini dapat terjadi karena pH air sampel pabrik lebih rendah (4) dibanding dengan air sampel hasil adsorpsi (6). Pada pencelupan poliester dengan zat warna dispersi pH sangat berpengaruh pada hasil, kondisi asam sangat penting untuk proses pencelupannya karena serat poliester bisa terhidrolisis pada pH basa[20]. Dengan pH yang lebih asam maka hasil pencelupan menggunakan air sampel pabrik sedikit lebih tua dibandingkan dengan kain yang dicelup dengan air sampel hasil adsorpsi. Pencelupan dispersi dengan pH asam mampu mempercepat dan meningkatkan afinitas pencelupan, menghasilkan kecepatan penyerapan warna yang lebih tinggi pada tingkat pH yang lebih rendah.

### **Kerataan Warna**

Nilai kerataan warna dinyatakan dengan standar deviasi dari 5 nilai ketuaan warna dalam 1 sampel kain. Makin kecil standar deviasi, maka ketuaan warna pada sampel kain cenderung dekat dengan nilai rata-rata ketuaan warnanya yang artinya

kerataan hasil celupnya makin baik, sedangkan makin besar standar deviasi maka ketuaan warna pada sampel kain cenderung makin bervariasi dan makin menyebar menjauhi nilai rata-rata ketuaan warnanya artinya kerataan hasil warnanya makin rendah.

Berdasarkan hasil pengujian dilihat bahwa setelah dilakukan proses adsorpsi pada air *recycle* limbah produksi tekstil nilai standar deviasi lebih kecil dibanding air *recycle* limbah yang tidak dilakukan proses adsorpsi. Yang menunjukkan bahwa kerataan hasil pencelupan kain yang dicelup menggunakan air hasil proses adsorpsi lebih baik dibandingkan kain yang dicelup menggunakan air yang belum diproses.

Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai kesadahan mempengaruhi hasil pencelupan terutama kerataan warna, hal tersebut terjadi karena pada proses pencelupan zat warna dispersi salah satu faktor terpenting adalah kelarutan zat warna dispersi dalam air yang didispersikan menggunakan zat pendispersi. Ketika senyawa pendispersi ditambahkan kedalam air, terbentuk misel zat warna. Bagian ekor hidrofobik zat pendispersi berada di dalam misel yang mengakibatkan zat warna dispersi dapat larut secara monomolekuler sehingga memberikan kelarutan yang tinggi pada zat warna[20]. Namun, dengan keberadaan ion logam seperti Ca dan Mg dapat menghalangi pembentukan misel warna sehingga mengurangi kelarutan zat warna dispersi di dalam air. Garam logam dapat bereaksi dengan zat warna dan menghambat fiksasi zat warna pada kain di beberapa titik. Hal inilah yang menyebabkan kerataan warna pada kain yang dicelup dengan menggunakan air sampel hasil adsorpsi yang memiliki kesadahan 3°dH lebih baik dibanding kain yang

dicelup dengan menggunakan air sampel pabrik yang memiliki nilai kesadahan 11,91°dH.

## KESIMPULAN

- Komposisi media kombinasi zeolit-arang aktif berpengaruh pada nilai kesadahan air contoh uji.
- Waktu kontak adsorpsi pada proses adsorpsi memberikan pengaruh terhadap nilai kesadahan air contoh uji.
- Nilai optimum yang didapatkan pada percobaan ini yaitu pada kombinasi media zeolit-arang aktif dengan komposisi 8:1 dengan waktu kontak adsorpsi selama 8 menit. Hasil optimum yaitu kesadahan total air contoh uji yaitu 3,03°dH dengan efisiensi penurunan sebesar 74,55%.
- Air contoh uji dapat digunakan untuk proses basah tekstil karena memenuhi syarat baku mutu air proses tekstil.
- Hasil penelitian ini dapat memberi kontribusi untuk salah satu pabrik tekstil dalam upaya memperbaiki kualitas air proses hasil *recycle* limbahnya.

## SARAN

Saran yang penulis dapat sampaikan yaitu dilakukan penelitian mengenai pengulangan proses filtrasi hingga mencapai kejenuhan media dan perlakuan regenerasi media agar dapat digunakan berulang, lalu untuk air proses yang digunakan untuk mesin *boiler* dengan syarat kesadahan 0°dH, perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai komposisi zeolit: arang aktif dan teknik adsorpsinya[13].

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada CV X yang telah mengizinkan penulis untuk menggunakan air *recycle* di CV X untuk penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

1. G. Editors et al., "Pineapple Peel Fibre Biocomposite: Characterisation and Biodegradation Studies," *Chem. Eng. Trans.*, vol. 56, pp. 1333–1338, 2017.
2. U. Rott, "Multiple use of water in industry - The textile industry case," *J. Environ. Sci. Heal. - Part A Toxic/Hazardous Subst. Environ. Eng.*, vol. 38, no. 8, pp. 1629–1639, 2003.
3. M. Chougule, "An experimental study of effect of water quality on cotton textile wet processing," *Int. J. Res. Dev. Technol.*, vol. 6, no. 5, pp. 41–47, 2020.
4. K. Abeliotis et al., "Impact of water hardness on consumers' perception of laundry washing result in five European countries," *Int. J. Consum. Stud.*, vol. 39, no. 1, pp. 60–66, 2015.
5. F. H. D. Tua, "Teknologi Pengolahan Air Sadah," 2015. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/287583207\\_Teknologi\\_Pengolahan\\_Air\\_Sadah](https://www.researchgate.net/publication/287583207_Teknologi_Pengolahan_Air_Sadah). [Accessed: 06-Sep-2021].
6. M. P. Utama, R. Kusdarwati, and A. M. Sahidu, "Pengaruh Penggunaan Filtrasi Zeolit dan Arang Aktif terhadap Penurunan Logam Berat Timbal ( Pb ) Air Tambak Kecamatan Jabon , Sidoarjo," *J. Mar. Coast. Sci.*, vol. 6, no. 1, pp. 19–30, 2017.
7. C. Ferhan and O. zgu'r Aktas, *Activated Carbon for Water and Wastewater Treatment*, no. July. 2011.
8. E. Arsad, "Teknologi Pengolahan Dan Pemanfaatan Karbon Aktif Untuk Industri," *J. Ris. Ind. Has. Hutan*, vol. 2, no. 2, p. 43, 2010.
9. Atmono, Natalina, and A. D. Mukti, "Pengaruh Arang Aktif dan Zeolit sebagai Media Adsorben Dalam Penurunan Kadar Logam Krom Pada Air Limbah Cair Penyablonan Pakaian," *J. Rekayasa, Teknol. dan Sains*, vol. 1, no. 1, pp. 21–27, 2017.
10. S. Solikah and B. Utami, "Perbedaan Penggunaan Adsorben dari Zeolit Alam Teraktivasi dan Zeolit Terimmobilisasi Dithizon Untuk Penyerapan Ion Logam Tembaga ( Cu2 + )," *Semin. Nas. Kim. dan Pendidik. Kim. VI*, no. June 2014, pp. 342–354, 2014.
11. N. Ristiana, D. Astuti, and T. P. Kurniawan, "KEEFEKTIFAN KETEBALAN KOMBINASI ZEOLIT DENGAN ARANG AKTIF DALAM MENURUNKAN KADAR KESADAHAN AIR SUMUR DI KARANGTENGAH WERU KABUPATEN SUKOHARJO," *J. Kesehat.*, vol. 2, no. 1, pp. 91–102, 2009.
- A. H. Daulay, K. Manalu, and M. Masthura, "Pengaruh Kombinasi Media Filter Karbon Aktif Dengan Zeolit Dalam Menurunkan Kadar Logam Air Sumur," *JISTech (Journal Islam. Sci. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 91–96, 2019.
12. U. Amna and P. Wahyuningsih, "Penerapan Sistem Filtrasi Tunggal Menggunakan Zeolit Dan Arang Aktif dalam Upaya Penyediaan Air Bersih di Desa Paya Bujok Seuleumak , Kota Langsa , Aceh Quimica : Jurnal Kimia Sains dan Terapan," vol. 1, 2019.
13. R. N. Arifah and S. Kristianingrum, "Penggunaan Campuran Arang Aktif Dengan Zeolit Alam Untuk Adsorpsi Logam Tembaga Dan Seng," 2015.
14. J. Wu, *Modeling adsorption of organic compounds on activated carbon*. 2004.
15. M. N. Rasheed and P. N. Palanisamy, "Introductory Chapter: Adsorption and Ion Exchange Properties of Zeolites for Treatment of Polluted Water," *Intech*, vol. i, p. 13, 2018.
16. R. Saputra, "PEMANFAATAN ZEOLIT SINTETIS SEBAGAI ALTERNATIF PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI," pp. 1–8, 2006.

17. J. Wen, H. Dong, and G. Zeng, "Application of zeolite in removing salinity/sodicity from wastewater: A review of mechanisms, challenges and opportunities," *J. Clean. Prod.*, vol. 197, pp. 1435–1446, 2018.
18. A. Delituna, "EFFECTS OF WATER HARDNESS ON COLOR OBTAINED IN DYEING OF POLYESTER MICROFIBER," *Int. Sci. Conf.*, vol. II, pp. 339–341, 2010.
19. S. Tania, S. M. M. Kabir, and M. Z. Uddi, "Effects of Resin Treatments on the Quality of Cotton Fabric Dyed with Reactive Dye," vol. 1, no. 127, pp. 102–107, 2018.