

# DESAIN DAN PENGUJIAN ALAT ADSORPSI LIMBAH CAIR BATIK TULIS DENGAN VARIASI WAKTU DETENSI DAN KOMPOSISI ZEOLIT KOLOM ADSORPSI

Musthofa Lutfi, Rini Yulianingsih, Ma'rifatika Muslikha

Jurusan Keteknikan Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Brawijaya  
Jl. Veteran, Malang 65145

\*Penulis Korespondensi, Email: musthofalutfi@gmail.com

## ABSTRAK

Peningkatan produksi industri batik nasional diikuti oleh peningkatan hasil limbah yang semakin memperburuk masalah lingkungan. Industri batik menghasilkan limbah cair yang sangat besar dan kompleks karena proses produksinya menghasilkan bermacam-macam air limbah. Sehingga, penelitian untuk pengolahan limbah batik menjadi sangat mendesak agar industri dapat berjalan namun tetap memperhatikan aspek lingkungan. Pada penelitian ini dilakukan penelitian pengujian kesesuaian alat adsorpsi limbah cair batik dengan variasi ukuran zeolit dan variasi waktu kontak, hal tersebut dilakukan untuk mengetahui performansi alat dengan variasi waktu detensi dan komposisi zeolit kolom adsorpsi yang paling efisien untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah cair tersebut. Penelitian ini menggunakan rancangan percobaan Faktorial Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial yang terdiri dari 2 faktor yaitu faktor A variasi waktu detensi yang terdiri dari 3 taraf yaitu selama 90 menit, 120 menit, 150 menit dan faktor B komposisi zeolit kolom adsorpsi yang terdiri dari 3 taraf yaitu 4 kolom dengan zeolit 5 mesh, 4 kolom dengan zeolit 20 mesh, 2 kolom 5 mesh dan 2 kolom 20 mesh. Sehingga diperoleh 9 kombinasi perlakuan masing-masing diulang sebanyak 3 kali. Kemudian dianalisa dengan ANOVA (*Analysis of Variance*). Dan dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT). Hasil terbaik diperoleh pada perlakuan yang menggunakan waktu detensi terlama dan ukuran zeolit 5 mesh yaitu kekeruhan 82 Ntu, TDS 28mg/l. Sedangkan untuk kadar COD terbaik yang menggunakan waktu detensi terlama dengan zeolit 20 mesh yaitu 300mg/l.

Kata kunci : *Adsorpsi, Batik, Limbah Batik*

## ***Design and Performance Test Wastewater Treatment Instrument of Batik with Time Detention Variety and Zeolite Adsorption Column Composition***

### ABSTRACT

Widely growing in Indonesia, Batik industry allows negative impact in regard of wastewater production. Batik industry produces huge amount of industrial liquid waste, making the industry is harmful for environment since the waste composed by complex compound. Therefore, to sustain the industry, this waste treatment research need to be conducted to overcome the issue. In this reseach, adsorption from various zeolite size and time of cotact variation was conducted to study how good this method could absorp the waterwaste; this variation was supported by variation of zeolite adsorption column to understand most efficient process to reduce the waste. This study used a factorial design experimental design of randomized factorial (RAK) group which consist of two factors, namely A time detensi variation which consist of 3 levels namely for 90 minutes, 120 minutes, 150 minutes and B the composition of zeolite adsorption column that consist of 3 levels 4 columns wit zeolit 5 mesh, 4 columns

with zeolite 20 mesh, 2 columns 5 mesh 2 columns 20 mesh. So retrieved 9 each treatment combination is repeated as many as three time. Then analyzed with ANOVA (*Analysis of Variance*). And continued with the smallest Real Difference Test (BNT). Best results are obtained in treatment that uses the longest detention time and the size of the 5 mesh zeolite 82 Ntu that is turbidity, TDS 28mg / l. As for the best COD levels were clicking use the longest detention time with zeolite 20 mesh that is 300 mg / l.

*Keywords:* Adsorption, Batik, Batik Waste

## **PENDAHULUAN**

Industri batik nasional berkembang pesat terlebih sejak dicanangkan hari batik nasional pada tanggal 2 Oktober 2009 yang meningkat hingga 50% (Aris, 2009). Hal tersebut juga menyebabkan munculnya kamoung batik di beberapa daerah sebagai sentra batik khas daerah masing-masing. Salah satu kampung batik tulis yang terkenal adalah kampung batik Sidoarjo. Kampung batik ini tergolong home industri dengan batik tulisnya.

Akan tetapi, proses produksi batik menggunakan bermacam bahan kimia seperti pewarna dan lilin yang menghasilkan limbah kompleks yang menjadikan industri ini tidak ramah lingkungan. Pada umumnya polutan yang terkandung dalam limbah industri batik dapat berupa logam berat, padatan tersuspensi, atau zat organik. Proses pembatikan secara garis besar terdiri dari pemolaan, pembatikan tulis, pewarnaan/pencelupan, pelodoran penghilangan lilin, dan penyempurnaan (Purwaningsih, 2008). Proses persiapan bahan, pewarnaan dan pelodoran menghasilkan limbah cair dengan kandungan COD dan warna yang tinggi, kadar COD mencapai 3039,7 mg/l dan warna 185 CU; dimana standar maksimum parameter tersebut adalah COD 150 mg/l, parameter BOD 50 mg/l, dan untuk parameter TSS adalah 50 mg/l (Keputusan Gubernur Jawa Timur no 45 tahun 2002).

Sehingga, untuk memenuhi baku mutu yang ditetapkan maka harus dilakukan pengolahan terhadap limbah cair tersebut sebelum dibuang ke badan air. Salah satu alternatif pengolahan yang dilakukan adalah dengan pengolahan secara adsorpsi dengan adsorben zeolite; dan pengolahannya dilakukan dengan alat adsorpsi limbah cair yang didesain secara horisontal agar mudah dijangkau oleh tinggi operator, dengan satu tabung penyaring, empat kolom adsorpsi dan satu tabung penampung. Selain itu dilakukan studi pengaruh variasi waktu detensi dan komposisi ukuran adsorben pada kolom adsorpsi. Untuk mengetahui seberapa efisien penggunaan variasi-variasi tersebut menurunkan kandungan zat berbahaya dalam limbah agar sesuai standar baku mutu pemerintah. Dengan menggunakan limbah cair hasil dari proses pelodoran di industri batik tulis CH. Amali Sidoarjo.

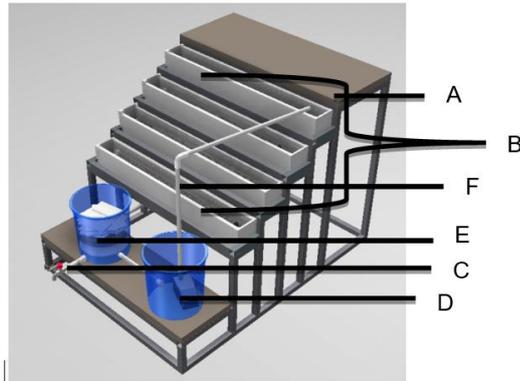
## **METODE PENELITIAN**

Limbah didapatkan di UKM Batik Tulis CH. Amali di Sidoarjo dan pengujian hasil penelitian dilakukan di Laboratorium Analitik Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Brawijaya untuk pengujian COD, TDS dan Kekeruhan limbah.

### **Rancangan Struktural**

Rancangan desain secara struktural dirancang dengan mengimplementasikan pada software AutoCad Inventor, adapun desain rancangan alat pengolahan limbah secara adsorpsi dapat dilihat pada gambar 3.1:

Keterangan:  
 A. Kerangka alat  
 B. Kolom Adsorpsi  
 C. Kran  
 D. Pompa  
 E. Bak Penampung  
 F. Pipa



**Gambar 1.** Rancangan Alat Pengolah Limbah Tipe Adsorpsi

**Rancangan Fungsional**

Alat adsorpsi limbah cair pelodoran batik tulis ini menggunakan adsorben zeolit dengan 4 kolom adsorpsi. Limbah yang ditampung setelah dikoagulasi kemudian di alirkan secara perlahan menuju bak awal penyaringan yang dilengkapi dengan kasa, busa akuarium dan kain saring. Kemudian limbah akan mengalami penyaringan di dalam tabung penyaringan. Hal ini digunakan untuk memisahkan limbah cair dengan kotoran-kotoran atau padatan-padatan yang terdapat dalam limbah. Tabung penyaring ini dilengkapi dengan kran output untuk mengambil limbah setelah proses adsorpsi selesai sesuai dengan waktu kontak yang ditentukan. Kemudian limbah akan mengalir ke bak penampung berikutnya yang di dalamnya terdapat pompa untuk mengalirkan limbah ke kolom adsorpsi teratas. Terdapat empat tabung adsorpsi pada alat ini, hal ini digunakan agar memaksimalkan proses adsorpsi dari limbah. Setelah melalui 4 kolom adsorpsi maka limbah akan mengalir kembali ke bak penampung untuk disaring dan diresirkulasikan kembali ke kolom adsorpsi selama waktu yang ditentukan.

**Rancangan Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial yang tersusun atas dua faktor yaitu waktu detensi (faktor A) dan komposisi ukuran zeolit pada kolom adsorpsi (faktor B) yang tersaji pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Rancangan Pengujian

Ukuran Zeolit	Waktu Detensi		
	A1	A2	A3
<b>B1</b>	A1B1	A2B1	A3B1
<b>B2</b>	A1B2	A2B2	A3B2
<b>B3</b>	A1B3	A3B3	A3B3

- A1 = waktu detensi 90 menit
- A2 = waktu detensi 120 menit
- A3 = waktu detensi 150 menit
- B1 = komposisi zeolit 5 mesh pada 4 kolom
- B2 = komposisi zeolit 20 mesh pada 4 kolom
- B3 = komposisi zeolit 5 mesh pada 2 kolom dan 20 mesh pada 2 kolom lainnya

Sebelum limbah diolah pada alat adsorpsi, limbah dikoagulasi menggunakan tawas selama 6 jam. Lalu dialirkan pada alat adsorpsi limbah cair melalui tabung penyaring; kemudian kran pada tabung penyaring tersebut dibuka dan limbah akan mengalir ke kolom adsorpsi,

dimana kolom adsorpsi dibuat sebanyak 4 tingkat dengan proses adsorpsi *recycle*; setiap kolom adsorpsi tersebut sudah terdapat adsorben zeolit. Air limbah hasil proses adsorpsi akan diuji nilai COD, TDS, Kekeruhan untuk kemudian dianalisis.

### Uji ANOVA

Data yang diperoleh dari hasil penelitian selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan rancangan percobaan. Analisa data diperlukan untuk mengetahui pengaruh waktu detensi dan komposisi ukuran zeolit pada kolom adsorpsi, pengaruh kombinasi kedua faktor tersebut dan pengaruh interaksi diantara keduanya. Disamping itu, analisa data juga digunakan untuk mengetahui perbedaan pengaruh antar perlakuan. Metode analisa data yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis sidik ragam/ANOVA (*Analysis of Variance*). Namun jika F Hitung lebih besar dari F tabel maka terdapat interaksi atau berbeda nyata antar perlakuan. Dan jika terdapat beda nyata pada interaksi kedua perlakuan maka dilakukan uji lanjut menggunakan BNT (Beda Nyata Terkecil).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Limbah Sebelum Adsorpsi

Hasil uji laboratorium terhadap limbah awal sebelum dilaksanakannya proses adsorpsi, limbah untuk ulangan pertama memiliki kadar kekeruhan, COD, TDS berturut-turut sebesar 368 Ntu, 530 mg/L, 53 mg/L. Untuk limbah yang digunakan pada ulangan kedua memiliki kadar kekeruhan 360 Ntu, COD 480 mg/L, TDS 65 mg/L. Dan pada limbah untuk ulangan ketiga mempunyai tingkat kekeruhan sebesar 391 NTU, COD 523 mg/L, TDS 73 mg/L.

**Tabel 2.** Baku Mutu Industri Batik

No	Parameter	Satuan	Golongan Baku Mutu Air Limbah	
			I	II
1	pH	-	6-9	
2	TSS	Mg/L	200	400
3	TDS	Mg/L	2000*	4000
4	COD	Mg/L	100	300
5	BOD	Mg/L	50	150
6	Sulfida	Mg/L	0,05	0,1
7	Ammonia	Mg/L	8	
8	Krom Total (Cr)	Mg/L	0,5	1
9	Minyak dan Lemak	Mg/L	3,6	
10	Phenol	Mg/L	0,5	1

\*Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013

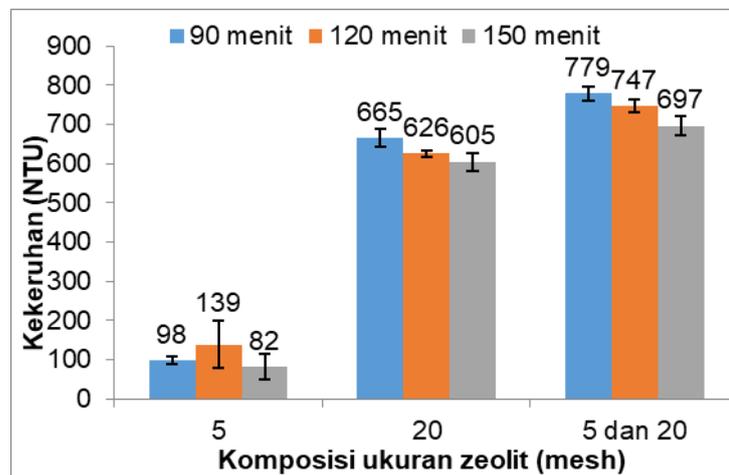
Hasil pengujian kandungan COD limbah cair batik yang ada sudah melebihi kadar maksimum yang telah ditentukan. Tingginya kadar COD Disebabkan karena banyaknya bahan organik yang dioksidasi (Wardhana, 2005). Dalam air alam ditemui dua kelompok zat, yaitu zat padat tersuspensi dan koloidal seperti tanah liat, dan zat terlarut seperti garam dan molekul organik (Fardiaz, 2002). Sedangkan hasil pengujian TDS (Total Dissolved Solids) masih dibawah kadar maksimum limbah cair bagi kegiatan industri golongan I (industri ringan) berdasarkan PERGUB No. 72 Tahun 2013. Adanya sisa malam dan zat-zat tambahan dari proses produksi batik yang masuk ke dalam air, ada yang dapat mengendap, terlarut dan tersuspensi. Diduga yang menyebabkan tingginya kandungan TSS karena sisa malam,

sedangkan tingginya kandungan TDS limbah cair karena adanya penggunaan zat warna dan atau fenol. Dan untuk hasil pengujian tingkat kekeruhan juga masih berada jauh di atas standar ambang batas berdasarkan PERMENKES No.416/MENKES/PER/IX/1990 yang memiliki ambang batas sebesar 25 NTU.

## 4.2 Sifat Fisik dan Kimia Limbah Cair Sesudah Adsorpsi

### 4.2.1 Kekeruhan

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kekeruhan limbah cair untuk mengetahui seberapa besar tingkat keberhasilan dalam menurunkan kekeruhan limbah. Secara umum dapat dilihat bahwa semakin lama waktu yang digunakan dalam proses adsorpsi maka semakin menurun tingkat kekeruhan dalam limbah. Berdasarkan analisis ragam (ANOVA) diketahui bahwa interaksi antar dua faktor diketahui tidak berpengaruh nyata. Sedangkan perlakuan variasi ukuran zeolit, waktu proses dan kombinasi keduanya berpengaruh sangat nyata terhadap tingkat kekeruhan limbah yang dihasilkan. Berikut grafik rerata nilai kekeruhan pada berbagai kombinasi perlakuan komposisi ukuran zeolit pada kolom adsorpsi dan waktu proses adsorpsi (Gambar 4).



**Gambar 4** Grafik kekeruhan limbah cair pada kombinasi perlakuan variasi waktu detensi dan variasi komposisi ukuran zeolit pada kolom adsorpsi

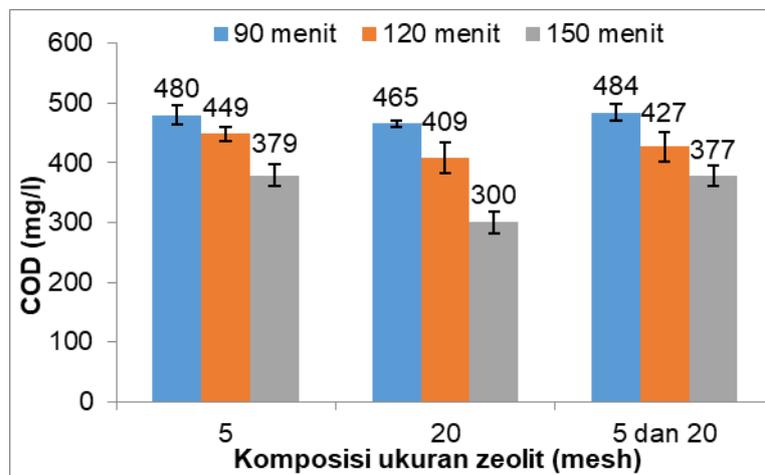
Pada Gambar 4 dapat dilihat pada semua variasi perlakuan, bahwa semakin lama waktu detensi yang digunakan maka semakin menurun tingkat kekeruhan pada limbah. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu detensi yang digunakan semakin menurun tingkat kekeruhan pada limbah, sesuai dengan penelitian Syauqiyah (2011) yaitu penurunan nilai kekeruhan akibat tarikan dari permukaan adsorben yang lebih kuat dibandingkan dengan daya kuat yang menahan di dalam larutan dan dengan waktu proses adsorpsi yang lebih lama menghasilkan penurunan yang lebih besar. Dari grafik tersebut juga menunjukkan bahwa perlakuan dengan menggunakan zeolit 5 mesh untuk 4 kolom adsorpsi (B1), nilai kekeruhan mengalami penurunan akan tetapi nilai pengujian yang dihasilkan tersebut masih berada di atas ambang batas. Dan pada dua perlakuan selanjutnya yaitu perlakuan 20 mesh dan 5 mesh; 20 mesh nilai kekeruhan justru semakin tinggi sehingga keseluruhan sampel tidak memenuhi standar dan berada di atas ambang batas PERMENKES No.416/MENKES/PER/IX/1990.

Berbeda dengan penelitian yang dilakukan Permana., et al (2012). Pada penelitian ini justru terjadi peningkatan nilai kekeruhan pada perlakuan 20 mesh dan 5 mesh; 20 mesh yang menggunakan zeolit dengan ukuran diameter yang lebih kecil atau mesh lebih besar

dibandingkan dengan perlakuan 5 mesh. Hal tersebut diduga terjadi karena ukuran mesh zeolit yang terlalu besar apabila digunakan pada proses adsorpsi recycle. Pada proses tersebut butiran zeolit yang halus akan ikut terbawa dan larut dalam limbah cair. Sehingga limbah cair yang dihasilkan akan terlihat semakin keruh.

#### 4.2.2 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Pada penelitian ini pengukuran kadar COD dilakukan untuk mengetahui tingkat kebutuhan oksigen kimia untuk reaksi oksidasi terhadap bahan buangan di dalam limbah. Rerata kadar COD yang terdapat pada limbah berkisar antara 300-479,667 mg/L. Diketahui hasil dari perlakuan bahwa kadar COD untuk setiap perlakuan mengalami penurunan, semakin lama waktu proses adsorpsi maka semakin menurun kadar COD dalam limbah. Berdasarkan analisis ragam diketahui bahwa perlakuan komposisi ukuran zeolit, waktu proses adsorpsi dan kombinasi keduanya berpengaruh sangat nyata terhadap kadar COD pada limbah.



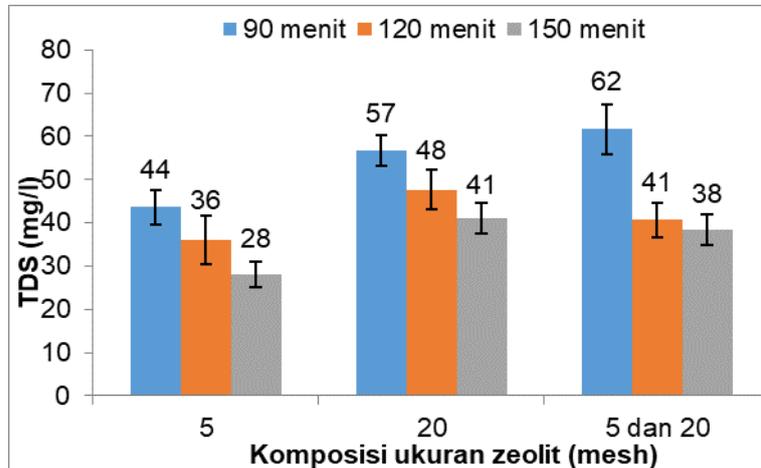
**Gambar 5.** Grafik COD limbah cair pada kombinasi perlakuan variasi waktu detensi dan variasi komposisi ukuran zeolit pada kolom adsorpsi

Gambar 5 menunjukkan bahwa kadar COD tertinggi terdapat pada perlakuan waktu detensi 90 menit dan penggunaan komposisi ukuran zeolit 5 mesh pada 2 kolom dan 20 mesh pada 2 kolom yang lain yaitu sebesar 484. Sedangkan untuk kadar COD terendah terdapat pada perlakuan waktu detensi 150 menit dengan komposisi ukuran zeolit 20 mesh untuk 4 kolom yaitu sebesar 300. Jika dilihat dari semua perlakuan, waktu detensi yang paling lama menghasilkan penurunan kadar COD yang paling besar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu detensi yang digunakan maka semakin menurun kadar COD yang terdapat pada air limbah tersebut. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Syauqiah (2011) yang menyatakan bahwa semakin lama waktu kontak maka semakin efektif kemampuan adsorben menyerap zat pencemar agar mencapai konsentrasi standar. Akan tetapi penurunan kadar COD dari semua variasi perlakuan, hasil yang diperoleh masih belum memenuhi standar baku mutu.

#### 4.2.3 TDS (*Total Dissolve Solid*)

Hasil pengujian nilai TDS baik sebelum maupun sesudah proses adsorpsi nilai TDS untuk keseluruhan sampel berada di bawah baku mutu standar. TDS berasal dari mineral (zat anorganik terlarut) yang terlarut pada proses pelodoran kain batik. Rerata nilai TDS limbah setelah proses adsorpsi berkisar antara 28-61,667. Dari setiap perlakuan diketahui terjadi penurunan nilai TDS, dan semakin lama proses adsorpsi maka semakin menurun juga nilai dari TDS yang terkandung pada limbah. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan ukuran

zeolit 5 mesh berbeda nyata pengaruhnya bila dibandingkan dengan perlakuan ukuran zeolit 20 mesh dan campuran 5 mesh 20 mesh terhadap penurunan kadar *total dissolve solid* pada limbah cair. Pada perlakuan variasi waktu detensi 90 menit juga berbeda nyata pengaruhnya dengan perlakuan waktu detensi 120 menit dan waktu detensi 150 menit terhadap penurunan kadar TDS.



**Gambar 6.** Grafik TDS limbah cair pada kombinasi perlakuan variasi waktu detensi dan variasi komposisi ukuran zeolit pada kolom adsorpsi

Dari Gambar 6 dapat diketahui bahwa nilai TDS tertinggi terdapat pada perlakuan yang menggunakan waktu detensi 90 menit dan komposisi ukuran zeolit 5 mesh pada 2 kolom dan 20 mesh pada 2 kolom lainnya yaitu sebesar 61,67. Sedangkan untuk nilai TDS terendah terdapat pada perlakuan waktu detensi 150 menit dengan komposisi ukuran zeolit 5 mesh pada 4 kolom yaitu sebesar 28. Hal tersebut menunjukkan bahwa keseluruhan kondisi reaksi hasil adsorpsi mampu mengurangi setiap nilai TDS. Pada semua perlakuan berdasarkan ukuran zeolit (mesh) yang digunakan menunjukkan semakin lama waktu proses adsorpsi semakin menurun nilai TDS. Penurunan nilai TDS disebabkan adanya interaksi dari muatan positif pada permukaan zeolit untuk menetralkan muatan negatif pada larutan, sehingga melalui proses adsorpsi menggunakan zeolit, senyawa terlarut dapat dihilangkan pada air limbah batik. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Ashabani (2013) yang menyatakan bahwa semakin lama waktu kontak maka semakin banyak kesempatan partikel adsorben bersinggungan dengan zat terlarut sehingga terikat di dalam pori-pori adsorben.

Sama halnya dengan tingkat kekeruhan, nilai TDS yang terbaik pada percobaan ini adalah perlakuan 5 mesh. Dan nilai TDS pada perlakuan 20 mesh dan 5 mesh; 20 mesh justru semakin meningkat karena ukuran mesh zeolit yang semakin besar sehingga zeolit itu sendiri terlarut dalam limbah dan nilai TDS limbah juga menjadi meningkat apabila dibandingkan dengan perlakuan 5 mesh. Jadi untuk analisa TDS yang menggunakan zeolit dengan ukuran mesh yang besar dan model pengolahan recycle tidaklah efektif digunakan.

#### 4.3 Perlakuan Terbaik

Pemilihan perlakuan terbaik dilakukan dengan mempertimbangkan parameter yang berpengaruh terhadap limbah cair batik tulis. Dalam hal ini parameter yang dianalisis adalah kekeruhan, COD, TDS. Pemilihan perlakuan terbaik ini dilakukan secara kuantitatif yaitu dengan melihat nilai rerata tertinggi atau terendah pada masing-masing parameter. Untuk semua parameter tersebut perlakuan terbaik adalah perlakuan yang menghasilkan nilai terendah. Berikut ini adalah rangkuman rerata nilai yang dihasilkan pada masing-masing parameter:

**Tabel 4.2** Rerata Hasil Uji Kekeruhan, COD, TDS

Perlakuan	Kekeruhan (NTU)	COD (mg/l)	TDS (mg/l)
A1B1	97,67	479,67	43,67
A1B2	665	465,33	56,67
A1B3	779,33	484,33	61,67
A2B1	139	448,67	36
A2B2	626	408,67	47,67
A2B3	746,67	426,67	40,67
A3B1	82*	378,67	28*
A3B2	605	300*	41
A3B3	696,67	377,33	38,33

Sumber: Data Primer 2015

Dari tabel diatas secara umum dapat disimpulkan bahwa perlakuan A3B1 (waktu detensi 150 menit, 5 mesh zeolit pada 4 kolom) adalah perlakuan terbaik dalam penelitian ini, karena pada perlakuan tersebut diperoleh rerata kekeruhan terendah yaitu yaitu 82 NTU dengan nilai TDS terendah yaitu 28 mg/l. Tetapi nilai kekeruhan belum memenuhi standar ambang batas peraturan menteri kesehatan. Untuk nilai COD terendah terdapat pada perlakuan A3B2 (waktu detensi 150 menit, dengan komposisi ukuran zeolit 2 kolom 5 mesh dan 2 kolom 20 mesh). Akan tetapi nilai tersebut juga tidak memenuhi standar baku mutu limbah industri batik yang ditentukan oleh pemerintah.

## KESIMPULAN

Kombinasi perlakuan kedua faktor menunjukkan adanya pengaruh yang sangat nyata terhadap penurunan kandungan COD, TDS, dan tingkat kekeruhan berdasarkan *analisis of variance* (ANOVA) dan beda nyata terkecil (BNT). Dimana faktor pertama (A) yaitu waktu detensi dengan 3 variasi meliputi A1 90 menit, A2 120 menit, A3 150 menit. Dan faktor dua (B) yaitu komposisi ukuran zeolit pada kolom adsorpsi dengan 3 variasi antara lain, B1; menggunakan zeolit ukuran 5 mesh pada 4 kolom adsorpsi, B2; menggunakan zeolit 20 mesh pada 4 kolom adsorpsi, B3; menggunakan zeolit 5 mesh pada 2 kolom dan 2 kolom lainnya menggunakan zeolit 20 mesh. Dan hasil terbaik diperoleh dengan waktu detensi terbesar, jadi semakin lama waktu detensi semakin menurun pula kandungan COD, TDS, dan kekeruhan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aris, Isniah Beta. 2009. Revitalisasi Batik Semarang. Undip Semarang 1970-2007
- Ashabani. 2013. Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu sebagai Karbon Aktif untuk Menurunkan Kadar Besi pada Air Sumur. *Jurnal Teknik Sipil Untan*. Vol 13.
- Fardiaz, S. 2002. Polusi Air dan Udara. Yogyakarta: Kanisius.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013. Baku Mutu Industri Batik.
- Permana, Andi Faris., Johannes Patanduk, Acmad Zubair. 2012. Analisis Pengaruh Ukuran Butiran Zeolit terhadap Penurunan Warna dan Krom (Cr) pada Air Buangan Industri Tekstil. *Teknik Sipil*. 2(1): 82-95

- Purwaningsih, I. 2008. Pengolahan Limbah Cair Industri Batik CV. Batik Indah Raradjonggrang Yogyakarta dengan Metode Elektrokoagulasi ditinjau dari Parameter Chemical Oxygen Demand (COD) dan Warna. Yogyakarta: UII.
- Syauqiah, I., Amalia, M., Kartini A.H. 2011. Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Aduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Jurnal Info Teknik*. 12(1): 11-20.
- Wardhana, W.A. 1995. Dampak dari Pencemaran Lingkungan. Yogyakarta: Andi Offset