

KOMPOSISI MEDIA ADSORBEN KARBON AKTIF DAN ZEOLIT DAPAT MENURUNKAN KADAR FENOL LIMBAH CAIR INDUSTRI

*Differences Of Ingredient Thickness Of Coconut Active Carbon And Zeolite
Media In Reducing Phenoles In Liquid Waste Industry*

Maulani, Ispi Asyipa¹⁾, Agus Somad Saputra², Lubis Bambang Purnama²

¹⁾ Jurusan Sanitasi Lingkungan Poltekkes Kemenkes Bandung, Email: asyipaispi@gmail.com

² Jurusan Sanitasi Lingkungan Poltekkes Kemenkes Bandung, Email: m_nauval2011@yahoo.com

³ Jurusan Sanitasi Lingkungan Poltekkes Kemenkes Bandung, Email:
lubisbambangpur@gmail.com

ABSTRACT

One of the food Industries which is has production waste with a value exceeding the threshold with a phenol content of 2.23 mg/l. the maximum phenol content in liquid waste According to minister of environment regulation no.5/2014 is 0.5 mg/ l., The purpose of this research was to determine the thickness variation of the activated carbon and zeolite adsorbent media in reducing phenol levels in wastewater. The research was experimental, research design: pre and post test without control using the thickness media 70 cm difference of activated coconut carbon and zeolite media, difference 1:1 (35cm & 35 cm) , difference 4:3 (40cm & 40cm) and difference 9:5 (45cm & 25cm), many repetitions 6 times. The population in this research were all production waste and the sample was part of the production waste which was taken to be treated with adsorbent media. The sampling technique was grab sampling, the sample size was 24 samples. The data collection technique is to check the phenol content, temperature and pH of the wastewater, and analyze the data using the One Way Anova test $p\text{-value} < \alpha (0,000)$. The results of the difference ingredient 1:1, 4:3 and 9:5, average reduction in phenol levels of waste was 1.44 mg/l, 1.09 mg/l and 0.72 mg/l, the percentage reduction was 60.65%, 70,22%, and 80.44%. There is a significant difference in the reduction in phenol levels in wastewater in this study. Suggestion: further research is needed on increasing the surface area of the filter media order to reduce levels below TLV.

Keywords: Phenolcontent, liquidwaste, thickness Activated carbon, thickness Zeolite

ABSTRAK

Suatu industri yang bergerak dibidang pangan memiliki limbah produksi dengan nilai melebihi ambang batas dengan kadar fenol sebesar 2,23 mg/l. Sedangkan Kadar maksimum fenol pada air limbah menurut PERMENLH No 5 tahun 2014 adalah 0,5 mg/l. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbedaan ketebalan komposisi media adsorben karbon aktif arang tempurung kelapa dan zeolit dalam menurunkan kadar fenol pada limbah cair. Penelitian bersifat eksperimen, desain penelitian pre post test without control dengan menggunakan ketebalan media 70 cm dengan komposisi ketebalan media adsorben yang berbeda yaitu 1:1 (35cm & 35cm), 4:3 (40cm & 30cm), dan 9:5 (45cm & 25cm), banyak pengulangan 6 kali. Populasi pada penelitian ini adalah seluruh limbah cair produksi dan sampelnya adalah sebagian limbah cair produksi yang diambil untuk diberi perlakuan media adsorben. Teknik pengambilan sampel secara grab sampling, besar sampel sebanyak 24 buah sampel. Tehnik pengumpulan data melakukan pemeriksaan kadar fenol, suhu dan pH air limbah, analisa data dengan uji *One Way Anova* $p\text{-value} < \alpha (0,000)$. Hasil penelitian pada perbandingan komposisi 1:1, 4:3 dan 9:5 rata-rata penurunan kadar fenol limbah 1,44

mg/l, 1,09 mg/l dan 0,72 mg/l, persentase penurunan sebesar 60,65%, 70,22%, dan 80,44%. Terdapat perbedaan yang signifikan antara komposisi ketebalan media adsorben terhadap penurunan kadar fenol limbah cair pada penelitian ini. Saran: perlu penelitian lebih lanjut dalam sistem continue, penambahan ketebalan media adsorben agar dapat menurunkan fenol dibawah NAB.

Kata Kunci : Kadar fenol, Limbah cair, Ketebalan Karbon aktif, Ketebalan Zeolit

PENDAHULUAN

Dewasa ini sebagian sumber daya manusia menggantungkan sumber mata pencahariannya melalui kegiatan industri salah satunya industri pangan. Banyak dampak positif yang dapat didapatkan namun tidak sedikit pula dampak negatif yang di hasilkan, seperti penyakit akibat kerja juga dampak negatif ke lingkungan sekitar industri yang salah satunya dampak limbah cair hasil kegiatan industri. Limbah cair industri memiliki karakteristik yang sangat bervariasi bergantung pada jenis industri, bahan baku, dan proses produksi yang dilakukan/digunakan.⁽¹⁾

Parameter limbah cair sering menimbulkan beberapa permasalahan seperti parameter fenol yang dapat menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan seperti bersifat korosif terhadap kulit dan lambung, bersifat karsinogenik yang dapat mengendap dan merusak organ lain menyebabkan kanker termasuk juga paruparu bahkan dapat menyebabkan kematian apabila zat yang masuk kedalam tubuh melebihi daya tahan tubuh di dalam perairan senyawa fenol dapat menimbulkan keracunan pada ikan dan biota yang menjadi makanannya, mengurangi kandungan oksigen pada air akibat penguraian senyawa fenol oleh mikroorganisme dan menimbulkan rasa tak sedap pada daging ikan.⁽²⁾

Efek fenol melalui paparan kulit dapat menyebabkan kerusakan hati, diare, urin berwarna gelap, dan kerusakan sel darah merah. Penelitian pada hewan telah menunjukkan bahwa efek paparan fenol menyebabkan

penurunan berat janin, retardasi pertumbuhan, dan perkembangan abnormal pada keturunannya.⁽³⁾

Baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan yang belum memiliki baku mutu air limbah yang ditetapkan untuk Golongan I memiliki nilai ambang batas senilai 0,5 mg/l.⁽⁴⁾ Penelitian pada suatu industri memiliki parameter kimia yang melebihi baku mutu yaitu parameter Fenol sebesar 2,23 mg/L. Salah satu alternatif pengolahan yang dapat di terapkan yaitu secara fisik dengan metode adsorpsi.

Adsorpsi merupakan proses penarikan antara molekul adsorbat dengan adsorben di permukaan adsorben. Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi yaitu waktu kontak, ukuran pori, luas permukaan dan lain lain. Selain itu, pada proses adsorpsi terdapat adsorben yang artinya zat penyerap dan juga adsorbat yang artinya zat yang diserap. Umumnya bahan yang digunakan sebagai adsorben yaitu karbon Aktif dan zeolite.⁽⁵⁾

Pengendalian kadar fenol pada limbah cair dengan menggunakan media adsorben karbon aktif dan zeolit dengan ketebalan 40 cm (20 cm karbon aktif, 20 cm zeolit) dapat menurunkan sebesar rata-rata 84,95%.⁽⁶⁾ Tempurung kelapa merupakan bahan terbaik yang dapat dibuat menjadi karbon aktif karena karbon aktif yang terbuat dari tempurung kelapa memiliki mikropori yang banyak, kadar abu yang rendah, kelarutan dalam air yang tinggi dan reaktivitas yang tinggi. Zeolit memiliki permukaan yang penuh dengan gugus karbon dan sifat hidrofili dari zeolit

tersebut akan berkurang sehingga dapat digunakan untuk menjerap zat organik seperti fenol.⁽⁷⁾ Oleh sebab itu peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai perbedaan komposisi media adsorben karbon aktif arang tempurung kelapa dan zeolit terhadap penurunan kadar fenol pada limbah cair industri.

METODE

Desain penelitiannya adalah *pre test and post test design* yaitu dilakukan pengukuran sebelum dan sesudah dikontakkan dengan media adsorben. Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimen skala laboratorium dengan

Populasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah seluruh air limbah produksi yang dihasilkan PT.XYZ. Sampel dalam penelitian ini adalah sebagian air limbah produksi yang diambil untuk diberikan perlakuan. Penelitian dilakukan di WWTP (*Waste Water Treatment Plan*) PT.XYZ. Penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan bahan dan alat yang diperlukan dan melakukan penelitian juga Pemeriksaan sampel dilakukan di Laboratorium Kesehatan Provinsi Jawa Barat, Jalan Sederhana No.5 Pasteur, Sukajadi, Kota Bandung, Jawa Barat yang dilakukan pada bulan April – Juli tahun 2021.

Besar sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 24 sampel dan dikali pengulangan air limbah sebanyak 1 liter, sehingga air limbah yang dibutuhkan sebanyak 24 liter.

Jenis data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data primer yang dikumpulkan langsung oleh peneliti yaitu berupa kadar fenol pada limbah cair sebelum dan sesudah melalui berbagai perbedaan komposisi media adsorben karbon aktif dan zeolit serta pH dan suhu limbah cair. Alat teknologi tepat guna, yaitu tabung berisi filter media adsorben arang aktif arang tempurung kelapa dan zeolit yang

digunakan sebagai alat penelitian, *stopwatch*, botol pengambilan sampel untuk uji parameter fenol air limbah, *Coolbox*, , pH meter dan *thermometer* air limbah untuk mengukur suhu dan Kamera, untuk dokumentasi.

Tahap pelaksanaan penelitian dilakukan dengan cara melakukan pemeriksaan kadar fenol sebelum maupun setelah diberikan perlakuan variasi media adsorben karbon aktif arang tempurung kelapa (20 mesh) dan zeolit (10 mesh) adalah 70 cm dengan masing-masing perbandingan: 1 : 1 (35 cm karbon aktif, 35 zeolit), 4 : 3 (40 cm karbon aktif, 30 zeolit) dan 9 : 5 (45 cm karbon aktif, 25 cm zeolit). dilakukan pemeriksaan di laboratorium serta pengukuran terhadap suhu dan pH limbah cair.

Analisis data dilakukan secara univariat dan bivariat. Analisis bivariat yang digunakan pada penelitian ini menggunakan uji normalitas data, uji homogenitas, uji *one way anova*, dan uji *post hoc*.

HASIL

- a. Pemeriksaan Kadar Fenol pada Limbah Cair Sebelum dan Setelah Melalui Media Adsorben Karbon Aktif dan Zeolit

Tabel 1 menunjukkan hasil kadar fenol pada air limbah cair sebelum melalui ketebalan komposisi media adsorben karbon aktif dan zeolit didapati rata – rata senilai 3,66 mg/l. Hasil pemeriksaan kadar fenol pada air limbah setelah melalui ketebalan komposisi media adsorben karbon aktif dan zeolit pada perbandingan 1:1 (35cm & 35cm) didapati hasil 1,44 mg/l serta pada perbandingan 4:3 (40cm & 30cm) didapati hasil 1,09 mg/l dan pada perbandingan 9:5 (45cm & 25cm) didapati hasil 0,72 mg/l .

- b. Persentase Penurunan Kadar Fenol Limbah Cair Setelah Melalui Media Karbon Aktif dan Zeolit

Berdasarkan tabel 2, didapatkan bahwa hasil persentase kadar fenol pada limbah cair setelah melalui ketebalan komposisi media adsorben karbon aktif arang tempurung kelapa dan zeolit rata – rata penurunan pada perbandingan 1:1 (35cm & 35cm) didapati hasil 60,80% serta pada perbandingan 4:3 (40cm & 30cm) didapati hasil 70,22% dan pada perbandingan 9:5 (45cm & 25cm) didapati hasil 80,44% . Cara perhitungan hasil persentase pada tabel adalah (sebelum – sesudah) / sebelum) x 100 .

c. Hasil Pemeriksaan pH Limbah Cair

Berdasarkan tabel 3, didapatkan hasil pH sebelum melalui ketebalan komposisi media adsorben yaitu sebesar 6,9. pH sesudah melalui ketebalan komposisi media adsorben yaitu pada perbandingan 1:1 (35cm & 35cm) didapati hasil 6,8 serta pada perbandingan 4:3 (40cm & 30cm) didapati hasil 6,7 dan pada perbandingan 9:5 (45cm & 25cm) didapati hasil 6,5.

d. Hasil Pemeriksaan Suhu Limbah Cair

Berdasarkan tabel 4, suhu sebelum melalui ketebalan komposisi media adsorben yaitu sebesar 26,8°C. suhu sesudah melalui ketebalan komposisi media adsorben yaitu pada perbandingan 1:1 (35cm & 35cm) didapati hasil 25,0°C serta pada perbandingan 4:3 (40cm & 30cm) didapati hasil 25,3°C dan pada perbandingan 9:5 (45cm & 25cm) didapati hasil 25,0°C.

e. Uji Normalitas

Uji normalitas data yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan Uji Saphiro-Wilk. Berdasarkan pengujian, dapat disimpulkan bahwa hasil dari 3 perbedaan ketebalan komposisi pada penelitian ini berdistribusi dengan normal karena nilai Sig.(2-tailed) > 0,05, sehingga uji lanjutan yang dilakukan adalah uji *one way* anova.

f. Uji Homogenitas

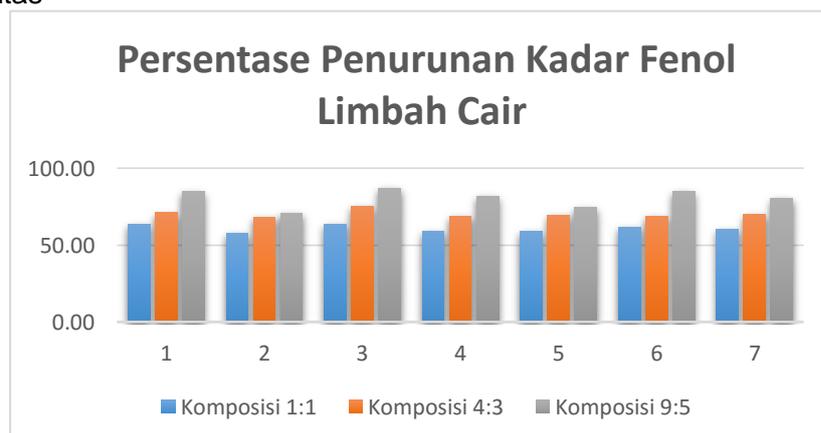
Uji Homogenitas yang digunakan pada penelitian ini yaitu uji levene. Hasil dari uji levene diperoleh nilai dari Sig.(2-tailed) sebesar 0,359, sehingga dapat disimpulkan bahwa ragam antar kelompok tidak homogen karena nilai Sig.(2-tailed) < 0,05.

g. Uji *One Way* Anova

Berdasarkan hasil dari uji *one way* anova yang dilakukan (Lampiran 3), diperoleh nilai dari Sig.(2-tailed) sebesar 0,000, nilai Sig.(2-tailed) < 0,05 sehingga H_0 ditolak yang artinya terdapat perbedaan yang signifikan antara perbedaan ketebalan komposisi media adsorben karbon aktif arang tempurung kelapa dan zeolit terhadap penurunan kadar fenol pada limbah cair di PT. XYZ.

h. Uji Post Hoc

Berdasarkan uji post hoc, dapat diketahui bahwa pada perbedaan ketebalan komposisi media adsorben dengan perbandingan 1:1, 4:3 dan 9:5 signifikan dikarenakan diperoleh nilai dari Sig.(2-tailed) < 0,05.



Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Kadar Fenol pada Limbah Cair Sebelum dan Setelah Melalui Media Adsorben Karbon Aktif dan Zeolit

Pengulangan	Hasil Pemeriksaan Kadar Fenol (mg/l) Sebelum dan Setelah Melalui komposisi Media adsorben Karbon Aktif dan Zeolit			
	Sebelum melewati media Adsorben	Setelah melewati media Adsorben		
		Perbandingan 1:1	Perbandingan 4:3	Perbandingan 5:9
1	3,42	1,24	0,99	0,51
2	3,93	1,67	1,24	1,15
3	3,24	1,18	0,80	0,42
4	3,71	1,51	1,15	0,67
5	3,92	1,61	1,20	0,99
6	3,71	1,42	1,15	0,55
Rata-Rata	3,66	1,44	1,09	0,72

Tabel 2. Hasil Persentase Penurunan Kadar Fenol Limbah Cair

Persentase Penurunan Kadar Fenol Setelah Melalui Media Ketebalan Karbon Aktif dan Zeolit

Pengulangan	Komposisi Adsorben 1:1		Komposisi Adsorben 4:3		Komposisi Adsorben 9:5	
	Penurunan (mg/l)	%	Penurunan (mg/l)	%	Penurunan (mg/l)	%
	1	2,18	63,74	2,43	71,05	2,91
2	2,26	57,51	2,69	68,45	2,78	70,74
3	2,06	63,58	2,44	75,31	2,82	87,04
4	2,2	59,30	2,56	69,00	3,04	81,94
5	2,31	58,93	2,72	69,39	2,93	74,74
6	2,29	61,73	2,56	69,00	3,16	85,18
Rata-Rata	Komposisi 1		Komposisi 2		Komposisi 3	
Selisih	2,22 mg/l		2,57 mg/l		2,94 mg/l	
Persentase	60,80%		70,22%		80,44%	

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan pH Limbah Cair

Hasil pH Sebelum dan Setelah Melalui komposisi Media adsorben Karbon Aktif dan Zeolit

Pengulangan	Hasil pemeriksaan Suhu Sebelum dan Setelah Melalui komposisi Media			
	Sebelum melewati media Adsorben	Setelah melewati media Adsorben		
		Perbandingan 1:1	Perbandingan 4:3	Perbandingan 5:9
1	7	6,9	6,8	6,8
2	6,8	6,5	6,3	6,0
3	7	7	6,9	6,9
4	6,9	6,9	6,8	6,6
5	6,8	6,7	6,5	6,1
6	6,9	6,9	6,7	6,7
Rata-Rata	6,9	6,8	6,7	6,5

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Suhu Limbah Cair

Hasil pemeriksaan Suhu Sebelum dan Setelah Melalui komposisi Media

	adsorben Karbon Aktif dan Zeolit			
	Sebelum melewati media Adsorben	Setelah melewati media Adsorben		
		Perbandingan 1:1	Perbandingan 4:3	Perbandingan 5:9
1	27,3°C	25,2°C	25,3°C	25,5°C
2	26,2°C	24,5°C	24,0°C	24,0°C
3	28,1°C	25,5°C	26,2°C	25,9°C
4	27,0°C	24,5°C	25,9°C	25,1°C
5	25,9°C	25,0°C	25,0°C	24,5°C
6	26,4°C	25,5°C	25,2°C	25,0°C
Rata-Rata	26,8°C	25,0°C	25,3°C	25,0°C

PEMBAHASAN

1. Penurunan Kadar Fenol pada Limbah cair di PT.XYZ

Dalam menurunkan kadar fenol pada limbah cair industri pangan PT.XYZ menggunakan media adsorben karbon aktif arang tempurung kelapa dan Zeolit masing masing 70 cm dengan 3 variasi perbedaan ketebalan komposisi media adsorben yakni perbandingan 1:1, 3:4 dan 9:5. Tingginya fenol pada air limbah PT.XYZ dikarenakan penggunaan deterjen atau sabun cuci pada proses pencucian loyang, pengurusan kerak alat pada boiler dan pencucian hasil dari aktifitas proses produksi.

Kadar fenol setelah melewati media adsorben mengalami penurunan. Karbon aktif dan Zeolit dapat mengadsorpsi Fenol atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan zat yang kontak dengannya yang terlarut dalam larutan dan terjebak di dalam pori-porinya. Sifat karbon aktif dan zeolit tersebut maka kadar fenol dapat diturunkan dari konsentrasi awal, dimana zat fenol yang berada pada air limbah industri pangan tersebut menempel atau terikat pada media karbon aktif arang tempurung kelapa dan media zeolit. Agar kapasitas proses penyerapan fenol berjalan

baik maka dilakukan proses aktivasi. Hal ini disebabkan permukaan gugus oksida yang ada pada permukaan karbon aktif arang tempurung kelapa dan zeolit yang terbentuk akibat adanya adsorpsi kimia antara permukaan karbon aktif dan zeolit juga oksigen yang berada di udara bisa mengikat kadar fenol yang mana terdapat gugus hidroksil yang terikat oleh permukaan karbon. Dari ketiga perbedaan komposisi tersebut Penurunan parameter fenol paling tinggi adalah pada media adsorben dengan perbandingan komposisi 9:5 9:5 (45cm & 25cm) didapati hasil 0,72 mg/l dengan persentase 80,44%. Hal tersebut dipengaruhi oleh massa adsorben, penggunaan massa adsorben berpengaruh terhadap besarnya kapasitas adsorpsi. semakin tinggi massa adsorben kapasitas adsorpsinya akan semakin rendah. Penelitian menggunakan media adsorben karbon aktif dan zeolit dengan ketebalan media 40 cm dapat menurunkan sebanyak 75,69 % dengan perbandingan yang sama yaitu 20 cm karbon aktif dan 20 cm zeolit. Persentase yang dihasilkan dalam penelitian ini mendapatkan hasil lebih besar karena skala yang berbeda juga. ⁽⁸⁾ Penelitian yang dilakukan oleh peneliti dan referensi yang digunakan memiliki perbandingan 1:1. Ketebalan media adsorben sangat berpengaruh pada kualitas air limbah yang dihasilkan.

Penggunaan karbon aktif dalam adsorpsi fenol menggunakan pH 7 menunjukkan bahwa fenol dengan konsentrasi awal 2,75 mg/l pada waktu tunggu selama 30 menit mengalami penurunan sebesar 0,57 mg/l. Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi.⁽⁹⁾

2. Hasil Pengukuran pH

Pengukuran pH dilakukan untuk mengetahui limbah cair ini bersifat asam atau basa, pH sangat berpengaruh terhadap proses kimia. Saat penelitian berlangsung, terjadi perubahan pH pada limbah cair setelah di kontakkan dengan komposisi ketebalan media adsorben arang tempurung kelapa dan zeolit cenderung lebih menurun dibandingkan dengan air sebelum di kontakkan. Hal tersebut dikarenakan gugus oksida pada permukaan karbon aktif dapat bersifat asam karena adanya pengaruh dari gugus karboksil, laktol dan gugus hidroksil fenol sehingga menyebabkan penurunan pH pada air limbah.⁽¹⁰⁾

3. Keterbatasan Penelitian

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa keterbatasan dalam penelitian yang tidak bisa peneliti lakukan yaitu peneliti hanya menggunakan 1 pre test untuk 1 kali pengulangan sehingga jumlah sampel *pre test* hanya 6 sampel dan jumlah *post test* 18 sampel dari jumlah keseluruhan sampel 24 sampel, sedangkan untuk penelitian dengan desain *pre test post test with out control* lebih baiknya menggunakan 3 *pre test* per tiap pengulangan dengan 18 sampel *pre test* dan 18 sampel *post test* dari jumlah sampel 36 sampel.

Saat penelitian dalam setiap pengulangan peneliti mengganti

media karbon aktif dan zeolite, maka dari itu peneliti tidak dapat menghitung massa jenuh dari karbon aktif dan zeolite tersebut.

SIMPULAN

Perbedaan ketebalan komposisi media adsorben terhadap penurunan Kadar fenol sebelum dan sesudah melewati ketebalan komposisi media adsorben karbon aktif arang tempurung kelapa dan zeolit secara berturut turut yaitu sebelum perlakuan 3,66 mg/l., sesudah perlakuan perbandingan 1:1 senilai 1,44 mg/l dengan persentase 60,65%, perbandingan 4:3 senilai 1,09 mg/l dengan persentase 70,22% dan perbandingan 9:5 senilai 0,72 mg/l dengan persentase 80,44%.

Ketebalan komposisi media adsorben arang tempurung kelapa dan zeolit yang paling optimum dapat menurunkan kadar fenol paling tinggi pada limbah cair di PT.XYZ yaitu perbandingan 9:5 (45cm Karbon aktif & 25cm zeolit) dengan penurunan kadar fenol sebesar rata-rata 0,72 mg/l senilai 80,44%. Sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara perbedaan ketebalan komposisi media adsorben karbon aktif arang tempurung kelapa dan zeolit terhadap penurunan kadar fenol pada limbah cair di PT.XYZ

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

DAFTAR RUJUKAN

1. Suhartini, Sri; Nurika, Irmia, 2018. Teknologi Pengolahan Limbah Agroindustri. 1 penyunt. Malang: UB Press.
2. Hudori & Yulianto, A., 2011. Penurunan Fenol Melalui Proses Adsorptive Micellar Flocculation. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan ISSN: 2085-1227, Volume 3 Nomor 1 , pp. 066-072.
3. Aufa, R., 2017. Teknik Penyisihan Fenol dari Air Limbah. Institut Teknologi Bandung, Volume VII.
4. Anon., 2014. Baku Mutu Limbah Cair. Jakarta: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 05. Kementerian Kesehatan RI No 05 (2017) .
5. Angraini, R., Wahyuni, N. & G., 2015. Adsorpsi Fenol Oleh Kombinasi Adsorben Zeolit Alam. JKK, Volume IV (1), pp. 29-34.
6. Yolanda, C. R., 2020. Variasi Ketebalan Media Adsorben Karbon Aktif Dan Zeolit Terhadap Penurunan Kadar Fenol Limbah Cair Adsorben Di Industri Tekstil Kota Cimahi, Bandung: Poltekkes Kemenkes Bandung.
7. Ferdiansyah, B., 2020. Pengaruh Variasi Ukuran Butiran Terhadap Karakteristik Zeolit Alam Pahae, Kabupaten Tapanuli Utara, Provinsi Sumatera Utara. Universitas Sumatera Utara.
8. Mubarokah, I., 2010. Gabungan Metode Aerasi dan Adsorpsi dalam menurunkan fenol dan cod pada limbah cair UKM batik purnama di desa kliwonan Kecamatan Masaran Kabupaten Sragen tahun 2010. Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat .
9. Ariesmayana, A., 2018. Pengaruh pH Terhadap Adsorpsi Kadar Fenol dari Limbah Industri Tinplate Menggunakan Arang Aktif yang Terbuat dari Tempurung Kelapa. Jurnal InTent, Volume 1, No 1.
10. Sari, K., Fikri, E. & Yulianto, B., 2019. Perbedaan Variasi Ketebalan Media Adsorben Karbon Aktif Dalam Menurunkan Kadar Fenol Pada Limbah Cair PT.X. Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung, Volume 11.