

PENINGKATAN KUALITAS EFLUEN LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU PADA SISTEM LUMPUR AKTIF DENGAN VARIASI LAJU ALIR MENGGUNAKAN ARANG AKTIF KAYU ULIN (*Eusideroxylon zwageri*)

The Improvement of Quality of Tofu Industry Wastewater Effluent on Activated Sludge System with Flow Rate Variation Using Ironwood (*Eusideroxylon zwageri*) Activated Charcoal

Filomena Matilda¹⁾, Danang Biyatmoko²⁾, Akhmad Rizali²⁾, Abdullah³⁾

¹⁾ Badan Lingkungan Hidup Kota Banjarbaru
Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan
Program Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat
e-mail: filomatilda@gmail.com

²⁾ Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat

³⁾ Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat

Abstract

Tofu industry produces organic waste that can decrease the quality of the environment. The alternative processing method can be used among others is activated sludge system, but several types of research have not shown optimal results yet. To improve the quality of wastewater, the treatment of wastewater of tofu using activated charcoal needs to be done. The purpose of this research is to analyze the effects of the ironwood charcoal activation on the morphology and surface area of ironwood activated charcoal, to analyze the effects of variations in the flow rate of tofu wastewater effluent from activated sludge using ironwood activated charcoal on the parameters of temperature, pH, TSS, BOD, COD and ammonia and to find out the optimum flow rate of tofu wastewater effluent from activated sludge using ironwood activated charcoal. This research used adsorption method with column system at 7 treatments of flow rate (50, 60, 70, 80, 90, 100 and 110 mL/h) with 3 replications. The activation of ironwood charcoal used Na₂CO₃ 5% and was activated at 400oC. The results showed that the surface morphology of ironwood active charcoal had more open pore surfaces with more regular structures than before activation. The surface area of ironwood activated charcoal was 32.936 m²/g and increased to 53.7% compared with it before activation. Variations in the flow rate on the tofu wastewater effluent from activated sludge using ironwood activated charcoal showed highly significant ($p < 0.01$) in reducing the levels of TSS, BOD, COD, and ammonia. The optimum flow rate obtained at 50 mL/h with temperature was 25.8oC, pH 8.08, TSS 34.7 mg/L, BOD 43.8 mg/L, COD 117 mg/L and ammonia 14.8 mg/L. The value of temperature, pH, TSS and BOD have fulfilled the quality standards, the quality of tofu wastewater effluent increased from the activated sludge.

Keywords: Ironwood, flow rate variations, charcoal activated, wastewater of tofu, sludge effluent

PENDAHULUAN

Keberadaan industri tahu cukup potensial dalam penyerapan tenaga kerja yang dapat meningkatkan perekonomian masyarakat sekitar, namun di sisi lain juga

dapat memberikan dampak negatif akibat limbah cair yang dihasilkan dari proses pembuatan tahu yang berpotensi merusak lingkungan. Bahan organik yang terdapat pada limbah cair industri tahu apabila berada dalam konsentrasi tinggi dan

langsung dibuang tanpa pengolahan, maka akan menimbulkan pencemaran pada lingkungan perairan (Irmanto dan Suyata, 2009).

Salah satu metode alternatif dalam pengolahan limbah cair yang dapat diterapkan pada industri tahu adalah sistem lumpur aktif yang terdiri atas dua unit proses utama, yaitu proses aerasi dan sedimentasi. Air limbah dipompa ke dalam tangki aerasi dan mikroba alami dicampur dengan limbah melalui proses agitasi. Air limbah selanjutnya dialirkan ke tangki pengendapan dan lumpur teraktivasi yaitu air limbah yang mengandung mikroorganisme dipisahkan dari campuran. Selanjutnya, biomassa dipisahkan dari air yang telah diolah dengan pengendapan secara gravitasi (Nagwekar, 2014).

Beberapa penelitian sistem lumpur aktif telah dilakukan, diantaranya penelitian Santoso (2008) dalam pengolahan limbah tapioka dimana diperoleh kualitas air buangan BOD 142,458 mg/L dan COD 293 mg/L, selanjutnya menurut Balantek (2011) pengolahan limbah rumah tangga menggunakan sistem lumpur aktif berbahan dasar limbah tahu dengan waktu retensi 10 jam diperoleh kadar BOD 99,46 mg/L dan COD 187,91 mg/L. Ratnani (2011) juga menggunakan sistem lumpur aktif dalam pengolahan limbah cair industri tahu dan diperoleh penurunan konsentrasi COD sampai 250 mg/L. Hasil penelitian tersebut menunjukkan pengolahan limbah dengan sistem lumpur aktif belum memberikan hasil yang optimal pada kualitas air buangan, sehingga perlu pengolahan lebih lanjut menggunakan arang aktif untuk meningkatkan kualitas limbah yang lebih baik.

Arang aktif sebagai bahan mikropori adalah adsorben paling penting yang telah banyak digunakan sebagai adsorben, katalis dan pendukung katalis dalam berbagai aplikasi industri dan lingkungan. Arang aktif merupakan bahan serbaguna sebagai adsorben yang efektif dengan kapasitas serapan dan luas permukaan yang tinggi. Aplikasi arang aktif yang menarik adalah

ketersediaannya, material yang ramah lingkungan, aman dan biaya yang sangat rendah dengan material yang memiliki luas permukaan yang tinggi (Kamariya dan Pandya, 2016). Proses aktivasi arang dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) jenis yaitu aktivasi secara fisika yang dilakukan secara pemanasan pada temperatur 800-1000°C dan kemudian didinginkan pada atmosfer inersial (Kasmawarni, 2013), sedangkan aktivasi secara kimia menggunakan bahan kimia sebagai *activating agent*, seperti H_3PO_4 , $CaCl_2$, KOH , H_2SO_4 , Na_2CO_3 , $NaCl$, K_2S , HCl , dan $ZnCl_2$ yang akan membuka permukaan arang yang semula tertutup oleh tar (Tutik dkk., 2001 dalam Kurniati, 2008), dan aktivasi proses campuran yang dapat dilakukan dengan menjenuhkan material yang telah melalui proses karbonisasi dengan *activating agent* dan selanjutnya diaktivasi pada kisaran temperatur 300-600°C yang disertai dengan aliran gas nitrogen (Kamariya dan Pandya, 2016).

Bahan baku yang dapat dibuat menjadi arang aktif diantaranya dapat berasal dari kayu. Salah satu jenis kayu khas Kalimantan adalah kayu ulin dan dikarenakan sifatnya yang keras dengan material yang kaya akan karbon, maka umumnya dapat dijadikan sebagai bahan baku arang aktif. Arang kayu ulin dapat ditingkatkan luas permukaan dan daya serapnya melalui aktivasi kimia menggunakan Na_2CO_3 . Penggunaan aktivator Na_2CO_3 diantaranya dilakukan dalam penelitian pembuatan arang aktif tempurung kelapa yang disertai pirolisis 700°C dengan kualitas arang aktif telah memenuhi syarat SII No. 0258-79, kadar air 0,382-1,619%, kadar abu 2,28-7,79%, dan *iodine number* 448,02-1599,72 mg/g serta *surface area* 189,630-1900,69 m^2/g (Pambayun dkk., 2013), dan proses aktivasi bahan limbah industri kunyit yang disertai aktivasi pada temperatur 800°C dengan kualitas arang aktif memiliki kadar air 2,14%, kadar abu 2,84%, porositas 48,34%, dan luas permukaan 271,82 m^2/g (Karthikeyan dkk., 2016).

Proses adsorpsi arang aktif dalam pengolahan limbah dapat dilakukan dengan sistem kolom yaitu mengalirkan limbah cair ke dalam kolom yang berisi arang aktif. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh aktivasi arang kayu ulin terhadap morfologi dan luas permukaan arang aktif kayu ulin, pengaruh variasi laju alir pada efluen limbah cair industri tahu dari lumpur aktif menggunakan arang aktif kayu ulin terhadap parameter temperatur, pH, TSS, BOD, COD, dan amoniak, serta mengetahui laju alir optimum pada efluen limbah cair industri tahu dari lumpur aktif menggunakan arang aktif kayu ulin.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Rancangan Penelitian

Jenis penelitian ini yaitu penelitian eksperimental, dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dalam percobaan faktor tunggal dengan 3 (tiga) kali ulangan. Perlakuan yang dicobakan yaitu laju alir .

Prosedur Penelitian

Pengolahan limbah tahu dengan lumpur aktif

Sebanyak 10 liter cairan lumpur dimasukkan ke dalam reaktor aerob dan ditambahkan 10 liter limbah cair baru industri tahu (perbandingan 1:1). Sebanyak 0,4 g urea ditambahkan ke dalam campuran lumpur dan limbah. Proses aerasi dilakukan selama dua hari menggunakan aerator. Limbah tahu (kontrol 1) dan efluen limbah dari lumpur aktif (kontrol 2) dianalisis parameter temperatur, pH, TSS, BOD, COD, dan amoniak.

Karakterisasi arang aktif kayu ulin

Arang kayu ulin berukuran 25-40 mesh direndam ke dalam larutan Na_2CO_3 5% selama 24 jam dan diaktivasi pada temperatur 400°C selama 3 jam.

Karakterisasi arang aktif kayu ulin dianalisis menggunakan SEM dan BET.

Pengolahan efluen limbah tahu dari lumpur aktif dengan arang aktif kayu ulin

Sebanyak 250 ml efluen limbah pada variasi laju alir yaitu 50, 60, 70, 80, 90, 100, dan 110 mL/jam dikontakkan dengan 6 g arang aktif kayu ulin dalam suatu kolom. Kualitas limbah dianalisis parameter temperatur, pH, TSS, BOD, COD, dan amoniak.

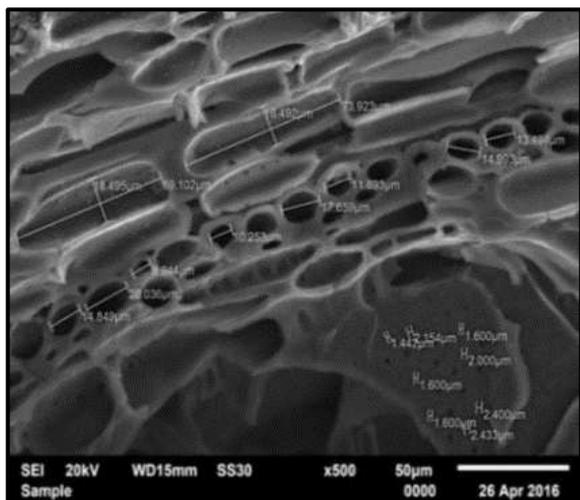
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Permukaan Arang Aktif Kayu Ulin

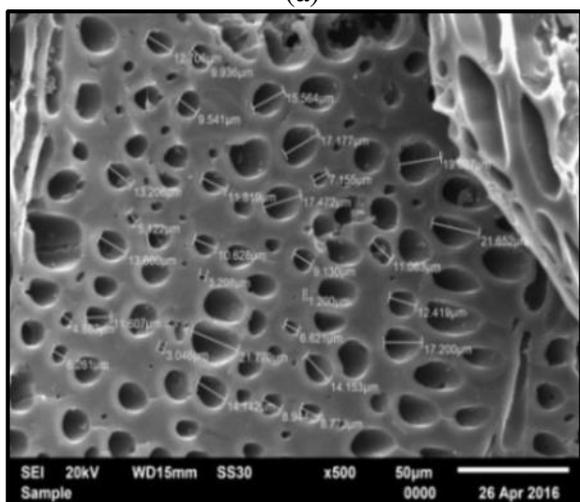
Struktur morfologi arang kayu ulin sebelum dan sesudah aktivasi dianalisis menggunakan SEM dengan pengambilan gambar penampang atas seperti yang tersaji pada Gambar 1.

Hasil analisis SEM arang aktif kayu ulin menunjukkan bahwa jumlah pori-pori karbon yang terbentuk lebih banyak dengan struktur yang lebih teratur, serta zat pengotor yang menutupi permukaan karbon dan pori-pori menjadi berkurang dibandingkan dengan sebelum aktivasi. Penggunaan zat aktivator Na_2CO_3 pada aktivasi kimia dapat menghilangkan senyawa tar yang dihasilkan dari proses karbonisasi dan aktivasi fisika pada pemanasan 400°C dapat menguapkan zat-zat yang tidak teruapkan selama proses karbonisasi. Hal ini menyebabkan struktur karbon mengalami pergeseran selama proses aktivasi sehingga membentuk pori-pori yang lebih banyak.

Karakterisasi arang aktif kayu ulin dapat juga dilihat dari luas permukaan yang dihasilkan selain struktur morfologi permukaan. Hasil uji BET arang kayu ulin sebelum dan sesudah aktivasi tercantum pada Tabel 1.



(a)



(b)

Gambar 1. Morfologi permukaan dengan perbesaran 500 kali pada (a) arang kayu ulin (b) arang aktif kayu ulin

Tabel 1. Hasil uji BET arang kayu ulin sebelum dan sesudah aktivasi

Data	Satuan	Sebelum Aktivasi	Sesudah Aktivasi
Luas Permukaan	m ² /g	21,428	32,936
Volume Pori	cc/g	0,024	0,060
Jari-Jari Pori	Å	18,288	19,091

Sumber: data primer yang diolah, 2016

Luas permukaan arang kayu ulin mengalami peningkatan sebesar 53,7% setelah dilakukan aktivasi, begitu pula dengan volume pori karbon dan jari-jari

pori karbon yang juga mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan material karbon pada arang kayu ulin mampu berinteraksi dengan zat aktivator Na₂CO₃ yang dapat menghilangkan senyawa tar yang masih menutupi permukaan arang serta dapat meningkatkan porositas karbon, sehingga dapat mempengaruhi luas permukaan karbon. Perlakuan proses aktivasi fisika pada arang kayu ulin juga dapat memperbesar volume pori, karena zat-zat yang belum terdekomposisi pada proses pengarangan akan teruapkan dengan aktivasi fisika. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan Mu'jizah (2010) bahwa tujuan aktivasi fisika dapat mempertinggi volume pori, memperluas diameter pori yang terbentuk dan menimbulkan beberapa pori yang baru, sehingga dapat meningkatkan daya serap arang aktif.

Pengaruh Variasi Laju Alir Efluen Limbah Cair Tahu Dari Lumpur Aktif Menggunakan Arang Aktif Kayu Ulin Terhadap Parameter Temperatur, pH, TSS, BOD, COD, dan NH₃

Temperatur

Rata-rata nilai temperatur limbah pada pengolahan efluen limbah cair industri tahu dari sistem lumpur aktif menggunakan arang aktif kayu ulin dengan variasi laju alir disajikan pada Tabel 2.

Perlakuan variasi laju alir tidak mempunyai peran besar dalam menurunkan nilai temperatur. Temperatur efluen limbah tahu dari lumpur aktif setelah dilakukan pengolahan dengan arang aktif kayu ulin mengalami penurunan jika dibandingkan kontrol 1 dan kontrol 2 serta telah memenuhi baku mutu Pergub Kalsel No. 36 Tahun 2008 tentang Air Limbah sebesar 38°C. Penurunan temperatur yang terjadi dapat disebabkan adanya penyerapan molekul-molekul adsorbat yang terkandung dalam limbah oleh arang aktif kayu ulin yang berperan sebagai adsorben. Berdasarkan penelitian Roesiani (2015) bahwa temperatur limbah cair industri tahu sebelum dan setelah perlakuan dengan

karbon aktif pada variasi waktu kontak menunjukkan adanya penurunan. Semakin

lama waktu kontak maka temperatur limbah tahu menjadi menurun.

Tabel 2. Nilai temperatur limbah pada pengolahan efluen limbah tahu dari lumpur aktif menggunakan arang aktif kayu ulin

Uraian	Satuan	Laju Alir (mL/jam)						
		50 (A)	60 (B)	70 (C)	80 (D)	90 (E)	100 (F)	110 (G)
Rata-Rata	°C	25,8 ^a	25,7 ^a	25,7 ^a	25,7 ^a	25,8 ^a	25,8 ^a	25,9 ^a
Kontrol 1	°C	28,4						
Kontrol 2	°C	27,6						

Keterangan: Angka yang diikuti *superscripts* yang sama pada baris yang sama tidak berbeda nyata ($p > 0,05$)

Derajat Keasaman (pH)

Rata-rata nilai pH efluen limbah tahu dari lumpur aktif setelah dilakukan pengolahan dengan arang aktif kayu ulin pada variasi laju alir disajikan pada Tabel 3.

pH efluen limbah dari lumpur aktif setelah dikontakkan dengan arang aktif kayu ulin umumnya cenderung meningkat pada laju alir 50-70 mL/jam. Kondisi ini dapat disebabkan aktivator Na_2CO_3 yang bersifat basa untuk mengaktifasi arang kayu ulin sehingga permukaan arang aktif kayu ulin cenderung akan bermuatan

negatif (OH^-). Ion H^+ yang terkandung dalam limbah akan menetralisasi permukaan karbon aktif yang bermuatan negatif karena terjadi serapan H^+ oleh arang aktif. Pada laju alir yang semakin cepat (80-110 mL/jam) menunjukkan nilai pH cenderung menurun. Nilai pH efluen limbah dari lumpur aktif setelah pengolahan dengan arang aktif kayu ulin pada variasi laju alir masih memenuhi baku mutu Pergub Kalsel No. 36 Tahun 2008 sebesar 6-9.

Tabel 3. Nilai pH limbah pada pengolahan efluen limbah tahu dari lumpur aktif menggunakan arang aktif kayu ulin

Uraian	Laju Alir (mL/jam)						
	50 (A)	60 (B)	70 (C)	80 (D)	90 (E)	100 (F)	110 (G)
Rata-Rata	8,08 ^a	8,20 ^a	8,25 ^a	8,21 ^a	8,14 ^a	8,14 ^a	8,09 ^a
Kontrol 1	5,66						
Kontrol 2	8,10						

Keterangan: Angka yang diikuti *superscripts* yang sama pada baris yang sama tidak berbeda nyata ($p > 0,05$)

Total Suspended Solid (TSS)

Rata-rata nilai padatan tersuspensi total (TSS) efluen limbah tahu dari lumpur aktif setelah dilakukan pengolahan dengan arang aktif kayu ulin pada variasi laju alir disajikan pada Tabel 4.

Hasil analisis ragam diperoleh bahwa perlakuan variasi laju alir pada pengolahan efluen limbah tahu dari lumpur aktif menggunakan arang aktif kayu ulin berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$)

terhadap kadar TSS. Hal ini menunjukkan bahwa variasi laju alir mempunyai peran besar dalam menurunkan kadar TSS limbah, sehingga kualitas kejernihan limbah tahu menjadi meningkat. Rata-rata kadar TSS terendah diperoleh pada laju alir 50 mL/jam sebesar 34,7 mg/L dan telah memenuhi baku mutu sebesar 200 mg/L.

Penurunan kadar TSS efluen limbah dari lumpur aktif setelah dilakukan pengolahan dengan arang aktif kayu ulin

menunjukkan terjadinya peristiwa adsorpsi dan dengan proses adsorpsi secara efektif dapat mengurangi zat tersuspensi dalam efluen limbah cair dengan laju alir paling lama yaitu 50 mL/jam. Semakin lama laju alir maka waktu kontak yang diperlukan efluen limbah dengan arang aktif kayu ulin juga semakin lama, sehingga proses penyerapan zat-zat tersuspensi dalam

limbah dapat berlangsung lebih maksimal dan zat-zat tersuspensi dapat masuk ke dalam pori-pori adsorben. Menurut Ghomshe dkk., (2011) bahwa laju alir akan mempengaruhi kapasitas penyerapan adsorbat pada sistem kolom. Kapasitas adsorbat yang diserap akan semakin menurun dengan meningkatnya laju alir.

Tabel 4. Nilai TSS limbah pada pengolahan efluen limbah tahu dari lumpur aktif menggunakan arang aktif kayu ulin

Uraian	Satuan	Laju Alir (mL/jam)						
		50	60	70	80	90	100	110
		(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
Rata-Rata	mg/L	34,7 ^a	43,3 ^b	50,0 ^{bc}	55,3 ^c	65,7 ^d	67,7 ^{de}	69,3 ^{de}
Kontrol 1	mg/L	918						
Kontrol 2	mg/L	222						

Keterangan: Angka yang diikuti *superscripts* yang berbeda pada baris yang sama berbeda nyata ($p < 0,05$)

Biological Oxygen Demand (BOD)

Rata-rata nilai BOD efluen limbah tahu dari lumpur aktif setelah dilakukan pengolahan dengan arang aktif kayu ulin pada variasi laju alir tersaji pada Tabel 5.

Berdasarkan hasil analisis ragam diperoleh bahwa perlakuan variasi laju alir berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap kadar BOD. Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan efluen limbah dari lumpur aktif menggunakan arang aktif kayu

ulin dengan perlakuan variasi laju alir mempunyai peran besar dalam menurunkan kadar BOD, sehingga kandungan zat organik atau tingkat pencemaran dalam limbah menjadi berkurang dan terjadi peningkatan kualitas efluen limbah cair industri tahu dari lumpur aktif. Rata-rata kadar BOD terendah diperoleh pada laju alir yang paling lama yaitu 50 mL/jam sebesar 43,8 mg/L dan telah memenuhi baku mutu sebesar 50 mg/L.

Tabel 5. Nilai BOD limbah pada pengolahan efluen limbah tahu dari lumpur aktif menggunakan arang aktif kayu ulin dengan variasi laju alir

Uraian	Satuan	Laju Alir (mL/jam)						
		50	60	70	80	90	100	110
		(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
Rata-Rata	mg/L	43,8 ^a	51,3 ^b	56,9 ^{bc}	60,1 ^c	66,2 ^d	68,1 ^d	68,5 ^d
Kontrol 1	mg/L	771						
Kontrol 2	mg/L	226						

Keterangan: Angka yang diikuti *superscripts* yang berbeda pada baris yang sama berbeda nyata ($p < 0,05$)

Chemical Oxygen Demand (COD)

Rata-rata nilai COD efluen limbah tahu dari lumpur aktif setelah dilakukan pengolahan dengan arang aktif kayu ulin pada variasi laju alir tersaji pada Tabel 6.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan laju alir pada pengolahan efluen limbah cair industri tahu dengan arang aktif kayu ulin berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap kadar COD. Rata-rata kadar COD terendah diperoleh pada

laju alir 50 mL/jam sebesar 117 mg/L dan masih belum memenuhi baku mutu sebesar 100 mg/L.

Tabel 6. Nilai COD limbah pada pengolahan efluen limbah tahu dari lumpur aktif menggunakan arang aktif kayu ulin dengan variasi laju alir

Uraian	Satuan	Laju Alir (mL/jam)						
		50 (A)	60 (B)	70 (C)	80 (D)	90 (E)	100 (F)	110 (G)
Rata-Rata	mg/L	117 ^a	133,7 ^b	140,7 ^{bc}	144 ^{cd}	150,3 ^{cde}	153,7 ^{de}	156 ^e
Kontrol 1	mg/L	2764						
Kontrol 2	mg/L	646						

Keterangan: Angka yang diikuti *superscripts* yang berbeda pada baris yang sama berbeda sangat nyata ($p < 0,01$)

Amoniak (NH₃)

Rata-rata nilai amoniak efluen limbah tahu dari lumpur aktif setelah dilakukan pengolahan dengan arang aktif kayu ulin pada variasi laju alir tersaji pada Tabel 7.

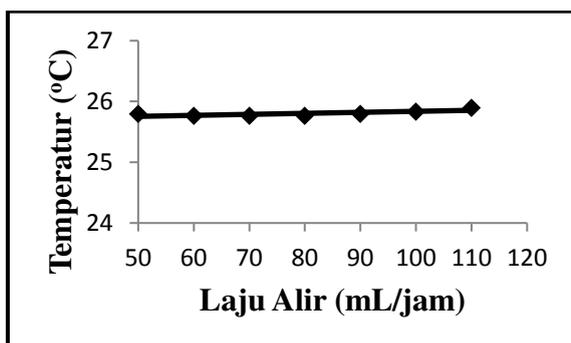
Hasil analisis ragam diperoleh bahwa perlakuan variasi laju alir pada pengolahan efluen limbah cair industri tahu

menggunakan arang aktif kayu ulin berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap kadar amoniak. Rata-rata kadar amoniak terendah diperoleh pada laju alir yang terlama yaitu 50 mL/jam sebesar 14,8 mg/L dan belum memenuhi baku mutu yaitu sebesar 1 mg/L.

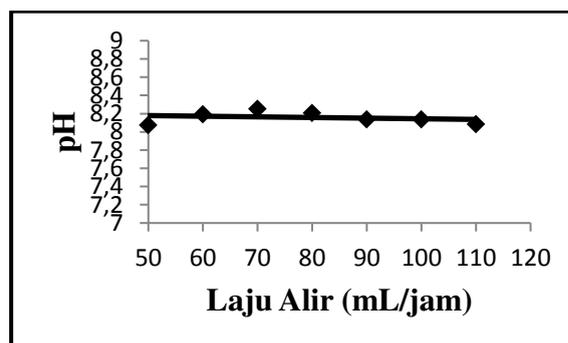
Tabel 7. Nilai amoniak limbah pada pengolahan efluen limbah tahu dari lumpur aktif menggunakan arang aktif kayu ulin dengan variasi laju alir

Uraian	Satuan	Laju Alir (mL/jam)						
		50 (A)	60 (B)	70 (C)	80 (D)	90 (E)	100 (F)	110 (G)
Rata-Rata	mg/L	14,8 ^a	17,6 ^b	18,8 ^b	19,6 ^b	22,4 ^c	23,2 ^c	24,0 ^c
Kontrol 1	mg/L	64						
Kontrol 2	mg/L	46,3						

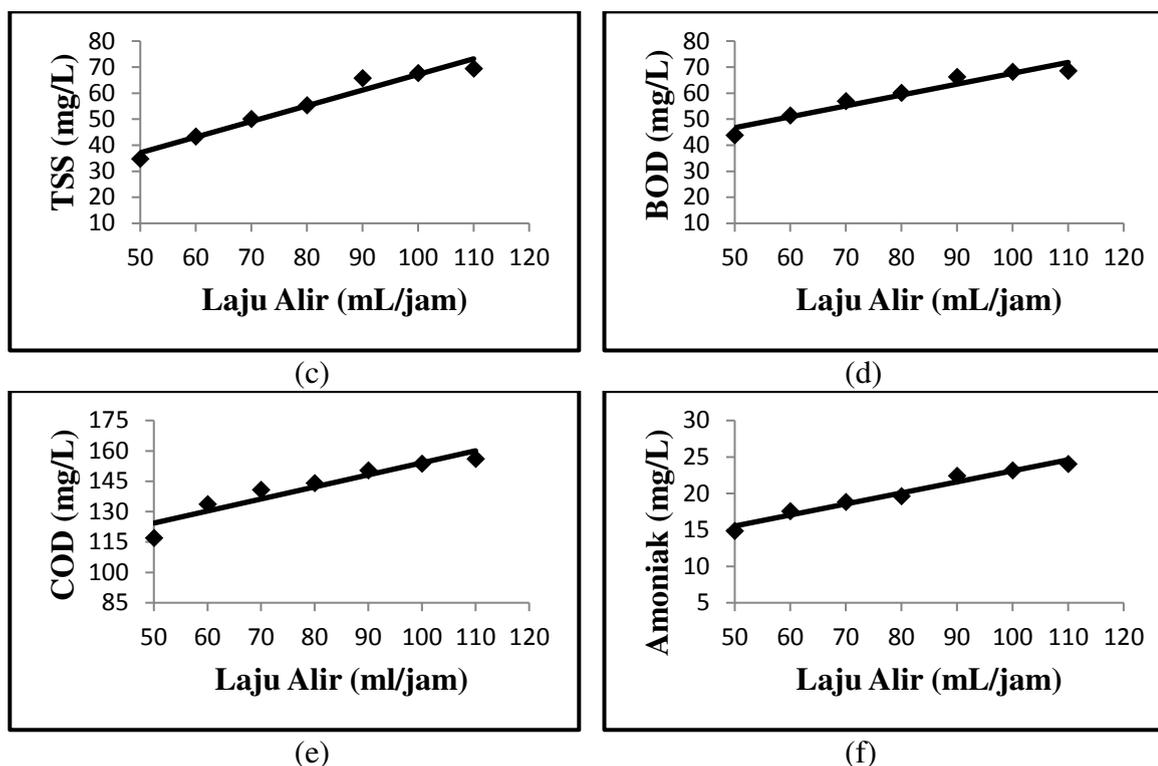
Keterangan: Angka yang diikuti *superscripts* yang berbeda pada baris yang sama berbeda nyata ($p < 0,05$)



(a)



(b)



Gambar 2. Grafik hubungan laju alir efluen limbah tahu dari lumpur aktif yang dikontakkan dengan arang aktif kayu ulin terhadap nilai (a) temperatur, (b) pH, (c) TSS, (d) BOD, (e) COD, dan (f) amoniak.

Pengolahan efluen limbah dari lumpur aktif dengan arang aktif kayu ulin dapat menghasilkan kualitas limbah yang lebih baik dan secara fisik ditunjukkan dengan hilangnya bau yang tersisa ketika pengolahan dengan lumpur aktif serta kondisi limbah yang dihasilkan lebih jernih. Hal ini juga didukung dengan penelitian Sayed (2013) yang melakukan pengolahan efluen limbah industri dari proses pengolahan fisika dan kimia dengan jenis filter yang berbeda yaitu karbon aktif, filter dual media dan filter pasir. Proses pengolahan fisika dan kimia dapat menurunkan kadar pencemar limbah, namun masih dalam kadar yang tinggi dan tidak cukup dalam menghilangkan warna dan bau pada air limbah. Pengolahan efluen limbah dengan karbon aktif menunjukkan metode yang paling efisien dibandingkan dengan filter dual media dan filter pasir dalam mengurangi COD, TSS, TDS, warna, dan bau pada sampel efluen.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Morfologi permukaan arang aktif kayu ulin mengalami peningkatan kualitas dengan jumlah pori-pori karbon yang terbentuk lebih banyak dengan struktur yang lebih teratur dibandingkan dengan sebelum aktivasi. Luas permukaan arang aktif kayu ulin mengalami peningkatan sebesar 53,7% dibandingkan dengan sebelum aktivasi. Luas permukaan arang kayu ulin sebelum dan sesudah aktivasi diperoleh masing-masing sebesar 21,428 m²/g dan 32,936 m²/g.
2. Variasi laju alir pada efluen limbah cair industri tahu dari lumpur aktif berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap kadar TSS, BOD, COD, dan amoniak setelah dilakukan pengolahan dengan arang aktif kayu ulin dan tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap nilai temperatur dan pH.
3. Laju alir optimum pada perlakuan variasi laju alir efluen limbah cair

industri tahu dari lumpur aktif menggunakan arang aktif kayu ulin diperoleh pada laju alir 50 mL/jam dengan rata-rata temperatur 25,8°C, pH 8,10, kadar TSS 34,7 mg/L, dan BOD 43,8 mg/L telah memenuhi baku mutu Pergub Kalsel No. 36 Tahun 2008. Rata-rata kadar COD terendah sebesar 117 mg/L dan amoniak 14,8 mg/L masih belum memenuhi baku mutu.

DAFTAR PUSTAKA

- Balantek, A. H. (2011). *Pengolahan Limbah Rumah Tangga Menggunakan Lumpur Aktif Berbahan Dasar Limbah Tahu*. [Tesis]. Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam & Lingkungan. Program Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- Ghomshe, S. M. T., Mousavi, S. M., Soltanieh, M., & Kordi, A. K. S. (2011). Batch and Column Study of Haloacetic Acids Adsorption onto Granular Activated Carbon. *Scientific Research and Essays*. 6: 3553-3560.
- Irmanto & Suyata. (2009). Penurunan Kadar Amoniak, Nitrit, dan Nitrat Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Arang Aktif dari Ampas Kopi. *Molekul*. 4: 105– 114.
- Kamariya, S., & Pandya, J. (2016). Preparation and Characterization of Activated Carbon from Agricultural Waste, Peanut Shell by Chemical Activation. *International Journal of Trend in Research and Development*. 3: 138-141.
- Karthikeyan, K. T., Hebsuba, K. M., & Jothivenkatachalam, K. (2016). Comparison of Various Characteristics Activated Carbon Prepared from Turmeric Industrial Waste through Different Activation Processes. *J. Environ. Nanotechnol*. 5: 17-25.
- Kasmawarni. (2013). Proses Aktivasi Arang Kayu Laban (*Vitex Pinnata L*) dengan Cara Pemanasan pada Temperatur Tinggi. *Jurnal Litbang Industri*. 3: 117-124.
- Kurniati, E. (2008). Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit sebagai Arang Aktif. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*. 8: 96-103.
- Mu'jizah, S. (2010). *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Biji Kelor (*Moringa oleifera*. Lamk) dengan NaCl sebagai Bahan Pengaktif*. [Skripsi]. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Nagwekar, P. R. (2014). Removal of Organic Matter from Wastewater by Activated Sludge Process-Review. *International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR)*. 3(5): 1260–1263.
- Pambayun, G. S., Yulianto, R. Y. E., Rachimoallah, M., & Putri, E. M. M. (2013). Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator ZnCl dan Na₂CO₃ sebagai Adsorben untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah. *Jurnal Teknik Pomits*. 2: 116-120.
- Ratnani. (2011). Kecepatan Penyerapan Zat Organik pada Limbah Cair Industri Tahu dengan Lumpur Aktif. *Momentum*. 7: 18-24.
- Roesiani, L. (2015). *Keefektifan Lama Kontak Karbon Aktif terhadap Penurunan Kadar Amonia Limbah Cair Industri Tahu di Desa Teguhan Sragen Wetan Sragen*. Publikasi Ilmiah, 1–9.
- Santoso, B. (2008). *Proses Pengolahan Air Buangan Industri Tapioka*. Fakultas Teknik Industri. Universitas Gunadarma, Jakarta.
- Sayed, G. (2013). Treatability Study of Waste Water Using Activated Carbon, Sand Filter and Dual Media Filter. *National Conference on Biodiversity: Status and Challenges in Conservation-FAVEO*. 210-213.