

Coagulation and Filtration Methods on Tofu Wastewater Treatment

1. Submit manuskrip ke (JIKA) Jurnal Aisyah: Jurnal Ilmu Kesehatan (11 Maret 2021)
2. Pemberitahuan hasil review-1 (19 Maret 2021)
3. Perbaikan hasil review-1 (28 Maret 2021)
4. Pemberitahuan hasil review-2 (15 April 2021)
5. Perbaikan review-2 (12 Mei 2021)
6. Pemberitahuan artikel accepted (30 Mei 2021)
7. Pembayaran APC (31 Mei 2021)
8. LoA (2 Juni 2021)
9. Pemberitahuan Galley (22 Juni 2021)
10. Perbaikan Galley (23 Juni 2021)
11. Pemberitahuan artikel published (25 Juni 2021)

Coagulation and Filtration Methods on Tofu Wastewater Treatment

1. Submit manuskrip ke (JIKA) Jurnal Aisyah: Jurnal Ilmu Kesehatan
 - Pemberitahuan submitted (11 Maret 2021)
 - Lampiran manuskrip submitted



Prayudhy Yushananta <prayudhyyushananta@gmail.com>

[jika] Submission Acknowledgement

Editorial Office <jurnal.aisyah@gmail.com>

11 Maret 2021 pukul 12.17

Kepada: Prayudhy Yushananta <prayudhyyushananta@gmail.com>

Dear Prayudhy Yushananta:

Your manuscript entitled "COAGULATION AND FILTRATION METHODS ON TOFU WASTEWATER TREATMENT" has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in the Jurnal Aisyah : Jurnal Ilmu Kesehatan.

Your manuscript ID is #JIKA-505. Please mention this ID in all future correspondence regarding this submission. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript URL:

<https://aisyah.journalpress.id/index.php/jika/author/submission/505>

Username: prayudhy

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Editorial Office

Jurnal Aisyah : Jurnal Ilmu Kesehatan

Jurnal Aisyah : Jurnal Ilmu Kesehatan

<https://aisyah.journalpress.id/index.php/jika>

METODE KOAGULASI DAN FILTRASI PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU

COAGULATION AND FILTRATION METHODS ON TOFU WASTEWATER TREATMENT

Bambang Murwanto¹, Agus Sutopo², Prayudhy Yushananta^{3*}

^{1,2,3} Politeknik Kesehatan Kemenkes Tanjungkarang, Jl. Soekarno-Hatta No.6, Bandar Lampung, Lampung, Indonesia 35144

Corresponding Email: * prayudhyyushananta@gmail.com

ABSTRACT

The tofu and tempe industry is a small industry (home industry) that produces wastewater between 100-200 times the allowable limit and is usually discharged directly into water bodies, thus polluting the environment. This study aims to combine the coagulation method (stage 1) using Polyalumunium Chloride (PAC) with filtration (stage 2) on several variations of materials (activated carbon, zeolite, quartz). The SPSS 24.0 was used for data analysis, including the application of the T-test and ANOVA. The study result found that coagulation with PAC 690 mg/L reduced BOD by 51.7% and a dose of 765 mg/L by 61.1%. In the COD parameter, the decreases were 65.84% and 67.55%. In the second stage (filtration), the reduction in BOD was higher in activated carbon (79.33%) compared to zeolite (78.67%) and quartz (75.46%). Activated carbon also had the most COD reduction effect (73.22%). The use of 765 mg / L PAC and activated carbon filtration had the most effect on reducing BOD and COD of tofu industrial wastewater. The results of this research can be used as an alternative in the physical processing of tofu industrial wastewater.

Keywords: Wastewater, tofu-tempe, BOD, COD, coagulation, filtration

ABSTRAK

Industri tahu dan tempe merupakan industri kecil (home industry) yang menghasilkan limbah antara 100-200 kali batas yang diijinkan dan biasanya langsung dibuang ke badan air, sehingga mencemari lingkungan. Penelitian bertujuan menggunakan metode koagulasi (tahap 1) dengan Polyalumunium Chloride (PAC), dan metode filtrasi (tahap 2) dengan tiga variasi bahan (karbon aktif, zeolit, kuarsa). Perangkat SPSS 24.0 digunakan untuk analisis data, termasuk penerapan uji T dan ANOVA. Hasil penelitian mendapatkan, bahwa pada tahap pertama perlakuan (koagulasi dengan PAC 690 mg/L dan 765 mg/L) terjadi penurunan BOD sebesar 51,7%, dan 61,1%. Pada parameter COD, penurunan sebesar 65,84% dan 67,55%. Pada tahap kedua (filtrasi), penurunan BOD lebih tinggi pada karbon aktif (79,33%) dibandingkan dengan zeolit (78,67%) dan kuarsa (75,46%). Sedangkan penurunan COD terbesar juga pada karbon aktif (73,22%). Penggunaan PAC dosis 765 mg/L dan filtrasi karbon aktif memberikan efek terbesar terhadap penurunan BOD dan COD limbah cair industri tahu. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai alternatif dalam pengolahan fisika limbah cair industri tahu.

Kata kunci : Limbah cair, tahu-tempe, BOD, COD, koagulasi, filtrasi

LATAR BELAKANG

Masalah pencemaran air telah menunjukkan gejala cukup serius di negara berkembang, termasuk Indonesia. Sebanyak 75% dari 57 sungai di Indonesia mengalami pencemaran berat, (Dawud et al., 2016) disebabkan oleh limbah rumah tangga (domestik) dan limbah industri yang tidak diolah sebelum dibuang ke lingkungan (Rusydi et al., 2017). Industri tahu merupakan salah satu sumber pencemar yang cukup penting (Sudaryanto, 2006).

Tahu dan tempe adalah makanan khas Indonesia yang terbuat dari kedelai (Herlambang, 2002). Tahu dan tempe diakui sebagai makanan yang sehat, bergizi dan murah, sehingga digemari seluruh lapisan masyarakat (Alvina & Hamdani, 2019). Industri tahu terdapat di hampir seluruh provinsi di Indonesia. Saat ini, Indonesia menjadi importir kedelai terbesar di Asia (Nur Mahdi & Suharno, 2019). Sekitar 50% kedelai untuk membuat tempe, 40% untuk tahu, dan sisanya dalam produk lain (Alvina & Hamdani, 2019). Eksportir kedelai terbesar untuk Indonesia adalah Amerika Serikat, dengan nilai mencapai US\$ 4,8 miliar pada tahun 2013 (Puspawati, 2017).

Sebagian besar industri tahu masuk dalam kelompok usaha kecil dan mikro (UMKM). Walaupun memberi kontribusi pada nilai ekonomi masyarakat, namun di sisi lain memberikan dampak negatif bagi lingkungan, berupa pencemaran badan air (Sudaryanto, 2006). Limbah cair industri tahu mengandung padatan tersuspensi dan terlarut terdiri dari *lemak*, *protein* dan *selulosa*, yang akan mengalami perubahan fisik, kimia, dan biologi sehingga menghasilkan zat beracun apabila tidak diolah dengan baik (Amanda et al., 2019; Puspawati, 2017; Sudaryanto, 2006). *Asam amino* merupakan komponen utama yang menyebabkan pencemaran badan-badan air (Sudaryanto, 2006). Penelitian lain menyebutkan, bahwa limbah cair industri

tahu mengandung protein (40%-60%), karbohidrat (25%-50%), lemak (10%) dan padatan tersuspensi lainnya, yang akan menghasilkan zat toksik (Pradana et al., 2018).

Hasil-hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kualitas limbah industri tahu sangat jauh di atas baku mutu yang ditetapkan, yaitu TSS=200; BOD=150; COD=300 (Menteri Lingkungan Hidup, 2014). Oleh karena itu, limbah cair industri tahu harus diolah sebelum dibuang ke lingkungan (Alimsyah & Damayanti, 2013; Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013; Herlambang, 2002; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sayow et al., 2020).

Pengolahan air limbah pada dasarnya bertujuan untuk mengurai bahan pencemar yang terdapat dalam air limbah sehingga aman dibuang ke lingkungan. Bahan pencemar dalam air limbah terutama senyawa organik, an-organik, padatan terlarut dan tersuspensi. Baku mutu lingkungan merupakan batas tertinggi kualitas air limbah sehingga aman untuk di buang ke lingkungan. Sedangkan parameter utama baku mutu lingkungan adalah TSS, BOD, dan COD (Regulation of the Minister of the Environment Number 5, 2014: Standard of Wastewater Quality, 2014). Tingginya kandungan bahan pencemar dalam air limbah menyebabkan kadar oksigen menurun, sehingga mengganggu kehidupan di dalamnya (Pradana et al., 2018). Kualitas badan air yang jelek akan berdampak pada penurunan jumlah biota dalam air (Nangin et al., 2015; Yogafanny, 2015).

Banyak metode pengolahan limbah yang telah dikembangkan, antara lain metode lumpur aktif, proses biologis, elektrokoagulasi, filtrasi, koagulasi dan flokulasi. Pada industri dengan karakteristik limbah organik, metode yang paling banyak digunakan adalah proses biologis, yaitu metode yang menggunakan proses penguraian dengan bakteri secara *aerobik*

dan *anaerobik*. Salah satu alternatif yang dapat dikembangkan adalah melakukan pengolahan fisika untuk menurunkan sebesar-besarnya kandungan padatan pada limbah, sehingga proses biologi menjadi lebih ringan.

Penelitian bertujuan menganalisis penurunan kandungan beban pencemar limbah industri tahu dan tempe secara fisik melalui dua tahap pengolahan, yaitu metode koagulasi dan filtrasi.

METODE

Penelitian dilakukan dalam dua tahap untuk menganalisis penurunan nilai *Biochemical Oxygen Demand (BOD)* dan *Chemical Oxygen Demand (COD)* pada limbah air tahu. Percobaan dilakukan dengan enam replikasi. Pada tahap pertama, dilakukan proses koagulasi dengan PAC. Limbah segar dikontakkan PAC (dosis 690 mg/L dan 765 mg/L) dengan pengadukan cepat (300 rpm) selama dua menit, dilanjutkan dengan pengadukan lambat (30 rpm) selama 25 menit, dan penenangan selama 30 menit., Penggunaan PAC dosis 690 mg/L dan 765 mg/L mengikuti Murwanto (Murwanto, 2018).

Tahap kedua dilakukan proses filtrasi dengan tiga variasi media, yaitu karbon aktif, zeolit, dan kuarsa. Setiap reaktor diisi media filtrasi berbeda dan diatur pada debit tetap. Hasil filtrasi ditampung untuk pengujian nilai *BOD* dan *COD*. Pengukuran nilai *BOD* dan *COD* dilakukan pada saat limbah segar, setelah proses koagulasi dan setelah filtrasi.

Data dianalisis dengan perangkat statistik SAS (versi 24.0), dan dilakukan secara bertahap. Deskripsi variabel dengan *mean*, minimal-maksimal, dan persentase penurunan nilai *BOD* dan *COD*. Persentase penurunan dihitung dengan formula:

$$\% \text{ penurunan} = \frac{(\text{Nilai sebelum} - \text{Nilai sesudah})}{\text{Nilai sebelum}} \times 100\%$$

Uji T untuk mengetahui pengaruh perlakuan tahap I (koagulasi) terhadap nilai *BOD* dan *COD*. Pada perlakuan tahap II digunakan uji ANOVA dan Bonferroni untuk mendapatkan pengaruh variasi media filter terhadap nilai *BOD* dan *COD*.

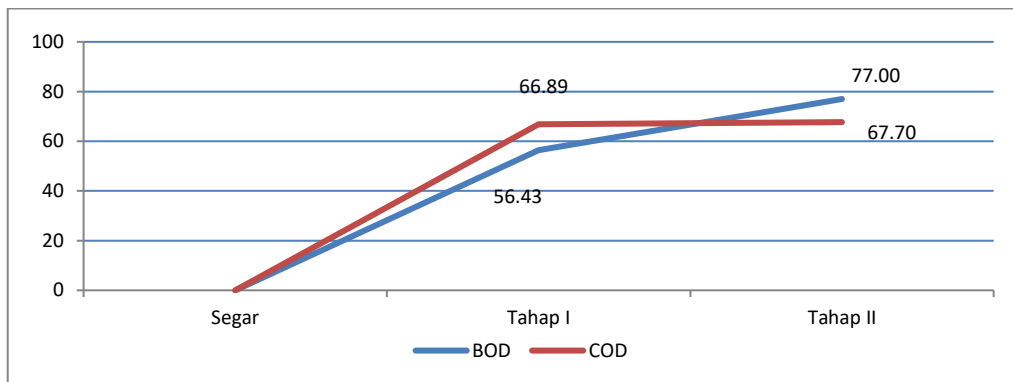
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan nilai *BOD* dan *COD* limbah segar tahu, sesudah perlakuan tahap I dan tahap II. Nilai *BOD* limbah segar sebesar 1813,00 mg/L, setelah proses koagulasi turun menjadi 790,00 mg/L (705,00-875,00), dan setelah perlakuan tahap II menjadi 417,03 (430,00-498,00). Persentase penurunan nilai *BOD* terhadap limbah segar (Gambar 1) pada tahap I sebesar 56,43%, dan meningkat pada tahap II sebesar 77,00%.

Nilai *COD* limbah segar sebesar 2570,00 mg/L, setelah proses koagulasi turun menjadi 851,00 mg/L (824,00-878,00), dan setelah perlakuan tahap II menjadi 830,19 mg/L (674,00-910,00). Persentase penurunan nilai *COD* terhadap limbah segar (Gambar 1) pada tahap I sebesar 66,89% dan sedikit meningkat pada tahap II sebesar 67,70%.

Tabel 1.
Hasil pengukuran BOD dan COD

	<i>BOD</i>			<i>COD</i>		
	Segar	Tahap I	Tahap II	Segar	Tahap I	Tahap II
Mean (mg/L)	1813,00	790,00	417,03	2570,00	851,00	830,19
Minimum (mg/L)	1813,00	705,00	340,00	2570,00	824,00	674,00
Maximum (mg/L)	1813,00	875,00	498,00	2570,00	878,00	910,00
Penurunan (%)	-	56,43	77,00		66,89	67,70



Gambar 1.

Persentase penurunan BOD dan COD berdasarkan tahapan perlakuan

Hasil penelitian mendapatkan bahwa proses koagulasi (Tabel 2) menggunakan PAC dosis 690 mg/L dapat menurunkan nilai BOD dari 1813,00 mg/L menjadi 875,00, atau penurunan sebesar 51,74%. Menggunakan PAC dosis 765 mg/L, dapat menurunkan nilai BOD dari 1813,00 mg/L menjadi 705,00, atau penurunan sebesar 61,11%.

Penurunan nilai COD juga terlihat sesudah proses koagulasi. Perlakuan menggunakan

PAC dosis 690 mg/L dapat menurunkan nilai COD dari 2.570,00 mg/L menjadi 878,00 mg/L, atau penurunan sebesar 65,84%. Menggunakan PAC dosis 765 mg/L, dapat menurunkan nilai COD dari 2570,00 mg/L menjadi 824,00 mg/L, atau penurunan sebesar 67,55%. Berdasarkan dosis koagulan yang digunakan, dosis PAC 790 mg/L memberikan pengaruh penurunan nilai BOD yang lebih besar.

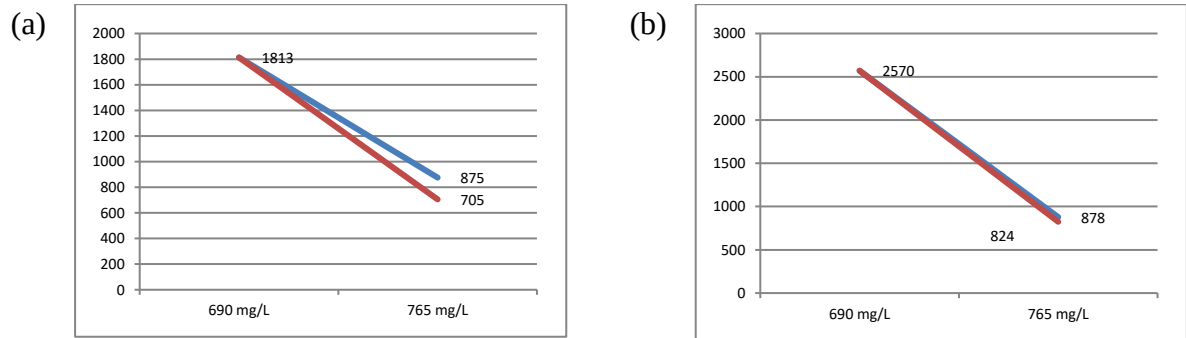
Tabel 2.

Nilai BOD dan COD setelah proses koagulasi

	<i>BOD</i>			<i>COD</i>		
	Nilai (mg/L)	Penurunan (%)	p-value	Nilai (mg/L)	Penurunan (%)	p-value
Limbah segar	1813,00	-		2570,00	-	
690 mg/L	875,00	51,74	0,0001	878,00	65,84	0,0001
765 mg/L	705,00	61,11		824,00	67,55	

Dilakukan uji T ($\alpha=0,05$) untuk melihat perbedaan nilai BOD dan COD sebelum dan sesudah proses koagulasi. Hasil analisis menunjukkan perbedaan nilai BOD yang

signifikan antara sebelum dan sesudah proses koagulasi ($p\text{-value}=0,001$). Perbedaan yang nyata juga pada nilai COD ($p\text{-value}=0,001$).



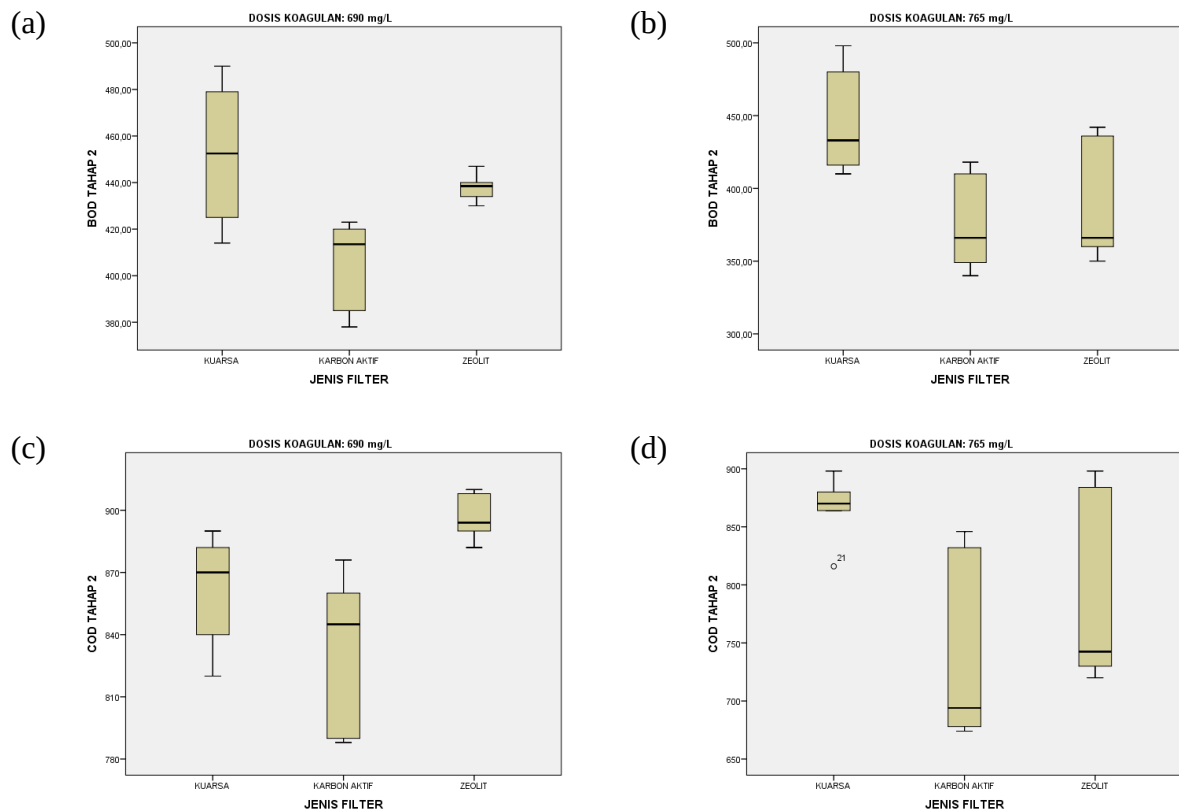
Gambar 2. Nilai BOD (a) dan COD (b), sebelum dan sesudah proses koagulasi

Pada tahap dua, sampel yang telah dikoagulasi dengan PAC dilanjutkan dengan proses filtrasi. Tiga jenis media digunakan, yaitu pasir kuarsa, karbon aktif, dan zeolit (Tabel 3). Pada kelompok sampel dengan koagulasi dosis 690 mg/L, rata-rata BOD tertinggi dihasilkan dengan

filtrasi menggunakan media pasir kuarsa (452,17 mg/L), dan terendah menggunakan media karbon aktif (405,50 mg/L). Pada pengujian nilai COD setelah proses filtrasi, nilai tertinggi menggunakan media pasir kuarsa (896,33 mg/L), dan terendah dengan karbon aktif (834,00 mg/L).

Tabel 3.
Nilai BOD dan COD sesudah proses filtrasi

Dosis PAC	Parameter	Media filter	n	Mean	SD	F	p-value
690 mg/L	BOD	Kuarsa	6	452,17	32,74	7,009	0,007
		Karbon Aktif	6	405,50	19,11		
		Zeolit	6	438,00	5,76		
	COD	Kuarsa	6	862,00	27,42	7,864	0,005
		Karbon Aktif	6	834,00	36,83		
		Zeolit	6	896,33	11,06		
765 mg/L	BOD	Kuarsa	6	445,00	35,79	6,221	0,011
		Karbon Aktif	6	374,83	33,25		
		Zeolit	6	386,67	41,18		
	COD	Kuarsa	6	866,33	27,41	5,589	0,015
		Karbon Aktif	6	736,33	80,10		
		Zeolit	6	786,17	81,78		



Gambar 3. Nilai *BOD* dan *COD* setelah filtrasi dengan variasi media pada dosis *PAC* 690 mg/L (a) (c), dosis 765 mg/L (b) (d).

Kelompok yang pada tahap pertama menggunakan *PAC* dosis 765 mg/L, *BOD* tertinggi didapatkan dari filtrasi dengan pasir kuarsa (445,00 mg/L), dan terendah dengan karbon aktif (374,83 mg/L). Sedangkan pengujian *COD* tertinggi pada penggunaan pasir kuarsa (866,33 mg/L), dan terendah menggunakan karbon aktif (736,33 mg/L). Hasil perlakuan tahap dua menunjukkan bahwa penurunan nilai *BOD* dan *COD* tertinggi pada penggunaan media karbon aktif, yang pada dosis *PAC* 690 mg/L maupun 765 mg/L.

Uji *ANOVA* diterapkan untuk mengetahui perbedaan nilai *BOD* dan *COD* setelah perlakuan berdasarkan variasi media filter, baik pada dosis *PAC* 690 mg/L, maupun

765 mg/L (Tabel 3). Pada kelompok sampel yang menggunakan dosis 690 mg/L, menunjukkan perbedaan nilai *BOD* yang signifikan berdasarkan jenis media yang digunakan ($p=0,007$). Demikian pula pada parameter *COD*, juga menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan jenis media filter yang digunakan ($p=0,005$).

Pada kelompok sampel yang menggunakan dosis 765 mg/L, nilai *BOD* menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan jenis media yang digunakan ($p=0,011$). Demikian pula pada parameter *COD*, juga menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan jenis media filter yang digunakan ($p=0,015$).

Tabel 4.
Hasil Uji Bonferroni ($\alpha=0,05$)

Dosis PAC	Parameter	Filter (p-value)			
			Kuarsa	Karbon aktif	Zeolit
690 mg/L	<i>BOD/COD</i>	Kuarsa	-	0,007*/0,287	0,855/0,137
		Karbon aktif	0,007*/0,287	-	0,068/0,004*
		Zeolit	0,855/0,137	0,068/0,004*	-
765 mg/L	<i>BOD/COD</i>	Kuarsa	-	0,015/0,014	0,046*/0,177
		Karbon aktif	0,015*/0,014*	-	0,015*/0,670
		Zeolit	0,046*/0,177	0,015*/0,670	-

* signifikan ($\alpha < 0,05$)

Uji *Bonferroni* dilakukan untuk mengetahui perbedaan nilai *BOD* dan *COD* antar jenis media filter, pada dosis PAC 690 mg/L dan 765 mg/L (Tabel 4). Pada kelompok dosis PAC 690 mg/L, terlihat perbedaan nilai *BOD* yang signifikan antara karbon aktif dan pasir kuarsa ($p\text{-value}=0,007$). Pada pengukuran nilai *COD*, perbedaan nyata antara karbon aktif dan zeolit ($p\text{-value}=0,004$).

Pada kelompok perlakuan tahap I dengan dosis 690 mg/L, nilai *BOD* terlihat berbeda nyata antara karbon aktif dan pasir kuarsa ($p\text{-value}=0,007$), karbon aktif dan zeolit ($p\text{-value}=0,015$), serta zeolit dan pasir kuarsa ($p\text{-value}=0,046$). Sedangkan pada *COD*, perbedaan signifikan terlihat antara karbon aktif dan pasir kuarsa ($p\text{-value}=0,014$).

Tahu merupakan makanan terbuat dari bahan utama kedelai yang proses pembuatannya sederhana. Prinsip pembuatan tahu adalah mengekstraksi protein, kemudian digumpalkan dengan bantuan CH_3COOH atau $\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (Herlambang, 2002). Limbah cair industri tahu berasal dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu mengandung protein (40%-60%), karbohidrat (25%-50%), lemak (10%) dan padatan tersuspensi lainnya, yang akan menghasilkan zat toksik apabila tidak diolah dengan baik (Amanda et al., 2019; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sudaryanto, 2006).

Pada umumnya, pengolahan limbah tahu dilakukan dengan sistem *biologi anaerobik*

(Herlambang, 2002). Namun pengolahan cara ini menghasilkan gas *methane* (CH_4) menimbulkan bau, dan efisiensi 70-80% sehingga masih mengandung bahan pencemar yang tinggi (Herlambang, 2002; Said, 2000). Pada penelitian ini dilakukan uji coba untuk menurunkan beban pencemar, sehingga dapat meningkatkan efisiensi serta memperpendek waktu pengolahan limbah cair industri tahu.

Hasil penelitian mendapatkan bahwa nilai *BOD* limbah segar industri tahu (sampel) sebesar 1.813,00 mg/L dan *COD* sebesar 2.570,00 mg/L. Sangat jauh melebihi baku mutu limbah cair industri tahu (*BOD*=150 mg/L; *COD*=300 mg/L) (Regulation of the Minister of the Environment Number 5, 2014: Standard of Wastewater Quality, 2014). Tingginya kandungan pencemar dapat menyebabkan pencemaran badan-badan air (Sudaryanto, 2006). Limbah cair industri tahu mengandung protein, karbohidrat, lemak dan padatan tersuspensi lainnya, yang akan menghasilkan zat toksik apabila tidak diolah dengan baik (Amanda et al., 2019; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sudaryanto, 2006). Sehingga harus diolah sebelum dibuang ke lingkungan (Alimsyah & Damayanti, 2013; Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013; Herlambang, 2002; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sayow et al., 2020).

Hasil penelitian mendapatkan bahwa pada perlakuan tahap I (koagulasi) menggunakan PAC dosis 690,00 mg/L, terjadi penurunan *BOD* dari 1813,00 mg/L menjadi 875,00 mg/L (51,74%), dan *COD* dari 2570,00

mg/L menjadi 878,00mg/L (65,84%). Menggunakan PAC dosis 765 mg/L, BOD turun menjadi 705,00 mg/L (61,11%), dan COD menjadi 824,00 mg/L (67,55%). Hasil ini menunjukkan bahwa proses koagulasi dengan PAC mampu menurunkan BOD dan COD lebih dari 50%. Bahkan, menggunakan dosis 765 mg/L mampu menurunkan hingga di atas 61%.

Teknik koagulasi merupakan teknologi yang paling banyak diterapkan di dunia sebagai langkah vital dalam menghilangkan partikel koloid, bahan organik alami, mikroorganisme, dan ion anorganik yang terdapat dalam air yang tidak diolah (Ahmad & Danish, 2018; Kakoi et al., 2016; Kristianto, 2017; Maurya & Daverey, 2018; Muthuraman & Sasikala, 2014; Sillanpää et al., 2018; Tripathy & De, 2006).

Terdapat empat mekanisme dalam koagulasi, yaitu kompresi lapisan ganda, *bridging polymer*, netralisasi, dan *coagulation sweep*. (Kristianto, 2017). Dari keempat mekanisme tersebut, *bridging* merupakan mekanisme yang paling baik (Kristianto, 2017). Namun dibutuhkan dosis yang tepat. Pada dosis yang lebih tinggi, partikel-partikel koloid *distabilisasi* karena tolakan *sterik* dari polimer yang menutupi partikel, sedangkan pada dosis rendah, tidak ada rantai polimer yang cukup untuk membentuk proses *bridging* (Kristianto, 2017; Tripathy & De, 2006). Pada penelitian ini, dosis 765 mg/L mampu membentuk proses *bridging* dan stabil, sehingga efektif untuk digunakan pada pengolahan limbah cair tahu. Penggunaan koagulan dengan dosis yang tepat akan meningkatkan signifikansi penyisihan turbiditas pada pengolahan limbah tahu, dan dinyatakan efektif jika mampu mengurangi padatan minimal 50%. (Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013).

Pada penelitian ini, koagulan yang digunakan adalah PAC, yaitu polimer sintetis yang lebih mudah terhidrolisis,

memiliki rantai molekul panjang dan muatan listrik yang besar. Keuntungan PAC pada pengolahan limbah cair antara lain mampu membentuk *flock* secara cepat, lumpur yang dihasilkan lebih sedikit, serta menghasilkan residu aluminium yang kecil (Ignasius, 2014). Hasil analisis (Tabel 2) menunjukkan perbedaan nilai *BOD* dan *COD* yang signifikan antara sebelum dan sesudah proses koagulasi ($p\text{-value}=0,001$; $p\text{-value}=0,001$). Menunjukkan pengaruh proses koagulasi terhadap penurunan nilai *BOD* dan *COD*. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyimpulkan bahwa semakin tinggi dosis maka akan semakin besar pula padatan tersuspensi yang dihilangkan (Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013; Murwanto, 2018; Rahmah & Mulasari, 2016).

Pada tahap filtrasi digunakan tiga jenis media yaitu pasir kuarsa, karbon aktif, dan zeolit (Tabel 3). Hasil penelitian mendapatkan penurunan *BOD* tertinggi pada filtrasi dengan media karbon aktif, dari 705,00 mg/L menjadi 374,83 mg/L; atau persentase penurunan sebesar 46.83% dibandingkan hasil tahap I, dan 79,33% dibandingkan *BOD* limbah segar. Demikian pula pada *COD*, penurunan tertinggi juga menggunakan karbon aktif, dari 824,00 mg/L menjadi 736,33 mg/L; atau persentase penurunan sebesar 10,64% dibandingkan hasil tahap I, dan 71,35% dibandingkan *COD* limbah segar. Walaupun hasil uji ANOVA menunjukkan perbedaan nilai *BOD* dan *COD* berdasarkan media (Tabel 3), namun media karbon aktif memberikan efek terbesar terhadap penurunan *BOD* dan *COD*.

Pada filtrasi menggunakan karbon aktif, terjadi proses adsorpsi karena adanya pori dan luas permukaan yang besar. Molekul bahan pencemar akan terserap pada permukaan karbon aktif, sehingga konsentrasinya akan menurun. Adsorpsi yang terjadi karena terdapat medan gaya pada permukaan adsorben yang menarik molekul-molekul adsorbat, sehingga

membentuk lapisan tipis pada permukaan karbon aktif (Nurlina et al., 2015). Proses koagulasi dengan PAC dosis 765 mg/L dan dilanjutkan dengan filtrasi menggunakan karbon aktif mampu menurunkan BOD hingga 374,83 mg/L, dan COD sebesar 736,33 mg/L. Hasil ini setara dengan penurunan 79,33% dan 71,35% dibandingkan kondisi awal (limbah segar). Walaupun hasil akhir belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan, namun telah membuktikan bahwa metode koagulasi dan filtrasi mampu menurunkan BOD dan COD hingga di atas 60%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian mendapatkan bahwa BOD dan COD limbah segar industri tahu sebesar 1.813,00 mg/L dan 2.570,00 mg/L, jauh melebihi baku mutu yang diwajibkan. Proses koagulasi dengan PAC memberikan pengaruh terhadap penurunan BOD dan COD sebesar 61,11%, dan 67,55%. Pada proses filtrasi, media karbon aktif memberikan pengaruh terbesar terhadap penurunan parameter limbah, mencapai 79,33% pada BOD dan 71,35% pada COD. Sehingga nilai BOD akhir sebesar 374,83 mg/L, dan COD sebesar 736,33 mg/L. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai alternatif dalam pengolahan fisika limbah cair industri tahu, sehingga akan meningkatkan kinerja pengolahan biologi pada tahap selanjutnya.

Conflict of Interest

Author menyatakan tidak ada conflict of interest.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, T., & Danish, M. (2018). Prospects of banana waste utilization in wastewater treatment: A review. *Journal of Environmental Management*, 206, 330–348. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.061>
- Alimsyah, A., & Damayanti, A. (2013).

Penggunaan Arang Tempurung Kelapa dan Eceng Gondok untuk Pengolahan Air Limbah Tahu dengan Variasi Konsentrasi. *Jurnal Teknik ITS*, 2(1), D6–D9.

<https://doi.org/10.12962/j23373539.v2i1.3170>

Alvina, A., & Hamdani, D. (2019). Proses Pembuatan Tempe Tradisional. *Jurnal Pangan Halal*, 1(1), 1/4.

<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30997/jiph.v1i1.2004>

Amanda, Y. T., Marufi, I., & Moelyaningrum, A. D. (2019). Pemanfaatan Biji Trembesi (Samanea saman) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan BOD, COD, TSS dan Kekeruhan Pada Pengolahan Limbah Cair Tempe. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 2(3), 92.

<https://doi.org/10.19184/bip.v2i3.16275>

Ayu Ridaniati Bangun, Siti Aminah, Rudi Anas Hutahaeen, & M. Yusuf Ritonga. (2013). Pengaruh Kadar Air, Dosis Dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(1), 7–13.

<https://doi.org/10.32734/jtk.v2i1.1420>

Dawud, M., Namara, I., Chayati, N., & Taqwa, F. M. L. (2016). Analisis Sistem Pengendalian Pencemaran Air Sungai Cisadane Kota Tangerang Berbasis Masyarakat. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2016*, 6(November), 1–8.

<https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/viewFile/702/647>

Herlambang, A. (2002). Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu-Tempe. In *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri* (1st ed., pp. 149–222). Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (BPPT) – Proyek Pembinaan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup BAPEDALDA Kota Samarinda.

Ignasius, D. A. S. (2014). Perbandingan

- Efisiensi Koagulan Poli Aluminium Khlorida Dan Aluminium Sulfat Dalam Menurunkan Turbiditas Air Gambut Dari Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 24(2), 13–21.
- Kakoi, B., Kaluli, J. W., Ndiba, P., & Thiong'o, G. (2016). Banana pith as a natural coagulant for polluted river water. *Ecological Engineering*, 95, 699–705.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.07.001>
- Kristianto, H. (2017). The Potency of Indonesia Native Plants as Natural Coagulant: a Mini Review. *Water Conservation Science and Engineering*, 2(2), 51–60.
<https://doi.org/10.1007/s41101-017-0024-4>
- Maurya, S., & Daverey, A. (2018). Evaluation of plant-based natural coagulants for municipal wastewater treatment. *3 Biotech*, 8(1), 77.
<https://doi.org/10.1007/s13205-018-1103-8>
- Menteri Lingkungan Hidup. *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 / 2014 Tentang Baku Mutu Limbah Cair.*, (2014).
- Murwanto, B. (2018). Efektivitas Jenis Koagulan Poly Aluminium Chloride Menurut Variansi Dosis dan Waktu Pengadukan terhadap Penurunan Parameter Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Kesehatan*, 9(1), 143.
<https://doi.org/10.26630/jk.v9i1.771>
- Muthuraman, G., & Sasikala, S. (2014). Removal of turbidity from drinking water using natural coagulants. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(4), 1727–1731.
<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.08.023>
- Nangin, S. R., Langoy, M. L., & Katili, D. Y. (2015). Makrozoobentos Sebagai Indikator Biologis dalam Menentukan Kualitas Air Sungai Suhuyon Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA*, 4(2), 165.
<https://doi.org/10.35799/jm.4.2.2015.9515>
- Nur Mahdi, N., & Suharno, S. (2019). Analisis Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Impor Kedelai di Indonesia. *Forum Agribisnis*, 9(2), 160–184.
<https://doi.org/10.29244/fagb.9.2.160-184>
- Nurlina, Zahara, T. A., Gusrizal, & Kartika, I. D. (2015). Effective Use Of Alum And Activated Carbon In Tofu Waste Water Treatment. *SEMIRATA 2015 Universitas Tanjungpura, Pontianak*, 690–699.
- Pradana, T. D., Suharno, & Apriansyah. (2018). Pengolahan limbah cair tahu untuk menurunkan kadar tss dan bod. *Jurnal Vokasi Kesehatan*, 4(2), 1–7.
<https://doi.org/https://doi.org/10.30602/jvk.v4i2.9>
- Puspawati, S. W. (2017). Alternatif Pengolahan Limbah Industri Tempe Dengan Kombinasi Metode Filtrasi Dan Fitoremediasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengolaan Limbah*, 15, 129–136. http://repo-nkm.batan.go.id/5739/2/PROSIDING_SW_PUSPITAWATI_SIL_UI_2017.pdf
- Rahmah, R., & Mulasari, S. A. (2016). Pengaruh Metode Koagulasi, Sedimentasi Dan Variasi Filtrasi Terhadap Penurunan Kadar Tss, Cod Dan Warna Pada Limbah Cair Batik. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 2(1), 7.
<https://doi.org/10.26555/chemica.v2i1.4560>
- Rusydi, A. F., Suherman, D., & Sumawijaya, N. (2017). Pengolahan Air Limbah Tekstil Melalui Proses Koagulasi – Flokulasi Dengan Menggunakan Lempung Sebagai Penyumbang Partikel Tersuspensi (Studi Kasus: Banaran, Sukoharjo dan Lawean, Kerto Suro, Jawa Tengah). *Arena Tekstil*, 31(2), 105–114.
<https://doi.org/10.31266/at.v31i2.1671>
- Said, N. I. (2000). Teknologi Pengolahan

- Air Limbah. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(2), 101–113.
- Sayow, F., Tilaar, B. V. J. P. W. A., & Naskah, K. D. (2020). Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu Dan Tempe Rahayu Di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Agri-Sosioekonomi*, 16(2), 245–252.
<https://doi.org/10.35791/agrsosek.16.2.2020.28758>
- Sillanpää, M., Ncibi, M. C., Matilainen, A., & Vepsäläinen, M. (2018). Removal of natural organic matter in drinking water treatment by coagulation: A comprehensive review. *Chemosphere*, 190, 54–71.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.09.113>
- Sudaryanto, T. (2006). *Ekonomi Kedelai di Indonesia*. Bps, 1–27.
- Tripathy, T., & De, B. R. (2006). Flocculation: A new way to treat the waste water. *Journal of Physical Sciences*, 10, 93–127.
- Yogafanny, E. (2015). Pengaruh Aktivitas Warga di Sempadan Sungai terhadap Kualitas Air Sungai Winongo. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 7(1), 29–40.
<https://doi.org/10.20885/jstl.vol7.iss1.art3>

Coagulation and Filtration Methods on Tofu Wastewater Treatment

2. Pemberitahuan hasil review-1 (19 Maret 2021)



Prayudhy Yushananta <prayudhyyushananta@gmail.com>

[jika] Editor Decision

Editorial Office <jurnal.aisyah@gmail.com>

19 Maret 2021 pukul 08.17

Kepada: Prayudhy Yushananta <prayudhyyushananta@gmail.com>

Cc: Bambang Murwanto <bam9murwanto@gmail.com>, Agus Sutopo <agussutopo@poltekkes-tjk.ac.id>

Dear Mr. Prayudhy Yushananta and colleague:

We have reached a decision regarding your submission to Jurnal Aisyah :
Jurnal Ilmu Kesehatan, "COAGULATION AND FILTRATION METHODS ON TOFU
WASTEWATER TREATMENT".

Based on the initial review by the editor, we ask the author to complete the
manuscript as follows:

- Add a title page to the manuscript (see manuscript templates)
- The authors asked to (this is mandatory) provide 2 potential reviewers recommended by the author (see manuscript templates).
- Writing citations and bibliography follow Jurnal Aisyah policies, use a reference manager (Mendeley, Endnote, Zotero, etc)

Read carefully the author guidelines and publication templates to avoid
rejection of manuscripts that do not comply with Jurnal Aisyah's guidelines
and policies.

The revised manuscript can be uploaded to the author's version by logging in
using the account that has been used to make the submission of the
manuscript. Thank you for your cooperation.

Warmest Regards.

Editorial Office
Jurnal Aisyah: Jurnal Ilmu Kesehatan
jurnal.aisyah@gmail.com

Jurnal Aisyah : Jurnal Ilmu Kesehatan
<https://aisyah.journalpress.id/index.php/jika>

Coagulation and Filtration Methods on Tofu Wastewater Treatment

3. Perbaikan hasil review-1 (28 Maret 2021)

- Pemberitahuan pengiriman perbaikan hasil review-1
- Manuskrip hasil perbaikan hasil review-1



Prayudhy Yushananta <prayudhyyushananta@gmail.com>

[jika] Editor Decision

Prayudhy Yushananta <prayudhyyushananta@gmail.com>
Kepada: Editorial Office <jurnal.aisyah@gmail.com>

28 Maret 2021 pukul 10.14

Assalamualaikum Wr. Wb.

Saya telah mengirimkan kembali perbaikan manuskrip (#JIKA-505) dengan judul "COAGULATION AND FILTRATION METHODS ON TOFU WASTEWATER TREATMENT".
Perbaikan telah mengikuti format template jurnal terbaru yang mengharuskan Title Page dan Reviewer suggestion (2 orang).

Kami berharap, perbaikan telah memenuhi standar jurnal, sehingga dapat dilanjutkan pada tahapan berikutnya. Terima kasih.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

[Kutipan teks disembunyikan]

METODE KOAGULASI DAN FILTRASI PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU

COAGULATION AND FILTRATION METHODS ON TOFU WASTEWATER TREATMENT

Bambang Murwanto¹, Agus Sutopo², Prayudhy Yushananta^{3*}

^{1,2,3} Politeknik Kesehatan Kemenkes Tanjungkarang, Jl. Soekarno-Hatta No.6, Bandar Lampung, Lampung, Indonesia 35144

*Corresponding Email: * prayudhyyushananta@gmail.com*

About the Author

- 1 1st Author : Bambang Murwanto
 Affiliation : Politeknik Kesehatan Kemenkes Tanjungkarang
 Mailing address : Jl. Soekarno-Hatta No 5, Bandar Lampung, Lampung - Indonesia 35144
 Email : bam9murwanto@gmail.com
 Orcid ID :
 Google Scholar URL : <https://scholar.google.co.id/citations?hl=id&user=8BRfFe0AAAAJ>
 Phone number : 08127923412

- 2 2nd Author : Agus Sutopo
 Affiliation : Politeknik Kesehatan Kemenkes Tanjungkarang
 Mailing address : Jl. Soekarno-Hatta No 5, Bandar Lampung, Lampung - Indonesia 35144
 Email : agussutopo@poltekkes-tjk.ac.id
 Orcid ID :
 Google Scholar URL :
 Phone number : 08127221456

- 3 3th Author : Prayudhy Yushananta, SKM, MKM
 Affiliation : Politeknik Kesehatan Kemenkes Tanjungkarang
 Mailing address : Jl. Soekarno-Hatta No 5, Bandar Lampung, Lampung - Indonesia 35144
 Email : prayudhyyushananta@gmail.com
 Orcid ID : 0000-0002-8171-0973
 Google Scholar URL : https://scholar.google.co.id/citations?hl=id&user=pYz6_P4AAAAJ
 Phone number : 081279610782

METODE KOAGULASI DAN FILTRASI PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU

COAGULATION AND FILTRATION METHODS ON TOFU WASTEWATER TREATMENT

ABSTRACT

The tofu and tempe industry is a small industry (home industry) that produces wastewater between 100-200 times the allowable limit and is usually discharged directly into water bodies, thus polluting the environment. This study aims to combine the coagulation method (stage 1) using Polyalumunium Chloride (PAC) with filtration (stage 2) on several variations of materials (activated carbon, zeolite, quartz). The SPSS 24.0 was used for data analysis, including the application of the T-test and ANOVA. The study result found that coagulation with PAC 690 mg/L reduced BOD by 51.7% and a dose of 765 mg/L by 61.1%. In the COD parameter, the decreases were 65.84% and 67.55%. In the second stage (filtration), the reduction in BOD was higher in activated carbon (79.33%) compared to zeolite (78.67%) and quartz (75.46%). Activated carbon also had the most COD reduction effect (73.22%). The use of 765 mg / L PAC and activated carbon filtration had the most effect on reducing BOD and COD of tofu industrial wastewater. The results of this research can be used as an alternative in the physical processing of tofu industrial wastewater.

Keywords: Wastewater, tofu-tempe, BOD, COD, coagulation, filtration

ABSTRAK

Industri tahu dan tempe merupakan industri kecil (home industry) yang menghasilkan limbah antara 100-200 kali batas yang diijinkan dan biasanya langsung dibuang ke badan air, sehingga mencemari lingkungan. Penelitian bertujuan menggunakan metode koagulasi (tahap 1) dengan Polyalumunium Chloride (PAC), dan metode filtrasi (tahap 2) dengan tiga variasi bahan (karbon aktif, zeolit, kuarsa). Perangkat SPSS 24.0 digunakan untuk analisis data, termasuk penerapan uji T dan ANOVA. Hasil penelitian mendapatkan, bahwa pada tahap pertama perlakuan (koagulasi dengan PAC 690 mg/L dan 765 mg/L) terjadi penurunan BOD sebesar 51,7%, dan 61,1%. Pada parameter COD, penurunan sebesar 65,84% dan 67,55%. Pada tahap kedua (filtrasi), penurunan BOD lebih tinggi pada karbon aktif (79,33%) dibandingkan dengan zeolit (78,67%) dan kuarsa (75,46%). Sedangkan penurunan COD terbesar juga pada karbon aktif (73,22%). Penggunaan PAC dosis 765 mg/L dan filtrasi karbon aktif memberikan efek terbesar terhadap penurunan BOD dan COD limbah cair industri tahu. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai alternatif dalam pengolahan fisika limbah cair industri tahu.

Kata kunci : Limbah cair, tahu-tempe, BOD, COD, koagulasi, filtrasi

LATAR BELAKANG

Masalah pencemaran air telah menunjukkan gejala cukup serius di negara berkembang, termasuk Indonesia. Sebanyak 75% dari 57 sungai di Indonesia mengalami pencemaran berat, (Dawud et al., 2016) disebabkan oleh limbah rumah tangga (domestik) dan limbah industri yang tidak diolah sebelum

dibuang ke lingkungan (Rusydi et al., 2017). Industri tahu merupakan salah satu sumber pencemar yang cukup penting (Sudaryanto, 2006).

Tahu dan tempe adalah makanan khas Indonesia yang terbuat dari kedelai (Herlambang, 2002). Tahu dan tempe diakui sebagai makanan yang sehat, bergizi

dan murah, sehingga digemari seluruh lapisan masyarakat (Alvina & Hamdani, 2019). Industri tahu terdapat di hampir seluruh provinsi di Indonesia. Saat ini, Indonesia menjadi importir kedelai terbesar di Asia (Nur Mahdi & Suharno, 2019). Sekitar 50% kedelai untuk membuat tempe, 40% untuk tahu, dan sisanya dalam produk lain (Alvina & Hamdani, 2019). Eksportir kedelai terbesar untuk Indonesia adalah Amerika Serikat, dengan nilai mencapai US\$ 4,8 miliar pada tahun 2013 (Puspawati, 2017).

Sebagian besar industri tahu masuk dalam kelompok usaha kecil dan mikro (UMKM). Walaupun memberi kontribusi pada nilai ekonomi masyarakat, namun di sisi lain memberikan dampak negatif bagi lingkungan, berupa pencemaran badan air (Sudaryanto, 2006). Limbah cair industri tahu mengandung padatan tersuspensi dan terlarut terdiri dari *lemak*, *protein* dan *selulosa*, yang akan mengalami perubahan fisik, kimia, dan biologi sehingga menghasilkan zat beracun apabila tidak diolah dengan baik (Amanda et al., 2019; Puspawati, 2017; Sudaryanto, 2006). *Asam amino* merupakan komponen utama yang menyebabkan pencemaran badan-badan air (Sudaryanto, 2006). Penelitian lain menyebutkan, bahwa limbah cair industri tahu mengandung protein (40%-60%), karbohidrat (25%-50%), lemak (10%) dan padatan tersuspensi lainnya, yang akan menghasilkan zat toksik (Pradana et al., 2018).

Hasil-hasil penelitian sebekumnya menunjukkan bahwa kualitas limbah industri tahu sangat jauh di atas baku mutu yang ditetapkan, yaitu TSS=200; BOD=150; COD=300 (Menteri Lingkungan Hidup, 2014). Oleh karena itu, limbah cair industri tahu harus diolah sebelum dibuang ke lingkungan (Alimsyah & Damayanti, 2013; Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013; Herlambang, 2002; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sayow et al., 2020).

Pengolahan air limbah pada dasarnya bertujuan untuk mengurai bahan pencemar yang terdapat dalam air limbah sehingga aman dibuang ke lingkungan. Bahan pencemar dalam air limbah terutama senyawa organik, an-organik, padatan terlarut dan tersuspensi. Baku mutu lingkungan merupakan batas tertinggi kualitas air limbah sehingga aman untuk di buang ke lingkungan. Sedangkan parameter utama baku mutu lingkungan adalah TSS, BOD, dan COD (Regulation of the Minister of the Environment Number 5, 2014: Standard of Wastewater Quality, 2014). Tingginya kandungan bahan pencemar dalam air limbah menyebabkan kadar oksigen menurun, sehingga mengganggu kehidupan di dalamnya (Pradana et al., 2018). Kualitas badan air yang jelek akan berdampak pada penurunan jumlah biota dalam air (Nangin et al., 2015; Yogafanny, 2015).

Banyak metode pengolahan limbah yang telah dikembangkan, antara lain metode lumpur aktif, proses biologis, elektrokoagulasi, filtrasi, koagulasi dan flokulasi. Pada industri dengan karakteristik limbah organik, metode yang paling banyak digunakan adalah proses biologis, yaitu metode yang menggunakan proses penguraian dengan bakteri secara *aerobik* dan *anaerobik*. Salah satu alternatif yang dapat dikembangkan adalah melakukan pengolahan fisika untuk menurunkan sebesar-besarnya kandungan padatan pada limbah, sehingga proses biologi menjadi lebih ringan.

Penelitian bertujuan menganalisis penurunan kandungan beban pencemar limbah industri tahu dan tempe secara fisik melalui dua tahap pengolahan, yaitu metode koagulasi dan filtrasi.

METODE

Penelitian dilakukan dalam dua tahap untuk menganalisis penurunan nilai *Biochemical Oxygen Demand (BOD)* dan *Chemical Oxygen Demand (COD)* pada limbah air tahu. Percobaan dilakukan dengan enam replikasi. Pada tahap pertama, dilakukan proses koagulasi dengan PAC. Limbah segar dikontakkan PAC (dosis 690 mg/L dan 765 mg/L) dengan pengadukan cepat (300 rpm) selama dua menit, dilanjutkan dengan pengadukan lambat (30 rpm) selama 25 menit, dan penenangan selama 30 menit. Penggunaan PAC dosis 690 mg/L dan 765 mg/L mengikuti Murwanto (Murwanto, 2018).

Tahap kedua dilakukan proses filtrasi dengan tiga variasi media, yaitu karbon aktif, zeolit, dan kuarsa. Setiap reaktor diisi media filtrasi berbeda dan diatur pada debit tetap. Hasil filtrasi ditampung untuk pengujian nilai *BOD* dan *COD*. Pengukuran nilai *BOD* dan *COD* dilakukan pada saat limbah segar, setelah proses koagulasi dan setelah filtrasi.

Data dianalisis dengan perangkat statistik SAS (versi 24.0), dan dilakukan secara bertahap. Deskripsi variabel dengan *mean*, minimal-maksimal, dan persentase penurunan nilai *BOD* dan *COD*. Persentase penurunan dihitung dengan formula:

$$\% \text{ penurunan} = \frac{(\text{Nilai sebelum} - \text{Nilai sesudah})}{\text{Nilai sebelum}} \times 100\%$$

Uji T untuk mengetahui pengaruh perlakuan tahap I (koagulasi) terhadap nilai *BOD* dan *COD*. Pada perlakuan tahap II digunakan uji *ANOVA* dan *Bonferroni* untuk mendapatkan pengaruh variasi media filter terhadap nilai *BOD* dan *COD*.

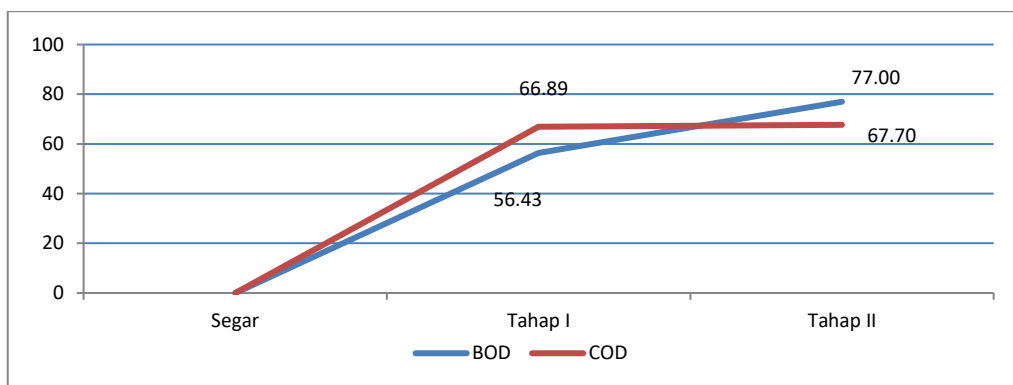
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan nilai *BOD* dan *COD* limbah segar tahu, sesudah perlakuan tahap I dan tahap II. Nilai *BOD* limbah segar sebesar 1813,00 mg/L, setelah proses koagulasi turun menjadi 790,00 mg/L (705,00-875,00), dan setelah perlakuan tahap II menjadi 417,03 (430,00-498,00). Persentase penurunan nilai *BOD* terhadap limbah segar (Gambar 1) pada tahap I sebesar 56,43%, dan meningkat pada tahap II sebesar 77,00%.

Nilai *COD* limbah segar sebesar 2570,00 mg/L, setelah proses koagulasi turun menjadi 851,00 mg/L (824,00-878,00), dan setelah perlakuan tahap II menjadi 830,19 mg/L (674,00-910,00). Persentase penurunan nilai *COD* terhadap limbah segar (Gambar 1) pada tahap I sebesar 66,89% dan sedikit meningkat pada tahap II sebesar 67,70%.

Tabel 1.
Hasil pengukuran BOD dan COD

	<i>BOD</i>			<i>COD</i>		
	Segar	Tahap I	Tahap II	Segar	Tahap I	Tahap II
Mean (mg/L)	1813,00	790,00	417,03	2570,00	851,00	830,19
Minimum (mg/L)	1813,00	705,00	340,00	2570,00	824,00	674,00
Maximum (mg/L)	1813,00	875,00	498,00	2570,00	878,00	910,00
Penurunan (%)	-	56,43	77,00		66,89	67,70



Gambar 1.
Persentase penurunan BOD dan COD berdasarkan tahapan perlakuan

Hasil penelitian mendapatkan bahwa proses koagulasi (Tabel 2) menggunakan PAC dosis 690 mg/L dapat menurunkan nilai BOD dari 1813,00 mg/L menjadi 875,00, atau penurunan sebesar 51,74%. Menggunakan PAC dosis 765 mg/L, dapat menurunkan nilai BOD dari 1813,00 mg/L menjadi 705,00, atau penurunan sebesar 61,11%.

Penurunan nilai COD juga terlihat sesudah proses koagulasi. Perlakuan menggunakan

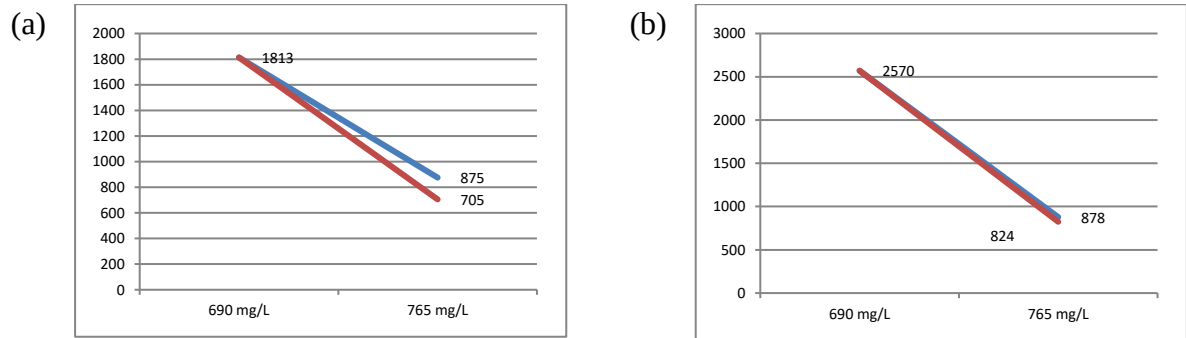
PAC dosis 690 mg/L dapat menurunkan nilai COD dari 2.570,00 mg/L menjadi 878,00 mg/L, atau penurunan sebesar 65,84%. Menggunakan PAC dosis 765 mg/L, dapat menurunkan nilai COD dari 2570,00 mg/L menjadi 824,00 mg/L, atau penurunan sebesar 67,55%. Berdasarkan dosis koagulan yang digunakan, dosis PAC 790 mg/L memberikan pengaruh penurunan nilai BOD yang lebih besar.

Tabel 2.
Nilai BOD dan COD setelah proses koagulasi

	BOD			COD		
	Nilai (mg/L)	Penurunan (%)	p-value	Nilai (mg/L)	Penurunan (%)	p-value
Limbah segar	1813,00	-	0,0001	2570,00	-	0,0001
690 mg/L	875,00	51,74		878,00	65,84	
765 mg/L	705,00	61,11		824,00	67,55	

Dilakukan uji T ($\alpha=0,05$) untuk melihat perbedaan nilai BOD dan COD sebelum dan sesudah proses koagulasi. Hasil analisis menunjukkan perbedaan nilai BOD yang

signifikan antara sebelum dan sesudah proses koagulasi ($p\text{-value}=0,001$). Perbedaan yang nyata juga pada nilai COD ($p\text{-value}=0,001$).



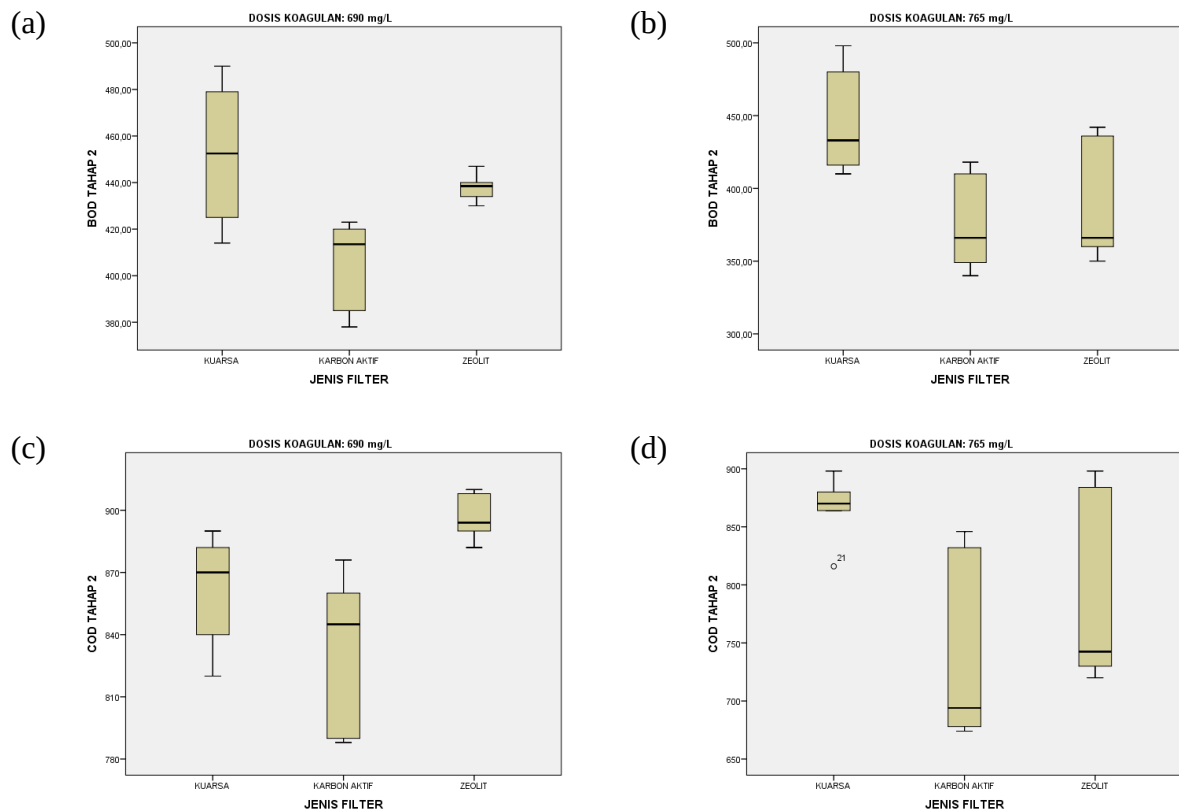
Gambar 2. Nilai BOD (a) dan COD (b), sebelum dan sesudah proses koagulasi

Pada tahap dua, sampel yang telah dikoagulasi dengan PAC dilanjutkan dengan proses filtrasi. Tiga jenis media digunakan, yaitu pasir kuarsa, karbon aktif, dan zeolit (Tabel 3). Pada kelompok sampel dengan koagulasi dosis 690 mg/L, rata-rata BOD tertinggi dihasilkan dengan

filtrasi menggunakan media pasir kuarsa (452,17 mg/L), dan terendah menggunakan media karbon aktif (405,50 mg/L). Pada pengujian nilai COD setelah proses filtrasi, nilai tertinggi menggunakan media pasir kuarsa (896,33 mg/L), dan terendah dengan karbon aktif (834,00 mg/L).

Tabel 3.
Nilai BOD dan COD sesudah proses filtrasi

Dosis PAC	Parameter	Media filter	n	Mean	SD	F	p-value
690 mg/L	BOD	Kuarsa	6	452,17	32,74	7,009	0,007
		Karbon Aktif	6	405,50	19,11		
		Zeolit	6	438,00	5,76		
	COD	Kuarsa	6	862,00	27,42	7,864	0,005
		Karbon Aktif	6	834,00	36,83		
		Zeolit	6	896,33	11,06		
765 mg/L	BOD	Kuarsa	6	445,00	35,79	6,221	0,011
		Karbon Aktif	6	374,83	33,25		
		Zeolit	6	386,67	41,18		
	COD	Kuarsa	6	866,33	27,41	5,589	0,015
		Karbon Aktif	6	736,33	80,10		
		Zeolit	6	786,17	81,78		



Gambar 3. Nilai *BOD* dan *COD* setelah filtrasi dengan variasi media pada dosis *PAC* 690 mg/L (a) (c), dosis 765 mg/L (b) (d).

Kelompok yang pada tahap pertama menggunakan *PAC* dosis 765 mg/L, *BOD* tertinggi didapatkan dari filtrasi dengan pasir kuarsa (445,00 mg/L), dan terendah dengan karbon aktif (374,83 mg/L). Sedangkan pengujian *COD* tertinggi pada penggunaan pasir kuarsa (866,33 mg/L), dan terendah menggunakan karbon aktif (736,33 mg/L). Hasil perlakuan tahap dua menunjukkan bahwa penurunan nilai *BOD* dan *COD* tertinggi pada penggunaan media karbon aktif, yang pada dosis *PAC* 690 mg/L maupun 765 mg/L.

Uji *ANOVA* diterapkan untuk mengetahui perbedaan nilai *BOD* dan *COD* setelah perlakuan berdasarkan variasi media filter, baik pada dosis *PAC* 690 mg/L, maupun

765 mg/L (Tabel 3). Pada kelompok sampel yang menggunakan dosis 690 mg/L, menunjukkan perbedaan nilai *BOD* yang signifikan berdasarkan jenis media yang digunakan ($p=0,007$). Demikian pula pada parameter *COD*, juga menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan jenis media filter yang digunakan ($p=0,005$).

Pada kelompok sampel yang menggunakan dosis 765 mg/L, nilai *BOD* menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan jenis media yang digunakan ($p=0,011$). Demikian pula pada parameter *COD*, juga menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan jenis media filter yang digunakan ($p=0,015$).

Tabel 4.
Hasil Uji Bonferroni ($\alpha=0,05$)

Dosis PAC	Parameter	Filter (p-value)			
			Kuarsa	Karbon aktif	Zeolit
690 mg/L	<i>BOD/COD</i>	Kuarsa	-	0,007*/0,287	0,855/0,137
		Karbon aktif	0,007*/0,287	-	0,068/0,004*
		Zeolit	0,855/0,137	0,068/0,004*	-
765 mg/L	<i>BOD/COD</i>	Kuarsa	-	0,015/0,014	0,046*/0,177
		Karbon aktif	0,015*/0,014*	-	0,015*/0,670
		Zeolit	0,046*/0,177	0,015*/0,670	-

* signifikan ($\alpha < 0,05$)

Uji *Bonferroni* dilakukan untuk mengetahui perbedaan nilai *BOD* dan *COD* antar jenis media filter, pada dosis PAC 690 mg/L dan 765 mg/L (Tabel 4). Pada kelompok dosis PAC 690 mg/L, terlihat perbedaan nilai *BOD* yang signifikan antara karbon aktif dan pasir kuarsa ($p\text{-value}=0,007$). Pada pengukuran nilai *COD*, perbedaan nyata antara karbon aktif dan zeolit ($p\text{-value}=0,004$).

Pada kelompok perlakuan tahap I dengan dosis 690 mg/L, nilai *BOD* terlihat berbeda nyata antara karbon aktif dan pasir kuarsa ($p\text{-value}=0,007$), karbon aktif dan zeolit ($p\text{-value}=0,015$), serta zeolit dan pasir kuarsa ($p\text{-value}=0,046$). Sedangkan pada *COD*, perbedaan signifikan terlihat antara karbon aktif dan pasir kuarsa ($p\text{-value}=0,014$).

Tahu merupakan makanan terbuat dari bahan utama kedelai yang proses pembuatannya sederhana. Prinsip pembuatan tahu adalah mengekstraksi protein, kemudian digumpalkan dengan bantuan CH_3COOH atau $\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (Herlambang, 2002). Limbah cair industri tahu berasal dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu mengandung protein (40%-60%), karbohidrat (25%-50%), lemak (10%) dan padatan tersuspensi lainnya, yang akan menghasilkan zat toksik apabila tidak diolah dengan baik (Amanda et al., 2019; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sudaryanto, 2006).

Pada umumnya, pengolahan limbah tahu dilakukan dengan sistem *biologi anaerobik*

(Herlambang, 2002). Namun pengolahan cara ini menghasilkan gas *methane* (CH_4) menimbulkan bau, dan efisiensi 70-80% sehingga masih mengandung bahan pencemar yang tinggi (Herlambang, 2002; Said, 2000). Pada penelitian ini dilakukan uji coba untuk menurunkan beban pencemar, sehingga dapat meningkatkan efisiensi serta memperpendek waktu pengolahan limbah cair industri tahu.

Hasil penelitian mendapatkan bahwa nilai *BOD* limbah segar industri tahu (sampel) sebesar 1.813,00 mg/L dan *COD* sebesar 2.570,00 mg/L. Sangat jauh melebihi baku mutu limbah cair industri tahu (*BOD*=150 mg/L; *COD*=300 mg/L) (Regulation of the Minister of the Environment Number 5, 2014: Standard of Wastewater Quality, 2014). Tingginya kandungan pencemar dapat menyebabkan pencemaran badan-badan air (Sudaryanto, 2006). Limbah cair industri tahu mengandung protein, karbohidrat, lemak dan padatan tersuspensi lainnya, yang akan menghasilkan zat toksik apabila tidak diolah dengan baik (Amanda et al., 2019; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sudaryanto, 2006). Sehingga harus diolah sebelum dibuang ke lingkungan (Alimsyah & Damayanti, 2013; Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013; Herlambang, 2002; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sayow et al., 2020).

Hasil penelitian mendapatkan bahwa pada perlakuan tahap I (koagulasi) menggunakan PAC dosis 690,00 mg/L, terjadi penurunan *BOD* dari 1813,00 mg/L menjadi 875,00 mg/L (51,74%), dan *COD* dari 2570,00

mg/L menjadi 878,00mg/L (65,84%). Menggunakan PAC dosis 765 mg/L, BOD turun menjadi 705,00 mg/L (61,11%), dan COD menjadi 824,00 mg/L (67,55%). Hasil ini menunjukkan bahwa proses koagulasi dengan PAC mampu menurunkan BOD dan COD lebih dari 50%. Bahkan, menggunakan dosis 765 mg/L mampu menurunkan hingga di atas 61%.

Teknik koagulasi merupakan teknologi yang paling banyak diterapkan di dunia sebagai langkah vital dalam menghilangkan partikel koloid, bahan organik alami, mikroorganisme, dan ion anorganik yang terdapat dalam air yang tidak diolah (Ahmad & Danish, 2018; Kakoi et al., 2016; Kristianto, 2017; Maurya & Daverey, 2018; Muthuraman & Sasikala, 2014; Sillanpää et al., 2018; Tripathy & De, 2006).

Terdapat empat mekanisme dalam koagulasi, yaitu kompresi lapisan ganda, *bridging polymer*, netralisasi, dan *coagulation sweep*. (Kristianto, 2017). Dari keempat mekanisme tersebut, *bridging* merupakan mekanisme yang paling baik (Kristianto, 2017). Namun dibutuhkan dosis yang tepat. Pada dosis yang lebih tinggi, partikel-partikel koloid *distabilisasi* karena tolakan *sterik* dari polimer yang menutupi partikel, sedangkan pada dosis rendah, tidak ada rantai polimer yang cukup untuk membentuk proses *bridging* (Kristianto, 2017; Tripathy & De, 2006). Pada penelitian ini, dosis 765 mg/L mampu membentuk proses *bridging* dan stabil, sehingga efektif untuk digunakan pada pengolahan limbah cair tahu. Penggunaan koagulan dengan dosis yang tepat akan meningkatkan signifikansi penyisihan turbiditas pada pengolahan limbah tahu, dan dinyatakan efektif jika mampu mengurangi padatan minimal 50%. (Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013).

Pada penelitian ini, koagulan yang digunakan adalah PAC, yaitu polimer sintetis yang lebih mudah terhidrolisis,

memiliki rantai molekul panjang dan muatan listrik yang besar. Keuntungan PAC pada pengolahan limbah cair antara lain mampu membentuk *flock* secara cepat, lumpur yang dihasilkan lebih sedikit, serta menghasilkan residu aluminium yang kecil (Ignasius, 2014). Hasil analisis (Tabel 2) menunjukkan perbedaan nilai *BOD* dan *COD* yang signifikan antara sebelum dan sesudah proses koagulasi ($p\text{-value}=0,001$; $p\text{-value}=0,001$). Menunjukkan pengaruh proses koagulasi terhadap penurunan nilai *BOD* dan *COD*. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyimpulkan bahwa semakin tinggi dosis maka akan semakin besar pula padatan tersuspensi yang dihilangkan (Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013; Murwanto, 2018; Rahmah & Mulasari, 2016).

Pada tahap filtrasi digunakan tiga jenis media yaitu pasir kuarsa, karbon aktif, dan zeolit (Tabel 3). Hasil penelitian mendapatkan penurunan *BOD* tertinggi pada filtrasi dengan media karbon aktif, dari 705,00 mg/L menjadi 374,83 mg/L; atau persentase penurunan sebesar 46.83% dibandingkan hasil tahap I, dan 79,33% dibandingkan *BOD* limbah segar. Demikian pula pada *COD*, penurunan tertinggi juga menggunakan karbon aktif, dari 824,00 mg/L menjadi 736,33 mg/L; atau persentase penurunan sebesar 10,64% dibandingkan hasil tahap I, dan 71,35% dibandingkan *COD* limbah segar. Walaupun hasil uji ANOVA menunjukkan perbedaan nilai *BOD* dan *COD* berdasarkan media (Tabel 3), namun media karbon aktif memberikan efek terbesar terhadap penurunan *BOD* dan *COD*.

Pada filtrasi menggunakan karbon aktif, terjadi proses adsorpsi karena adanya pori dan luas permukaan yang besar. Molekul bahan pencemar akan terserap pada permukaan karbon aktif, sehingga konsentrasinya akan menurun. Adsorpsi yang terjadi karena terdapat medan gaya pada permukaan adsorben yang menarik molekul-molekul adsorbat, sehingga

membentuk lapisan tipis pada permukaan karbon aktif (Nurlina et al., 2015). Proses koagulasi dengan PAC dosis 765 mg/L dan dilanjutkan dengan filtrasi menggunakan karbon aktif mampu menurunkan BOD hingga 374,83 mg/L, dan COD sebesar 736,33 mg/L. Hasil ini setara dengan penurunan 79,33% dan 71,35% dibandingkan kondisi awal (limbah segar). Walaupun hasil akhir belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan, namun telah membuktikan bahwa metode koagulasi dan filtrasi mampu menurunkan BOD dan COD hingga di atas 60%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian mendapatkan bahwa BOD dan COD limbah segar industri tahu sebesar 1.813,00 mg/L dan 2.570,00 mg/L, jauh melebihi baku mutu yang diwajibkan. Proses koagulasi dengan PAC memberikan pengaruh terhadap penurunan BOD dan COD sebesar 61,11%, dan 67,55%. Pada proses filtrasi, media karbon aktif memberikan pengaruh terbesar terhadap penurunan parameter limbah, mencapai 79,33% pada BOD dan 71,35% pada COD. Sehingga nilai BOD akhir sebesar 374,83 mg/L, dan COD sebesar 736,33 mg/L. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai alternatif dalam pengolahan fisika limbah cair industri tahu, sehingga akan meningkatkan kinerja pengolahan biologi pada tahap selanjutnya.

Conflict of Interest

Author menyatakan tidak ada conflict of interest.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, T., & Danish, M. (2018). Prospects of banana waste utilization in wastewater treatment: A review. *Journal of Environmental Management*, 206, 330–348. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.061>
- Alimsyah, A., & Damayanti, A. (2013).

Penggunaan Arang Tempurung Kelapa dan Eceng Gondok untuk Pengolahan Air Limbah Tahu dengan Variasi Konsentrasi. *Jurnal Teknik ITS*, 2(1), D6–D9.

<https://doi.org/10.12962/j23373539.v2i1.3170>

- Alvina, A., & Hamdani, D. (2019). Proses Pembuatan Tempe Tradisional. *Jurnal Pangan Halal*, 1(1), 1/4.

<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30997/jiph.v1i1.2004>

- Amanda, Y. T., Marufi, I., & Moelyaningrum, A. D. (2019). Pemanfaatan Biji Trembesi (Samanea saman) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan BOD, COD, TSS dan Kekeruhan Pada Pengolahan Limbah Cair Tempe. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 2(3), 92.

<https://doi.org/10.19184/bip.v2i3.16275>

- Ayu Ridaniati Bangun, Siti Aminah, Rudi Anas Hutahaeen, & M. Yusuf Ritonga. (2013). Pengaruh Kadar Air, Dosis Dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(1), 7–13.

<https://doi.org/10.32734/jtk.v2i1.1420>

- Dawud, M., Namara, I., Chayati, N., & Taqwa, F. M. L. (2016). Analisis Sistem Pengendalian Pencemaran Air Sungai Cisadane Kota Tangerang Berbasis Masyarakat. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2016*, 6(November), 1–8.

<https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/viewFile/702/647>

- Herlambang, A. (2002). Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu-Tempe. In *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri* (1st ed., pp. 149–222). Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (BPPT) – Proyek Pembinaan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup BAPEDALDA Kota Samarinda.

- Ignasius, D. A. S. (2014). Perbandingan

- Efisiensi Koagulan Poli Aluminium Khlorida Dan Aluminium Sulfat Dalam Menurunkan Turbiditas Air Gambut Dari Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 24(2), 13–21.
- Kakoi, B., Kaluli, J. W., Ndiba, P., & Thiong'o, G. (2016). Banana pith as a natural coagulant for polluted river water. *Ecological Engineering*, 95, 699–705.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.07.001>
- Kristianto, H. (2017). The Potency of Indonesia Native Plants as Natural Coagulant: a Mini Review. *Water Conservation Science and Engineering*, 2(2), 51–60.
<https://doi.org/10.1007/s41101-017-0024-4>
- Maurya, S., & Daverey, A. (2018). Evaluation of plant-based natural coagulants for municipal wastewater treatment. *3 Biotech*, 8(1), 77.
<https://doi.org/10.1007/s13205-018-1103-8>
- Menteri Lingkungan Hidup. *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 / 2014 Tentang Baku Mutu Limbah Cair.*, (2014).
- Murwanto, B. (2018). Efektivitas Jenis Koagulan Poly Aluminium Chloride Menurut Variansi Dosis dan Waktu Pengadukan terhadap Penurunan Parameter Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Kesehatan*, 9(1), 143.
<https://doi.org/10.26630/jk.v9i1.771>
- Muthuraman, G., & Sasikala, S. (2014). Removal of turbidity from drinking water using natural coagulants. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(4), 1727–1731.
<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.08.023>
- Nangin, S. R., Langoy, M. L., & Katili, D. Y. (2015). Makrozoobentos Sebagai Indikator Biologis dalam Menentukan Kualitas Air Sungai Suhuyon Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA*, 4(2), 165.
<https://doi.org/10.35799/jm.4.2.2015.9515>
- Nur Mahdi, N., & Suharno, S. (2019). Analisis Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Impor Kedelai di Indonesia. *Forum Agribisnis*, 9(2), 160–184.
<https://doi.org/10.29244/fagb.9.2.160-184>
- Nurlina, Zahara, T. A., Gusrizal, & Kartika, I. D. (2015). Effective Use Of Alum And Activated Carbon In Tofu Waste Water Treatment. *SEMIRATA 2015 Universitas Tanjungpura, Pontianak*, 690–699.
- Pradana, T. D., Suharno, & Apriansyah. (2018). Pengolahan limbah cair tahu untuk menurunkan kadar tss dan bod. *Jurnal Vokasi Kesehatan*, 4(2), 1–7.
<https://doi.org/https://doi.org/10.30602/jvk.v4i2.9>
- Puspawati, S. W. (2017). Alternatif Pengolahan Limbah Industri Tempe Dengan Kombinasi Metode Filtrasi Dan Fitoremediasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengolaan Limbah*, 15, 129–136. http://repo-nkm.batan.go.id/5739/2/PROSIDING_SW_PUSPITAWATI_SIL_UI_2017.pdf
- Rahmah, R., & Mulasari, S. A. (2016). Pengaruh Metode Koagulasi, Sedimentasi Dan Variasi Filtrasi Terhadap Penurunan Kadar Tss, Cod Dan Warna Pada Limbah Cair Batik. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 2(1), 7.
<https://doi.org/10.26555/chemica.v2i1.4560>
- Rusydi, A. F., Suherman, D., & Sumawijaya, N. (2017). Pengolahan Air Limbah Tekstil Melalui Proses Koagulasi – Flokulasi Dengan Menggunakan Lempung Sebagai Penyumbang Partikel Tersuspensi (Studi Kasus: Banaran, Sukoharjo dan Lawean, Kerto Suro, Jawa Tengah). *Arena Tekstil*, 31(2), 105–114.
<https://doi.org/10.31266/at.v31i2.1671>
- Said, N. I. (2000). Teknologi Pengolahan

- Air Limbah. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(2), 101–113.
- Sayow, F., Tilaar, B. V. J. P. W. A., & Naskah, K. D. (2020). Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu Dan Tempe Rahayu Di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Agri-Sosioekonomi*, 16(2), 245–252.
<https://doi.org/10.35791/agrsosek.16.2.2020.28758>
- Sillanpää, M., Ncibi, M. C., Matilainen, A., & Vepsäläinen, M. (2018). Removal of natural organic matter in drinking water treatment by coagulation: A comprehensive review. *Chemosphere*, 190, 54–71.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.09.113>
- Sudaryanto, T. (2006). *Ekonomi Kedelai di Indonesia*. Bps, 1–27.
- Tripathy, T., & De, B. R. (2006). Flocculation: A new way to treat the waste water. *Journal of Physical Sciences*, 10, 93–127.
- Yogafanny, E. (2015). Pengaruh Aktivitas Warga di Sempadan Sungai terhadap Kualitas Air Sungai Winongo. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 7(1), 29–40.
<https://doi.org/10.20885/jstl.vol7.iss1.art3>

SARAN REVIEWER

Given/First Name *) :	Heru
Middle Name :	Subaris
Family/Last Name *) :	Kasjono
Degree :	Doktoral (S-3) Kesehatan Lingkungan
Position :	Dosen/Peneliti
Institution :	Politeknik Kesehatan Kemenkes Yogyakarta
Department :	Kesehatan Lingkungan
E-mail *) :	heru.subarisk@poltekkesjogja.ac.id
Reason :	Susbstansi artikel adalah kesehatan lingkungan. Dr. Heru Subaris merupakan salah satu dosen senior pada Politeknik Kesehatan Yogyakarta, dengan bidang keahlian kesehatan lingkungan dan rekayasa lingkungan. Selain sebagai dosen dan peneliti, beliau juga aktif sebagai penulis. Lebih dari sepuluh judul telah dihasilkan, terutama bidang kesehatan masyarakat dan kesehatan lingkungan.
Given/First Name *) :	Agus
Middle Name :	
Family/Last Name *) :	Purnomo
Degree :	Doktoral (S-3) Ilmu Lingkungan
Position :	Dosen/Peneliti
Institution :	Politeknik Kesehatan Kemenkes Tanjungkarang
Department :	Teknologi Laboratorium Medik
E-mail *) :	raulpurnomo@yahoo.co.id
Reason :	Dr. Agus Purnomo adalah salah satu dosen senior pada Politeknik Kesehatan Tanjungkarang dengan latar belakang keahlian kimia lingkungan dan rekayasa lingkungan. Selain aktif dalam banyak penelitian, beliau juga aktif sebagai konsultan profesional lingkungan.

Coagulation and Filtration Methods on Tofu Wastewater Treatment

4. Pemberitahuan hasil review-2 (15 April 2021)

- Pemberitahuan hasil review-2 (Revision required)
- Lampiran hasil review-2



Prayudhy Yushananta <prayudhyyushananta@gmail.com>

[jika] Editor Decision

Editorial Office <jurnal.aisyah@gmail.com>

15 April 2021 pukul 13.19

Kepada: Prayudhy Yushananta <prayudhyyushananta@gmail.com>

Cc: Bambang Murwanto <bam9murwanto@gmail.com>, Agus Sutopo <agussutopo@poltekkes-tjk.ac.id>

Dear Mr. Prayudhy Yushananta and colleague:

We have reached a decision regarding your submission to Jurnal Aisyah :
Jurnal Ilmu Kesehatan, "COAGULATION AND FILTRATION METHODS ON TOFU
WASTEWATER TREATMENT".

Our decision is: Revisions Required

Komentar dan masukan dapat dilihat pada file yang dapat didownload pada bagian Editor
Version.

Terimakasih, Salam.

Editorial Office

Jurnal Aisyah: Jurnal Ilmu Kesehatan

jurnal.aisyah@gmail.com

Jurnal Aisyah : Jurnal Ilmu Kesehatan

<https://aisyah.journalpress.id/index.php/jika>

METODE KOAGULASI DAN FILTRASI PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU

COAGULATION AND FILTRATION METHODS ON TOFU WASTEWATER TREATMENT

ABSTRACT

The tofu and tempe industry is a small industry (home industry) that produces wastewater between 100-200 times the allowable limit and is usually discharged directly into water bodies, thus polluting the environment. This study aims to combine the coagulation method (stage 1) using Polyalumunium Chloride (PAC) with filtration (stage 2) on several variations of materials (activated carbon, zeolite, quartz). The SPSS 24.0 was used for data analysis, including the application of the T-test and ANOVA. The study result found that coagulation with PAC 690 mg/L reduced BOD by 51.7% and a dose of 765 mg/L by 61.1%. In the COD parameter, the decreases were 65.84% and 67.55%. In the second stage (filtration), the reduction in BOD was higher in activated carbon (79.33%) compared to zeolite (78.67%) and quartz (75.46%). Activated carbon also had the most COD reduction effect (73.22%). The use of 765 mg / L PAC and activated carbon filtration had the most effect on reducing BOD and COD of tofu industrial wastewater. The results of this research can be used as an alternative in the physical processing of tofu industrial wastewater.

Keywords: Wastewater, tofu-tempe, BOD, COD, coagulation, filtration

ABSTRAK

Industri tahu dan tempe merupakan industri kecil (home industry) yang menghasilkan limbah antara 100-200 kali batas yang diijinkan dan biasanya langsung dibuang ke badan air, sehingga mencemari lingkungan. Penelitian bertujuan menggunakan metode koagulasi (tahap 1) dengan Polyalumunium Chloride (PAC), dan metode filtrasi (tahap 2) dengan tiga variasi bahan (karbon aktif, zeolit, kuarsa). Perangkat SPSS 24.0 digunakan untuk analisis data, termasuk penerapan uji T dan ANOVA. Hasil penelitian mendapatkan, bahwa pada tahap pertama perlakuan (koagulasi dengan PAC 690 mg/L dan 765 mg/L) terjadi penurunan BOD sebesar 51,7%, dan 61,1%. Pada parameter COD, penurunan sebesar 65,84% dan 67,55%. Pada tahap kedua (filtrasi), penurunan BOD lebih tinggi pada karbon aktif (79,33%) dibandingkan dengan zeolit (78,67%) dan kuarsa (75,46%). Sedangkan penurunan COD terbesar juga pada karbon aktif (73,22%). Penggunaan PAC dosis 765 mg/L dan filtrasi karbon aktif memberikan efek terbesar terhadap penurunan BOD dan COD limbah cair industri tahu. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai alternatif dalam pengolahan fisika limbah cair industri tahu..

Kata kunci : Limbah cair, tahu-tempe, BOD, COD, koagulasi, filtrasi

LATAR BELAKANG

Masalah pencemaran air telah menunjukkan gejala cukup serius di negara berkembang, termasuk Indonesia. Sebanyak 75% dari 57 sungai di Indonesia mengalami pencemaran berat, (Dawud, Namara, Chayati, & Taqwa, 2016) disebabkan oleh limbah rumah tangga (domestik) dan limbah industri yang

tidak diolah sebelum dibuang ke lingkungan (Rusydi, Suherman, & Sumawijaya, 2017). Industri tahu merupakan salah satu sumber pencemar yang cukup penting (Sudaryanto, 2006).

Tahu dan tempe adalah makanan khas Indonesia yang terbuat dari kedelai (Herlambang, 2002). Tahu dan tempe

Commented [A1]: Berikan bahasa latinnya

diakui sebagai makanan yang sehat, bergizi dan murah, sehingga digemari seluruh lapisan masyarakat (Alvina & Hamdani, 2019). Industri tahu terdapat di hampir seluruh provinsi di Indonesia. Saat ini, Indonesia menjadi importir kedelai terbesar di Asia (Nur Mahdi & Suharno, 2019). Sekitar 50% kedelai untuk membuat tempe, 40% untuk tahu, dan sisanya dalam produk lain (Alvina & Hamdani, 2019). Eksportir kedelai terbesar untuk Indonesia adalah Amerika Serikat, dengan nilai mencapai US\$ 4,8 miliar pada tahun 2013 (Puspawati, 2017).

Sebagian besar industri tahu masuk dalam kelompok usaha kecil dan mikro (UMKM). Walaupun memberi kontribusi pada nilai ekonomi masyarakat, namun di sisi lain memberikan dampak negatif bagi lingkungan, berupa pencemaran badan air (Sudaryanto, 2006). Limbah cair industri tahu mengandung padatan tersuspensi dan terlarut terdiri dari lemak, protein dan selulosa, yang akan mengalami perubahan fisik, kimia, dan biologi sehingga menghasilkan zat beracun apabila tidak diolah dengan baik (Amanda et al., 2019; Puspawati, 2017; Sudaryanto, 2006). Asam amino merupakan komponen utama yang menyebabkan pencemaran badan-badan air (Sudaryanto, 2006). Penelitian lain menyebutkan, bahwa limbah cair industri tahu mengandung protein (40%-60%), karbohidrat (25%-50%), lemak (10%) dan padatan tersuspensi lainnya, yang akan menghasilkan zat toksik (Pradana, Suharno, & Apriansyah, 2018).

Hasil-hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kualitas limbah industri tahu sangat jauh di atas baku mutu yang ditetapkan, yaitu TSS=200; BOD=150; COD=300 (Menteri Lingkungan Hidup, 2014). Oleh karena itu, limbah cair industri tahu harus diolah sebelum dibuang ke lingkungan (Alimsyah & Damayanti, 2013; Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013; Herlambang, 2002; Pradana et al., 2018;

Puspawati, 2017; Sayow, Tilaar, & Naskah, 2020).

Pengolahan air limbah pada dasarnya bertujuan untuk mengurai bahan pencemar yang terdapat dalam air limbah sehingga aman dibuang ke lingkungan. Bahan pencemar dalam air limbah terutama senyawa organik, an-organik, padatan terlarut dan tersuspensi. Baku mutu lingkungan merupakan batas tertinggi kualitas air limbah sehingga aman untuk di buang ke lingkungan. Sedangkan parameter utama baku mutu lingkungan adalah TSS, BOD, dan COD (Menteri Lingkungan Hidup, 2014). Tingginya kandungan bahan pencemar dalam air limbah menyebabkan kadar oksigen menurun, sehingga mengganggu kehidupan di dalamnya (Pradana et al., 2018). Kualitas badan air yang jelek akan berdampak pada penurunan jumlah biota dalam air (Nangin, Langoy, & Katili, 2015; Yogafanny, 2015).

Banyak metode pengolahan limbah yang telah dikembangkan, antara lain metode lumpur aktif, proses biologis, elektrokoagulasi, filtrasi, koagulasi dan flokulasi. Pada industri dengan karakteristik limbah organik, metode yang paling banyak digunakan adalah proses biologis, yaitu metode yang menggunakan proses penguraian dengan bakteri secara aerobik dan anaerobik. Salah satu alternatif yang dapat dikembangkan adalah melakukan pengolahan fisika untuk menurunkan sebesar-besarnya kandungan padatan pada limbah, sehingga proses biologi menjadi lebih ringan.

Penelitian bertujuan menganalisis penurunan kandungan beban pencemar limbah industri tahu dan tempe secara fisik melalui dua tahap pengolahan, yaitu metode koagulasi dan filtrasi.

Commented [A2]: Beri penjelasan hubungan usaha mikro dengan dampak negatif terhadap lingkungan.

Commented [A4]: Beri penjelasan proses aerobik dan anaerobik pada industri tahu, serta apa kekurangannya sehingga perlu dilakukan penelitian.

Commented [A3]: Author seharusnya memasukkan hasil review penelitian-penelitian sebelumnya.

Commented [A5]: Belum ada penjelasan tentang metode koagulasi dan aerasi, sehingga pembaca dapat memahami isi paper.

METODE

Penelitian dilakukan dalam dua tahap untuk menganalisis penurunan nilai *Biochemical Oxygen Demand (BOD)* dan *Chemical Oxygen Demand (COD)* pada limbah cair tahu. Percobaan dilakukan dengan enam replikasi. Pada tahap pertama, dilakukan proses koagulasi dengan PAC. Limbah segar dikontakkan PAC (dosis 690 mg/L dan 765 mg/L) dengan pengadukan cepat (300 rpm) selama dua menit, dilanjutkan dengan pengadukan lambat (30 rpm) selama 25 menit, dan penenangan selama 30 menit., Penggunaan PAC dosis 690 mg/L dan 765 mg/L mengikuti Murwanto (Murwanto, 2018).

Tahap kedua dilakukan proses filtrasi dengan tiga variasi media, yaitu karbon aktif, zeolit, dan kuarsa. Setiap reaktor diisi media filtrasi berbeda dan diatur pada debit tetap. Hasil filtrasi ditampung untuk pengujian nilai *BOD* dan *COD*. Pengukuran nilai *BOD* dan *COD* dilakukan pada saat limbah segar, setelah proses koagulasi dan setelah filtrasi.

Data dianalisis dengan perangkat statistik SAS (versi 24.0), dan dilakukan secara bertahap. Deskripsi variabel dengan *mean*, minimal-maksimal, dan persentase penurunan nilai *BOD* dan *COD*. Persentase penurunan dihitung dengan formula:

Tabel 1.
Hasil pengukuran BOD dan COD

	BOD			COD		
	Segar	Tahap I	Tahap II	Segar	Tahap I	Tahap II
Mean (mg/L)	1813,00	790,00	417,03	2570,00	851,00	830,19
Minimum (mg/L)	1813,00	705,00	340,00	2570,00	824,00	674,00
Maximum (mg/L)	1813,00	875,00	498,00	2570,00	878,00	910,00
Penurunan (%)	-	56,43	77,00		66,89	67,70

$$\% \text{ penurunan} = \frac{(\text{Nilai sebelum} - \text{Nilai sesudah})}{\text{Nilai sebelum}} \times 100\%$$

Uji T untuk mengetahui pengaruh perlakuan tahap I (koagulasi) terhadap nilai *BOD* dan *COD*. Pada perlakuan tahap II digunakan uji ANOVA dan *Bonferroni* untuk mendapatkan pengaruh variasi media filter terhadap nilai *BOD* dan *COD*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

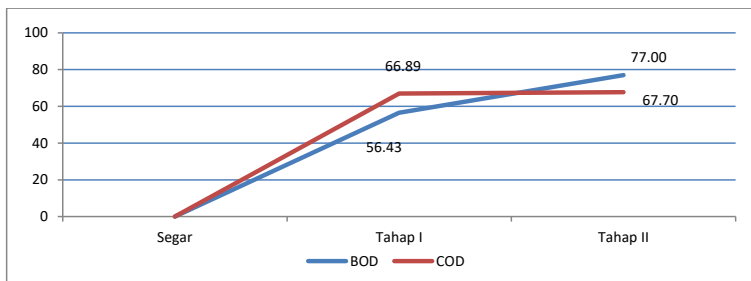
Tabel 1 menunjukkan nilai *BOD* dan *COD* limbah segar tahu, sesudah perlakuan tahap I dan tahap II. Nilai *BOD* limbah segar sebesar 1813,00 mg/L, setelah proses koagulasi turun menjadi 790,00 mg/L (705,00-875,00), dan setelah perlakuan tahap II menjadi 417,03 (340,00-498,00). Persentase penurunan nilai *BOD* terhadap limbah segar (Gambar 1) pada tahap I sebesar 56,43%, dan meningkat pada tahap II sebesar 77,00%.

Nilai *COD* limbah segar sebesar 2570,00 mg/L, setelah proses koagulasi turun menjadi 851,00 mg/L (824,00-878,00), dan setelah perlakuan tahap II menjadi 830,19 mg/L (674,00-910,00). Persentase penurunan nilai *COD* terhadap limbah segar (Gambar 1) pada tahap I sebesar 66,89% dan sedikit meningkat pada tahap II sebesar 67,70%.

Commented [A6]: 1. Jelaskan sampel limbah yang digunakan dalam penelitian.
2. Alat dan bahan apa saja yang digunakan selama penelitian?
3. Apakah perlakuan hanya dilakukan 1 kali? Author harus menjelaskannya.
4. Terdapat 2 parameter yang dinilai, BOD dan COD. Jelaskan metodenya, dan bagaimana pengambilan sampel dilakukan untuk pengukurannya.
5. Pada tahap 2 (filtrasi), apakah filter digunakan secara terus-menerus? Belum ada penjelasan.

Commented [A7]: Apakah filter digunakan secara terus menerus selama penelitian? Atau dilakukan pergantian pada setiap percobaan?

Commented [A8]: Ada beberapa metode pengukuran BOD dan COD. Metode apa yang digunakan dalam penelitian ini? Pada tahap mana sampel diambil untuk diukur kualitasnya?



Gambar 1.
Persentase penurunan BOD dan COD berdasarkan tahapan perlakuan

Hasil penelitian mendapatkan bahwa proses koagulasi (Tabel 2) menggunakan PAC dosis 690 mg/L dapat menurunkan nilai BOD dari 1813,00 mg/L menjadi 875,00, atau penurunan sebesar 51,74%. Menggunakan PAC dosis 765 mg/L, dapat menurunkan nilai BOD dari 1813,00 mg/L menjadi 705,00, atau penurunan sebesar 61,11%.

Penurunan nilai COD juga terlihat sesudah proses koagulasi. Perlakuan menggunakan

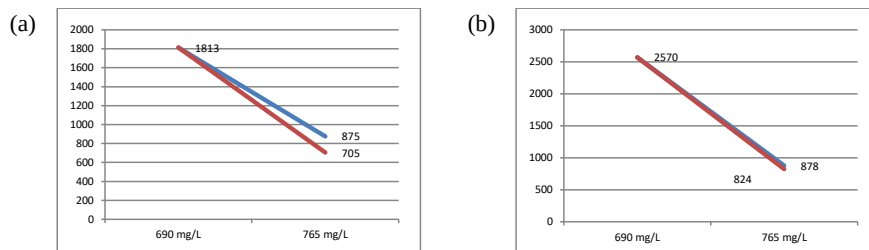
PAC dosis 690 mg/L dapat menurunkan nilai COD dari 2.570,00 mg/L menjadi 878,00 mg/L, atau penurunan sebesar 65,84%. Menggunakan PAC dosis 765 mg/L, dapat menurunkan nilai COD dari 2570,00 mg/L menjadi 824,00 mg/L, atau penurunan sebesar 67,55%. Berdasarkan dosis koagulan yang digunakan, dosis PAC 790 mg/L memberikan pengaruh penurunan nilai BOD yang lebih besar.

Tabel 2.
Nilai BOD dan COD setelah proses koagulasi

	BOD			COD		
	Nilai (mg/L)	Penurunan (%)	p-value	Nilai (mg/L)	Penurunan (%)	p-value
Limbah segar	1813,00	-		2570,00	-	
690 mg/L	875,00	51,74	0,0001	878,00	65,84	0,0001
765 mg/L	705,00	61,11		824,00	67,55	

Dilakukan uji T ($\alpha=0,05$) untuk melihat perbedaan nilai BOD dan COD sebelum dan sesudah proses koagulasi. Hasil analisis menunjukkan perbedaan nilai BOD yang

signifikan antara sebelum dan sesudah proses koagulasi ($p\text{-value}=0,001$). Perbedaan yang nyata juga pada nilai COD ($p\text{-value}=0,001$).



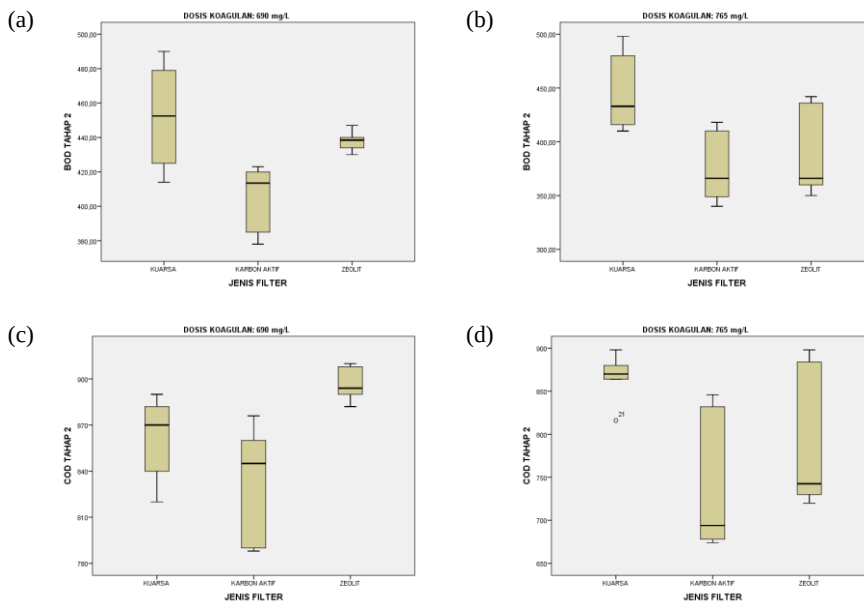
Gambar 2. Nilai BOD (a) dan COD (b), sebelum dan sesudah proses koagulasi

Pada tahap dua, sampel yang telah dikoagulasi dengan PAC dilanjutkan dengan proses filtrasi. Tiga jenis media digunakan, yaitu pasir kuarsa, karbon aktif, dan zeolit (Tabel 3). Pada kelompok sampel dengan koagulasi dosis 690 mg/L, rata-rata *BOD* tertinggi dihasilkan dengan

filtrasi menggunakan media pasir kuarsa (452,17 mg/L), dan terendah menggunakan media karbon aktif (405,50 mg/L). Pada pengujian nilai *COD* setelah proses filtrasi, nilai tertinggi menggunakan media pasir kuarsa (896,33 mg/L), dan terendah dengan karbon aktif (834,00 mg/L).

Tabel 3.
Nilai *BOD* dan *COD* sesudah proses filtrasi

Dosis PAC	Parameter	Media filter	n	Mean	SD	F	p-value
690 mg/L	<i>BOD</i>	Kuarsa	6	452,17	32,74	7,009	0,007
		Karbon Aktif	6	405,50	19,11		
		Zeolit	6	438,00	5,76		
	<i>COD</i>	Kuarsa	6	862,00	27,42	7,864	0,005
		Karbon Aktif	6	834,00	36,83		
		Zeolit	6	896,33	11,06		
765 mg/L	<i>BOD</i>	Kuarsa	6	445,00	35,79	6,221	0,011
		Karbon Aktif	6	374,83	33,25		
		Zeolit	6	386,67	41,18		
	<i>COD</i>	Kuarsa	6	866,33	27,41	5,589	0,015
		Karbon Aktif	6	736,33	80,10		
		Zeolit	6	786,17	81,78		



Gambar 3. Nilai *BOD* dan *COD* setelah filtrasi dengan variasi media pada dosis *PAC* 690 mg/L (a) (c), dosis 765 mg/L (b) (d).

Kelompok yang pada tahap pertama menggunakan *PAC* dosis 765 mg/L, *BOD* tertinggi didapatkan dari filtrasi dengan pasir kuarsa (445,00 mg/L), dan terendah dengan karbon aktif (374,83 mg/L). Sedangkan pengujian *COD* tertinggi pada penggunaan pasir kuarsa (866,33 mg/L), dan terendah menggunakan karbon aktif (736,33 mg/L). Hasil perlakuan tahap dua menunjukkan bahwa penurunan nilai *BOD* dan *COD* tertinggi pada penggunaan media karbon aktif, yang pada dosis *PAC* 690 mg/L maupun 765 mg/L.

Uji ANOVA diterapkan untuk mengetahui perbedaan nilai *BOD* dan *COD* setelah perlakuan berdasarkan variasi media filter, baik pada dosis *PAC* 690 mg/L, maupun

765 mg/L (Tabel 3). Pada kelompok sampel yang menggunakan dosis 690 mg/L, menunjukkan perbedaan nilai *BOD* yang signifikan berdasarkan jenis media yang digunakan ($p=0,007$). Demikian pula pada parameter *COD*, juga menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan jenis media filter yang digunakan ($p=0,005$).

Pada kelompok sampel yang menggunakan dosis 765 mg/L, nilai *BOD* menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan jenis media yang digunakan ($p=0,011$). Demikian pula pada parameter *COD*, juga menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan jenis media filter yang digunakan ($p=0,015$).

Tabel 4.
Hasil Uji Bonferroni ($\alpha=0,05$)

Dosis PAC	Parameter	Filter (p-value)			
		Kuarsa	Karbon aktif	Zeolit	
690 mg/L	<i>BOD/COD</i>	Kuarsa	-	0,007*/0,287	0,855/0,137
		Karbon aktif	0,007*/0,287	-	0,068/0,004*
		Zeolit	0,855/0,137	0,068/0,004*	-
765 mg/L	<i>BOD/COD</i>	Kuarsa	-	0,015/0,014	0,046*/0,177
		Karbon aktif	0,015*/0,014*	-	0,015*/0,670
		Zeolit	0,046*/0,177	0,015*/0,670	-

* signifikan ($\alpha < 0,05$)

Uji *Bonferroni* dilakukan untuk mengetahui perbedaan nilai *BOD* dan *COD* antar jenis media filter, pada dosis PAC 690 mg/L dan 765 mg/L (Tabel 4). Pada kelompok dosis PAC 690 mg/L, terlihat perbedaan nilai *BOD* yang signifikan antara karbon aktif dan pasir kuarsa ($p\text{-value}=0,007$). Pada pengukuran nilai *COD*, perbedaan nyata antara karbon aktif dan zeolit ($p\text{-value}=0,004$).

Pada kelompok perlakuan tahap I dengan dosis 690 mg/L, nilai *BOD* terlihat berbeda nyata antara karbon aktif dan pasir kuarsa ($p\text{-value}=0,007$), karbon aktif dan zeolit ($p\text{-value}=0,015$), serta zeolit dan pasir kuarsa ($p\text{-value}=0,046$). Sedangkan pada *COD*, perbedaan signifikan terlihat antara karbon aktif dan pasir kuarsa ($p\text{-value}=0,014$).

Tahu merupakan makanan terbuat dari bahan utama kedelai yang proses pembuatannya sederhana. Prinsip pembuatan tahu adalah mengekstraksi protein, kemudian digumpalkan dengan bantuan CH_3COOH atau $\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (Herlambang, 2002). Limbah cair industri tahu berasal dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu mengandung protein (40%-60%), karbohidrat (25%-50%), lemak (10%) dan padatan tersuspensi lainnya, yang akan menghasilkan zat toksik apabila tidak diolah dengan baik (Amanda et al., 2019; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sudaryanto, 2006).

Pada umumnya, pengolahan limbah tahu dilakukan dengan sistem *biologi anaerobik*

(Herlambang, 2002). Namun pengolahan cara ini menghasilkan gas *methane* (CH_4) menimbulkan bau, dan efisiensi 70-80% sehingga masih mengandung bahan pencemar yang tinggi (Herlambang, 2002; Said, 2000). Pada penelitian ini dilakukan uji coba untuk menurunkan beban pencemar, sehingga dapat meningkatkan efisiensi serta memperpendek waktu pengolahan limbah cair industri tahu.

Hasil penelitian mendapatkan bahwa nilai *BOD* limbah segar industri tahu (sampel) sebesar 1.813,00 mg/L dan *COD* sebesar 2.570,00 mg/L. Sangat jauh melebihi baku mutu limbah cair industri tahu ($\text{BOD}=150$ mg/L; $\text{COD}=300$ mg/L) (Menteri Lingkungan Hidup, 2014). Tingginya kandungan pencemar dapat menyebabkan pencemaran badan-badan air (Sudaryanto, 2006). Limbah cair industri tahu mengandung protein, karbohidrat, lemak dan padatan tersuspensi lainnya, yang akan menghasilkan zat toksik apabila tidak diolah dengan baik (Amanda et al., 2019; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sudaryanto, 2006). Sehingga harus diolah sebelum dibuang ke lingkungan (Alimsyah & Damayanti, 2013; Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013; Herlambang, 2002; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sayow et al., 2020).

Hasil penelitian mendapatkan bahwa pada perlakuan tahap I (koagulasi) menggunakan PAC dosis 690,00 mg/L, terjadi penurunan *BOD* dari 1813,00 mg/L menjadi 875,00 mg/L (51,74%), dan *COD* dari 2570,00 mg/L menjadi 878,00mg/L (65,84%).

Commented [A9]: Perlu penjelasan lebih lanjut tentang sistem biologi anaerobik.

Menggunakan PAC dosis 765 mg/L, BOD turun menjadi 705,00 mg/L (61,11%), dan COD menjadi 824,00 mg/L (67,55%). Hasil ini menunjukkan bahwa proses koagulasi dengan PAC mampu menurunkan BOD dan COD lebih dari 50%. Bahkan, menggunakan dosis 765 mg/L mampu menurunkan hingga di atas 61%.

Teknik koagulasi merupakan teknologi yang paling banyak diterapkan di dunia sebagai langkah vital dalam menghilangkan partikel koloid, bahan organik alami, mikroorganisme, dan ion anorganik yang terdapat dalam air yang tidak diolah (Ahmad & Danish, 2018; Kakoi, Kaluli, Ndiba, & Thiong'o, 2016; Kristianto, 2017; Maurya & Daverey, 2018; Muthuraman & Sasikala, 2014; Sillanpää, Ncibi, Matilainen, & Vepsäläinen, 2018; Tripathy & De, 2006).

Terdapat empat mekanisme dalam koagulasi, yaitu kompresi lapisan ganda, *bridging polymer*, netralisasi, dan *coagulation sweep* (Kristianto, 2017). Dari keempat mekanisme tersebut, *bridging* merupakan mekanisme yang paling baik (Kristianto, 2017). Namun dibutuhkan dosis yang tepat. Pada dosis yang lebih tinggi, partikel-partikel koloid *distabilisasi* karena tolakan *sterik* dari polimer yang menutupi partikel, sedangkan pada dosis rendah, tidak ada rantai polimer yang cukup untuk membentuk proses *bridging* (Kristianto, 2017; Tripathy & De, 2006). Pada penelitian ini, dosis 765 mg/L mampu membentuk proses *bridging* dan stabil, sehingga efektif untuk digunakan pada pengolahan limbah cair tahu. Penggunaan koagulan dengan dosis yang tepat akan meningkatkan signifikansi penyisihan turbiditas pada pengolahan limbah tahu, dan dinyatakan efektif jika mampu mengurangi padatan minimal 50%. (Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013).

Pada penelitian ini, koagulan yang digunakan adalah PAC, yaitu polimer sintetis yang lebih mudah terhidrolisis,

memiliki rantai molekul panjang dan muatan listrik yang besar. Keuntungan PAC pada pengolahan limbah cair antara lain mampu membentuk *flock* secara cepat, lumpur yang dihasilkan lebih sedikit, serta menghasilkan residu aluminium yang kecil (Ignasius, 2014). Hasil analisis (Tabel 2) menunjukkan perbedaan nilai *BOD* dan *COD* yang signifikan antara sebelum dan sesudah proses koagulasi ($p\text{-value}=0,001$; $p\text{-value}=0,001$). Menunjukkan pengaruh proses koagulasi terhadap penurunan nilai *BOD* dan *COD*. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyimpulkan bahwa semakin tinggi dosis maka akan semakin besar pula padatan tersuspensi yang dihilangkan (Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013; Murwanto, 2018; Rahmah & Mulasari, 2016).

Pada tahap filtrasi digunakan tiga jenis media yaitu pasir kuarsa, karbon aktif, dan zeolit (Tabel 3). Hasil penelitian mendapatkan penurunan *BOD* tertinggi pada filtrasi dengan media karbon aktif, dari 705,00 mg/L menjadi 374,83 mg/L; atau persentase penurunan sebesar 46,83% dibandingkan hasil tahap I, dan 79,33% dibandingkan *BOD* limbah segar. Demikian pula pada *COD*, penurunan tertinggi juga menggunakan karbon aktif, dari 824,00 mg/L menjadi 736,33 mg/L; atau persentase penurunan sebesar 10,64% dibandingkan hasil tahap I, dan 71,35% dibandingkan *COD* limbah segar. Walaupun hasil uji ANOVA menunjukkan perbedaan nilai *BOD* dan *COD* berdasarkan media (Tabel 3), namun media karbon aktif memberikan efek terbesar terhadap penurunan *BOD* dan *COD*.

Pada filtrasi menggunakan karbon aktif, terjadi proses adsorpsi karena adanya pori dan luas permukaan yang besar. Molekul bahan pencemar akan terserap pada permukaan karbon aktif, sehingga konsentrasinya akan menurun. Adsorpsi yang terjadi karena terdapat medan gaya pada permukaan adsorben yang menarik molekul-molekul adsorbat, sehingga

Commented [A10]: Author seharusnya memberi penjelasan tentang proses koagulasi dan koagulan.

Commented [A11]: Jelaskan secara singkat keempat mekanisme koagulasi.

Commented [A12]: Bagaimana hasil penelitian ini dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya?

membentuk lapisan tipis pada permukaan karbon aktif (Nurlina et al., 2015). Proses koagulasi dengan PAC dosis 765 mg/L dan dilanjutkan dengan filtrasi menggunakan karbon aktif mampu menurunkan *BOD* hingga 374,83 mg/L, dan *COD* sebesar 736,33 mg/L. Hasil ini setara dengan penurunan 79,33% dan 71,35% dibandingkan kondisi awal (limbah segar). Walaupun hasil akhir belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan, namun telah membuktikan bahwa metode koagulasi dan filtrasi mampu menurunkan *BOD* dan *COD* hingga di atas 60%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian mendapatkan bahwa *BOD* dan *COD* limbah segar industri tahu sebesar 1.813,00 mg/L dan 2.570,00 mg/L, jauh melebihi baku mutu yang diwajibkan. Proses koagulasi dengan PAC memberikan pengaruh terhadap penurunan *BOD* dan *COD* sebesar 61,11%, dan 67,55%. Pada proses filtrasi, media karbon aktif memberikan pengaruh terbesar terhadap penurunan parameter limbah, mencapai 79,33% pada *BOD* dan 71,35% pada *COD*. Sehingga nilai *BOD* akhir sebesar 374,83 mg/L, dan *COD* sebesar 736,33 mg/L. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai alternatif dalam pengolahan fisika limbah cair industri tahu, sehingga akan meningkatkan kinerja pengolahan biologi pada tahap selanjutnya.

Conflict of Interest

Author menyatakan tidak ada conflict of interest.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, T., & Danish, M. (2018). Prospects of banana waste utilization in wastewater treatment: A review. *Journal of Environmental Management*, 206, 330–348. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.061>
- Alimsyah, A., & Damayanti, A. (2013).

Penggunaan Arang Tempurung Kelapa dan Eceng Gondok untuk Pengolahan Air Limbah Tahu dengan Variasi Konsentrasi. *Jurnal Teknik ITS*, 2(1), D6–D9.

<https://doi.org/10.12962/j23373539.v2i1.3170>

- Alvina, A., & Hamdani, D. (2019). Proses Pembuatan Tempe Tradisional. *Jurnal Pangan Halal*, 1(1), 1/4.

<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30997/jiph.v1i1.2004>

- Amanda, Y. T., Marufi, I., & Moelyaningrum, A. D. (2019). Pemanfaatan Biji Trembesi (Samanea saman) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan *BOD*, *COD*, *TSS* dan Kekeruhan Pada Pengolahan Limbah Cair Tempe. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 2(3), 92.

<https://doi.org/10.19184/bip.v2i3.16275>

- Ayu Ridaniati Bangun, Siti Aminah, Rudi Anas Hutahaeen, & M. Yusuf Ritonga. (2013). Pengaruh Kadar Air, Dosis Dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(1), 7–13.

<https://doi.org/10.32734/jtk.v2i1.1420>

- Dawud, M., Namara, I., Chayati, N., & Taqwa, F. M. L. (2016). Analisis Sistem Pengendalian Pencemaran Air Sungai Cisadane Kota Tangerang Berbasis Masyarakat. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2016*, 6(November), 1–8.

<https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/viewFile/702/647>

- Herlambang, A. (2002). Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu-Tempe. In *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri* (1st ed., pp. 149–222). Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (BPPT) – Proyek Pembinaan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup BAPEDALDA Kota Samarinda.

- Ignasius, D. A. S. (2014). Perbandingan

Commented [A13]: Kesimpulan lebih banyak mengulang hasil. Seharusnya author menyampaikan temuan penelitian.

- Efisiensi Koagulan Poli Aluminium Klorida Dan Aluminium Sulfat Dalam Menurunkan Turbiditas Air Gambut Dari Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 24(2), 13–21.
- Kakoi, B., Kaluli, J. W., Ndiba, P., & Thiong'o, G. (2016). Banana pith as a natural coagulant for polluted river water. *Ecological Engineering*, 95, 699–705.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.07.001>
- Kristianto, H. (2017). The Potency of Indonesia Native Plants as Natural Coagulant: a Mini Review. *Water Conservation Science and Engineering*, 2(2), 51–60.
<https://doi.org/10.1007/s41101-017-0024-4>
- Maurya, S., & Daverey, A. (2018). Evaluation of plant-based natural coagulants for municipal wastewater treatment. *3 Biotech*, 8(1), 77.
<https://doi.org/10.1007/s13205-018-1103-8>
- Menteri Lingkungan Hidup. *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 / 2014 Tentang Baku Mutu Limbah Cair.*, (2014).
- Murwanto, B. (2018). Efektivitas Jenis Koagulan Poly Aluminium Chloride Menurut Variansi Dosis dan Waktu Pengadukan terhadap Penurunan Parameter Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Kesehatan*, 9(1), 143.
<https://doi.org/10.26630/jk.v9i1.771>
- Muthuraman, G., & Sasikala, S. (2014). Removal of turbidity from drinking water using natural coagulants. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(4), 1727–1731.
<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.08.023>
- Nangin, S. R., Langoy, M. L., & Katili, D. Y. (2015). Makrozoobentos Sebagai Indikator Biologis dalam Menentukan Kualitas Air Sungai Suhuyon Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA*, 4(2), 165.
<https://doi.org/10.35799/jm.4.2.2015.9515>
- Nur Mahdi, N., & Suharno, S. (2019). Analisis Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Impor Kedelai di Indonesia. *Forum Agribisnis*, 9(2), 160–184.
<https://doi.org/10.29244/fagb.9.2.160-184>
- Nurlina, Zahara, T. A., Gusrizal, & Kartika, I. D. (2015). Effective Use Of Alum And Activated Carbon In Tofu Waste Water Treatment. *SEMIRATA 2015 Universitas Tanjungpura, Pontianak*, 690–699.
- Pradana, T. D., Suharno, & Apriansyah. (2018). Pengolahan limbah cair tahu untuk menurunkan kadar tss dan bod. *Jurnal Vokasi Kesehatan*, 4(2), 1–7.
<https://doi.org/https://doi.org/10.30602/jvk.v4i2.9>
- Puspawati, S. W. (2017). Alternatif Pengolahan Limbah Industri Tempe Dengan Kombinasi Metode Filtrasi Dan Fitoremediasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengolaan Limbah*, 15, 129–136. http://repo-nkm.batan.go.id/5739/2/PROSIDING_SW_PUSPITAWATI_SIL_UI_2017.pdf
- Rahmah, R., & Mulasari, S. A. (2016). Pengaruh Metode Koagulasi, Sedimentasi Dan Variasi Filtrasi Terhadap Penurunan Kadar Tss, Cod Dan Warna Pada Limbah Cair Batik. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 2(1), 7.
<https://doi.org/10.26555/chemica.v2i1.4560>
- Rusydi, A. F., Suherman, D., & Sumawijaya, N. (2017). Pengolahan Air Limbah Tekstil Melalui Proses Koagulasi – Flokulasi Dengan Menggunakan Lempung Sebagai Penyumbang Partikel Tersuspensi (Studi Kasus: Banaran, Sukoharjo dan Lawean, Kerto Suro, Jawa Tengah). *Arena Tekstil*, 31(2), 105–114.
<https://doi.org/10.31266/at.v31i2.1671>
- Said, N. I. (2000). Teknologi Pengolahan

- Air Limbah. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(2), 101–113.
- Sayow, F., Tilaar, B. V. J. P. W. A., & Naskah, K. D. (2020). Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu Dan Tempe Rahayu Di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Agri-Sosioekonomi*, 16(2), 245–252.
<https://doi.org/10.35791/agrsosek.16.2.2020.28758>
- Sillanpää, M., Ncibi, M. C., Matilainen, A., & Vepsäläinen, M. (2018). Removal of natural organic matter in drinking water treatment by coagulation: A comprehensive review. *Chemosphere*, 190, 54–71.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.09.113>
- Sudaryanto, T. (2006). *Ekonomi Kedelai di Indonesia*. Bps, 1–27.
- Tripathy, T., & De, B. R. (2006). Flocculation: A new way to treat the waste water. *Journal of Physical Sciences*, 10, 93–127.
- Yogafanny, E. (2015). Pengaruh Aktifitas Warga di Sempadan Sungai terhadap Kualitas Air Sungai Winongo. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 7(1), 29–40.
<https://doi.org/10.20885/jstl.vol7.iss1.art3>

Coagulation and Filtration Methods on Tofu Wastewater Treatment

5. Perbaikan review-2

- Pemberitahuan pengiriman perbaikan hasil review-2 (12 Mei 2021)
- Lampiran perbaikan hasil review-2
- Pemberitahuan editor untuk perubahan format bahasa (19 Mei 2021)
- Pemberitahuan pengiriman hasil perubahan format bahasa (22 Mei 2021)
- Lampiran manuskrip hasil perubahan format bahasa



Prayudhy Yushananta <prayudhyyushananta@gmail.com>

[jika] Editor Decision

Prayudhy Yushananta <prayudhyyushananta@gmail.com>
Kepada: Editorial Office <jurnal.aisyah@gmail.com>

12 Mei 2021 pukul 13.03

Assalamualaikum Wr. Wb.

Kami telah mengirimkan perbaikan (melalui OJS) manuskrip dengan judul "COAGULATION AND FILTRATION METHODS ON TOFU WASTEWATER TREATMENT" (#JIKA-505).

Semoga perbaikan telah memenuhi saran-saran yang telah diberikan. Terima kasih.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

[Kutipan teks disembunyikan]

METODE KOAGULASI DAN FILTRASI PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU

COAGULATION AND FILTRATION METHODS ON TOFU WASTEWATER TREATMENT

ABSTRACT

The tofu and tempe industry is a small industry (home industry) that produces wastewater between 100-200 times the allowable limit and is usually discharged directly into water bodies, thus polluting the environment. This study aims to combine the coagulation method (stage 1) using Polyalumunium Chloride (PAC) with filtration (stage 2) on several variations of materials (activated carbon, zeolite, quartz). The study was conducted with six replications. The comparison of waste quality (BOD, COD) was observed at each stage of the study. The SPSS 24.0 device was used for data analysis, including the application of the T-test and ANOVA. The study found that coagulation with PAC 690 mg/L reduced BOD by 51.7% and a dose of 765 mg/L by 61.1%. In the COD parameter, the decreases were 65.84% and 67.55%. In the second stage (filtration), the reduction in BOD was higher in activated carbon (79.33%) compared to zeolite (78.67%) and quartz (75.46%). Activated carbon also had the most COD reduction effect (73.22%). Although the statistical results showed significant differences in all doses and media, the use of 765 mg / L PAC and activated carbon filtration had the most effect on reducing BOD and COD of tofu industrial wastewater. The results of this research can be used as an alternative in the physical processing of tofu industrial wastewater.

Keywords: Wastewater, tofu-tempe, BOD, COD, coagulation, filtration

ABSTRAK

Industri tahu dan tempe merupakan industri kecil (home industry) yang menghasilkan limbah antara 100-200 kali batas yang diijinkan dan biasanya langsung dibuang ke badan air, sehingga mencemari lingkungan. Penelitian bertujuan menggunakan metode koagulasi (tahap 1) dengan Polyalumunium Chloride (PAC), dan metode filtrasi (tahap 2) dengan tiga variasi bahan (karbon aktif, zeolit, kuarsa). Penelitian dilakukan dengan enam replikasi. Perbandingan kualitas limbah (BOD, COD) diamati pada setiap tahap penelitian. Perangkat SPSS 24.0 digunakan untuk analisis data, termasuk penerapan uji T dan ANOVA. Penelitian mendapatkan, bahwa nilai BOD dan COD limbah segar industri tahu sebesar 1.813 mg/L dan 2.570 mg/L. Pada tahap pertama perlakuan (koagulasi dengan PAC 690 mg/L dan 765 mg/L) terjadi penurunan BOD sebesar 51,7%, dan 61,1%. Pada parameter COD, penurunan sebesar 65,84% dan 67,55%. Pada tahap kedua (filtrasi), penurunan BOD lebih tinggi pada karbon aktif (79,33%) dibandingkan dengan zeolit (78,67%) dan kuarsa (75,46%). Penurunan COD terbesar juga pada karbon aktif (73,22%). Walaupun hasil statistik menunjukkan perbedaan yang nyata pada semua variasi dosis dan media, namun penggunaan PAC dosis 765 mg/L dan filtrasi karbon aktif memberikan efek terbesar terhadap penurunan BOD dan COD limbah cair industri tahu. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai alternatif dalam pengolahan fisika limbah cair industri tahu.

Kata kunci : Limbah cair, tahu-tempe, BOD, COD, koagulasi, filtrasi

LATAR BELAKANG

Masalah pencemaran air telah menunjukkan gejala cukup serius di negara berkembang, termasuk Indonesia. Sebanyak 75% dari 57

sungai di Indonesia mengalami pencemaran berat, (Dawud, Namara, Chayati, & Taqwa, 2016) disebabkan oleh limbah rumah tangga (domestik) dan limbah industri yang tidak diolah sebelum dibuang ke

lingkungan (Rusydi, Suherman, & Sumawijaya, 2017). Industri tahu merupakan salah satu sumber pencemar yang cukup penting (Sudaryanto, 2006).

Tahu dan tempe adalah makanan khas Indonesia yang terbuat dari kedelai (*Glycine spp.*) (Herlambang, 2002). Tahu dan tempe diakui sebagai makanan yang sehat, bergizi dan murah, sehingga digemari seluruh lapisan masyarakat (Alvina & Hamdani, 2019). Industri tahu terdapat di hampir seluruh provinsi di Indonesia. Saat ini, Indonesia menjadi importir kedelai terbesar di Asia (Nur Mahdi & Suharno, 2019). Sekitar 50% kedelai untuk membuat tempe, 40% untuk tahu, dan sisanya dalam produk lain (Alvina & Hamdani, 2019). Eksportir kedelai terbesar untuk Indonesia adalah Amerika Serikat, dengan nilai mencapai US\$ 4,8 miliar pada tahun 2013 (Puspawati, 2017).

Sebagian besar industri tahu masuk dalam kelompok usaha kecil dan mikro (UMKM). Walaupun memberi kontribusi pada nilai ekonomi masyarakat, namun di sisi lain memberikan dampak negatif bagi lingkungan, berupa pencemaran badan air (Sudaryanto, 2006). Tingkat modal usaha yang terbatas menyebabkan industri tahu tidak mampu membuat instalasi pengolahan air limbah (IPAL), sehingga dibuang langsung ke badan air (Amanda, Marufi, & Moelyaningrum, 2019). Limbah cair tahu berasal dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu. Diperkirakan, potensi limbah industri tahu dan tempe setiap tahunnya sebanyak 51 juta ton BOD (Herlambang, 2002).

Limbah cair industri tahu mengandung padatan tersuspensi dan terlarut terdiri dari lemak, protein dan selulosa, yang akan mengalami perubahan fisik, kimia, dan biologi sehingga menghasilkan zat beracun apabila tidak diolah dengan baik (Amanda et al., 2019; Puspawati, 2017; Sudaryanto, 2006). Asam amino merupakan komponen utama yang menyebabkan pencemaran

badan-badan air (Sudaryanto, 2006). Penelitian lain menyebutkan, bahwa limbah cair industri tahu mengandung protein (40%-60%), karbohidrat (25%-50%), lemak (10%) dan padatan tersuspensi lainnya, yang akan menghasilkan zat toksik (Pradana, Suharno, & Apriansyah, 2018).

Beberapa penelitian telah melaporkan kualitas limbah industri tahu yang bervariasi. Hasil penelitian Puspawati mendapatkan (dalam satuan ml/L) kandungan TSS=4.012, BOD=1.302,03, COD=4.188,27 (Puspawati, 2017). Alimsyah melaporkan BOD=5643-6870 dan COD=6870-10500 (Alimsyah & Damayanti, 2013). Bangun melaporkan BOD=4583, COD=7050, TSS=4743 (Ayu Ridaniati Bangun, Siti Aminah, Rudi Anas Hutahaeen, & M. Yusuf Ritonga, 2013). Penelitian lain mendapatkan TSS=5.016, BOD=3.200, dan COD=4.200 (Amanda et al., 2019); TSS=1.850, BOD=1.130, COD=1.900 (Mardhia & Abdullah, 2018); dan BOD=1.324, COD=6.698 (Herlambang, 2002). Hasil-hasil yang disampaikan menunjukkan kualitas limbah industri tahu sangat jauh di atas baku mutu yang ditetapkan, yaitu TSS=200; BOD=150; COD=300 (Menteri Lingkungan Hidup, 2014). Oleh karena itu, limbah cair industri tahu harus diolah sebelum dibuang ke lingkungan (Alimsyah & Damayanti, 2013; Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013; Herlambang, 2002; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sayow, Tilaar, & Naskah, 2020).

Pengolahan air limbah pada dasarnya bertujuan untuk mengurai bahan pencemar yang terdapat dalam air limbah sehingga aman dibuang ke lingkungan. Bahan pencemar dalam air limbah terutama senyawa organik, an-organik, padatan terlarut dan tersuspensi. Baku mutu lingkungan merupakan batas tertinggi kualitas air limbah sehingga aman untuk di buang ke lingkungan. Sedangkan parameter utama baku mutu lingkungan adalah TSS, BOD, dan COD (Menteri Lingkungan

Hidup, 2014). Tingginya kandungan bahan pencemar dalam air limbah menyebabkan kadar oksigen menurun, sehingga mengganggu kehidupan di dalamnya (Pradana et al., 2018). Kualitas badan air yang jelek akan berdampak pada penurunan jumlah biota dalam air (Nangin, Langoy, & Katili, 2015; Yogafanny, 2015).

Banyak metode pengolahan limbah yang telah dikembangkan, antara lain metode lumpur aktif, proses biologis, elektrokoagulasi, filtrasi, koagulasi dan flokulasi. Pada industri dengan karakteristik limbah organik, metode yang paling banyak digunakan adalah proses biologis, yaitu metode yang menggunakan proses penguraian dengan bakteri secara *aerobik* dan *anaerobik*. Pada industri tahu, teknologi pengolahan yang sering digunakan adalah *biologis an-aerobik* karena murah, namun teknologi memiliki kekurangan yaitu menimbulkan bau, menghasilkan gas *methane*, dan efisiensi 70-80% sehingga masih mengandung bahan pencemar yang tinggi (Herlambang, 2002; Said, 2000). Salah satu alternatif yang dapat dikembangkan adalah melakukan pengolahan fisika untuk menurunkan sebesar-besarnya kandungan padatan pada limbah, sehingga proses biologi menjadi lebih ringan.

Penelitian bertujuan menganalisis penurunan kandungan beban pencemar limbah industri tahu dan tempe secara fisik melalui dua tahap pengolahan, yaitu metode koagulasi dan filtrasi. Pada tahap pertama (koagulasi) menggunakan dua variasi dosis *Polyalumunium Chloride (PAC)*, sedangkan pada filtrasi dengan tiga variasi filter. Diharapkan hasil penelitian dapat menjadi alternatif pengolahan limbah cair tahu yang lebih baik sehingga dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan dari industri tahu.

METODE

Limbah cair segar diambil dari sentra industri tahu di Kelurahan Gunung Sulah Kota Bandar Lampung. *PAC* dari distributor bahan kimia industri, dan bahan kimia pemeriksaan *BOD* dan *COD* (H_2SO_4 , *Amonnium Sulfat*, $K_2Cr_2O_7$, dan lainnya) dari Merck. *Flokulator* enam spindle merk *Messgerate model S6S* digunakan untuk proses koagulasi. Penelitian dilakukan di laboratorium Politeknik Kesehatan Tanjungkarang.

Penelitian dilakukan dalam dua tahap untuk menganalisis penurunan nilai *Biochemical Oxygen Demand (BOD)* dan *Chemical Oxygen Demand (COD)* pada limbah cair tahu. Percobaan dilakukan dengan enam replikasi. Pada tahap pertama, dilakukan proses koagulasi dengan *PAC*. Limbah segar dikontakkan *PAC* (dosis 690 mg/L dan 765 mg/L) dengan pengadukan cepat (300 rpm) selama dua menit, dilanjutkan dengan pengadukan lambat (30 rpm) selama 25 menit, dan penenangan selama 30 menit., Penggunaan *PAC* dosis 690 mg/L dan 765 mg/L mengikuti Murwanto (Murwanto, 2018).

Tahap kedua dilakukan proses filtrasi dengan tiga variasi media, yaitu karbon aktif, zeolit, dan kuarsa. Setiap reaktor diisi media filtrasi berbeda dan diatur pada debit tetap. Pergantian media dilakukan pada setiap pengulangan untuk mendapatkan kondisi yang sama pada setiap perlakuan. Hasil filtrasi ditampung untuk pengujian nilai *BOD* dan *COD*. Pengukuran nilai *BOD* dan *COD* dilakukan pada saat limbah segar, setelah proses koagulasi dan setelah filtrasi.

Penentuan kadar *BOD* dengan metode *Winkler*. Sebanyak dua botol dengan volume 250 ml limbah segar segera diambil, satu botol dilakukan pengukuran *Dissolved Oxygen (DO hari ke-0)*, dan botol yang lain disimpan pada suhu 4°C untuk pengukuran hari kelima (*DO₅*). *BOD*

merupakan selisih nilai DO_0-DO_5 . Pemeriksaan kadar BOD dilakukan pada setiap akhir tahap percobaan. Penentuan kadar COD dengan metode *Reflux*. Waktu pengambilan dan pemeriksaan bersamaan dengan pengujian DO_0 .

Data dianalisis dengan perangkat statistik SAS (versi 24.0), dan dilakukan secara bertahap. Deskripsi variabel dengan *mean*, minimal-maksimal, dan persentase penurunan nilai BOD dan COD. Persentase penurunan dihitung dengan formula:

$$\% \text{ penurunan} = \frac{(\text{Nilai sebelum} - \text{Nilai sesudah})}{\text{Nilai sebelum}} \times 100\%$$

Uji T diterapkan untuk mengetahui pengaruh perlakuan tahap I (koagulasi) terhadap nilai BOD dan COD. Pada perlakuan tahap II digunakan uji ANOVA dan *Bonferroni* untuk mendapatkan pengaruh variasi media filter terhadap nilai BOD dan COD.

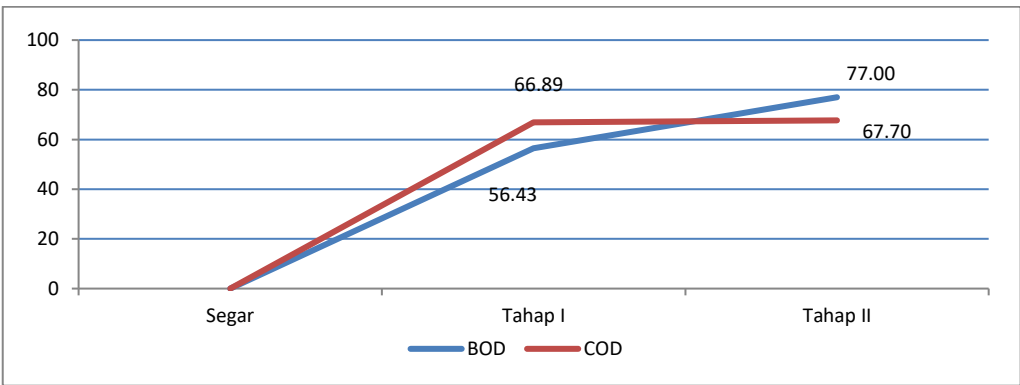
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan nilai BOD dan COD limbah segar tahu, sesudah perlakuan tahap I dan tahap II. Nilai BOD limbah segar sebesar 1813,00 mg/L, setelah proses koagulasi turun menjadi 790,00 mg/L (705,00-875,00), dan setelah perlakuan tahap II menjadi 417,03 (430,00-498,00). Persentase penurunan nilai BOD terhadap limbah segar (Gambar 1) pada tahap I sebesar 56,43%, dan meningkat pada tahap II sebesar 77,00%.

Nilai COD limbah segar sebesar 2570,00 mg/L, setelah proses koagulasi turun menjadi 851,00 mg/L (824,00-878,00), dan setelah perlakuan tahap II menjadi 830,19 mg/L (674,00-910,00). Persentase penurunan nilai COD terhadap limbah segar (Gambar 1) pada tahap I sebesar 66,89% dan sedikit meningkat pada tahap II sebesar 67,70%.

Tabel 1.
Hasil pengukuran BOD dan COD

	BOD			COD		
	Segar	Tahap I	Tahap II	Segar	Tahap I	Tahap II
Mean (mg/L)	1813,00	790,00	417,03	2570,00	851,00	830,19
Minimum (mg/L)	1813,00	705,00	340,00	2570,00	824,00	674,00
Maximum (mg/L)	1813,00	875,00	498,00	2570,00	878,00	910,00
Penurunan (%)	-	56,43	77,00	-	66,89	67,70



Gambar 1.
Persentase penurunan BOD dan COD berdasarkan tahapan perlakuan

Hasil penelitian mendapatkan bahwa proses koagulasi (Tabel 2) menggunakan PAC

dosis 690 mg/L dapat menurunkan nilai BOD dari 1813,00 mg/L menjadi 875,00,

atau penurunan sebesar 51,74%. Menggunakan PAC dosis 765 mg/L, dapat menurunkan nilai BOD dari 1813,00 mg/L menjadi 705,00, atau penurunan sebesar 61,11%.

Penurunan nilai COD juga terlihat sesudah proses koagulasi. Perlakuan menggunakan PAC dosis 690 mg/L dapat menurunkan

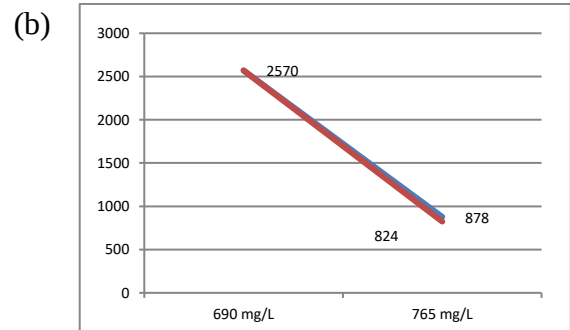
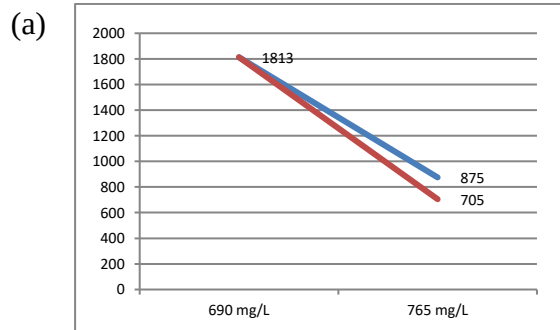
nilai COD dari 2.570,00 mg/L menjadi 878,00 mg/L, atau penurunan sebesar 65,84%. Menggunakan PAC dosis 765 mg/L, dapat menurunkan nilai COD dari 2570,00 mg/L menjadi 824,00 mg/L, atau penurunan sebesar 67,55%. Berdasarkan dosis koagulan yang digunakan, dosis PAC 790 mg/L memberikan pengaruh penurunan nilai BOD yang lebih besar.

Tabel 2.
Nilai BOD dan COD setelah proses koagulasi

	BOD			COD		
	Nilai (mg/L)	Penurunan (%)	p-value	Nilai (mg/L)	Penurunan (%)	p-value
Limbah segar	1813,00	-		2570,00	-	
690 mg/L	875,00	51,74	0,0001	878,00	65,84	0,0001
765 mg/L	705,00	61,11		824,00	67,55	

Dilakukan uji T ($\alpha=0,05$) untuk melihat perbedaan nilai BOD dan COD sebelum dan sesudah proses koagulasi. Hasil analisis menunjukkan perbedaan nilai BOD yang

signifikan antara sebelum dan sesudah proses koagulasi ($p\text{-value}=0,001$). Perbedaan yang nyata juga pada nilai COD ($p\text{-value}=0,001$).



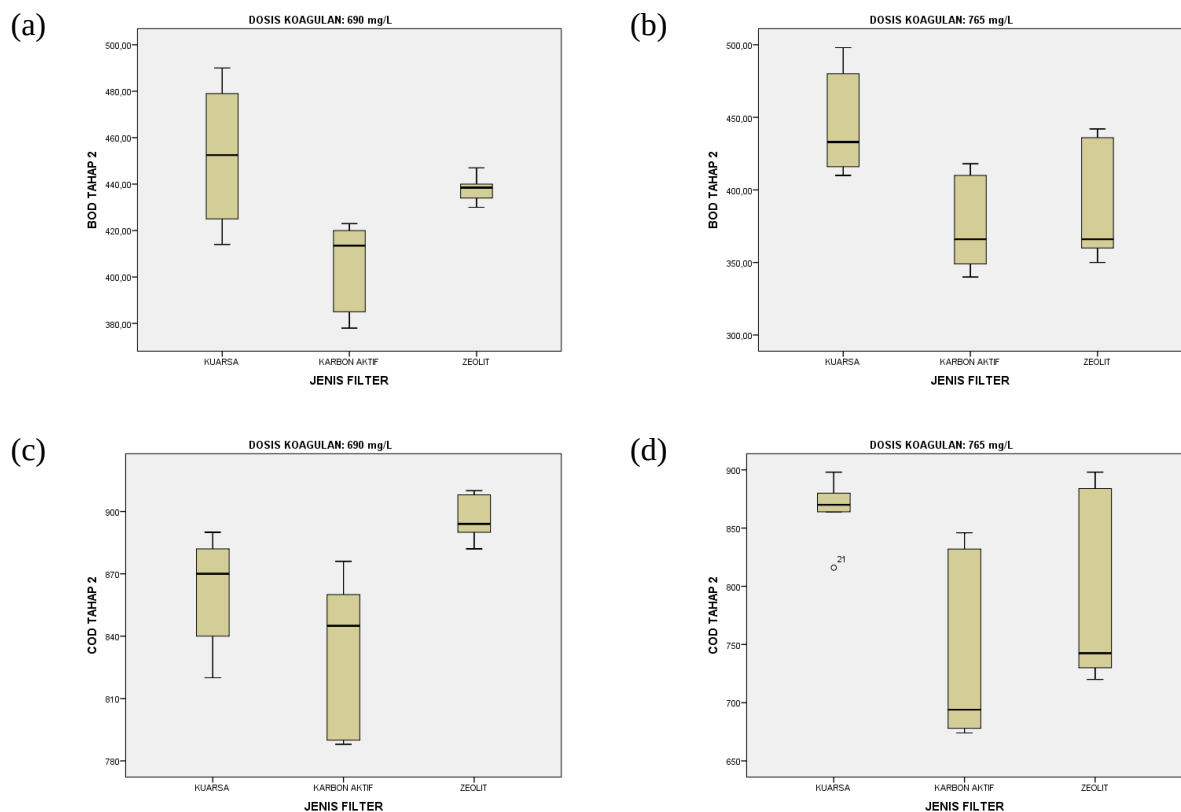
Gambar 2. Nilai BOD (a) dan COD (b), sebelum dan sesudah proses koagulasi

Pada tahap dua, sampel yang telah dikoagulasi dengan PAC dilanjutkan dengan proses filtrasi. Tiga jenis media digunakan, yaitu pasir kuarsa, karbon aktif, dan zeolit (Tabel 3). Pada kelompok sampel dengan koagulasi dosis 690 mg/L, rata-rata BOD tertinggi dihasilkan dengan

filtrasi menggunakan media pasir kuarsa (452,17 mg/L), dan terendah menggunakan media karbon aktif (405,50 mg/L). Pada pengujian nilai COD setelah proses filtrasi, nilai tertinggi menggunakan media pasir kuarsa (896,33 mg/L), dan terendah dengan karbon aktif (834,00 mg/L).

Tabel 3.
Nilai BOD dan COD sesudah proses filtrasi

Dosis PAC	Parameter	Media filter	n	Mean	SD	F	p-value
690 mg/L	BOD	Kuarsa	6	452,17	32,74	7,009	0,007
		Karbon Aktif	6	405,50	19,11		
		Zeolit	6	438,00	5,76		
	COD	Kuarsa	6	862,00	27,42	7,864	0,005
		Karbon Aktif	6	834,00	36,83		
		Zeolit	6	896,33	11,06		
765 mg/L	BOD	Kuarsa	6	445,00	35,79	6,221	0,011
		Karbon Aktif	6	374,83	33,25		
		Zeolit	6	386,67	41,18		
	COD	Kuarsa	6	866,33	27,41	5,589	0,015
		Karbon Aktif	6	736,33	80,10		
		Zeolit	6	786,17	81,78		



Gambar 3. Nilai BOD dan COD setelah filtrasi dengan variasi media pada dosis PAC 690 mg/L (a) (c), dosis 765 mg/L (b) (d).

Kelompok yang pada tahap pertama menggunakan PAC dosis 765 mg/L, BOD tertinggi didapatkan dari filtrasi dengan pasir kuarsa (445,00 mg/L), dan terendah dengan karbon aktif (374,83 mg/L). Sedangkan pengujian COD tertinggi pada penggunaan pasir kuarsa (866,33 mg/L), dan terendah menggunakan karbon aktif

(736,33 mg/L). Hasil perlakuan tahap dua menunjukkan bahwa penurunan nilai BOD dan COD tertinggi pada penggunaan media karbon aktif, yang pada dosis PAC 690 mg/L maupun 765 mg/L.

Uji ANOVA diterapkan untuk mengetahui perbedaan nilai BOD dan COD setelah

perlakuan berdasarkan variasi media filter, baik pada dosis PAC 690 mg/L, maupun 765 mg/L (Tabel 3). Pada kelompok sampel yang menggunakan dosis 690 mg/L, menunjukkan perbedaan nilai *BOD* yang signifikan berdasarkan jenis media yang digunakan ($p=0,007$). Demikian pula pada parameter *COD*, juga menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan jenis media filter yang digunakan ($p=0,005$).

Pada kelompok sampel yang menggunakan dosis 765 mg/L, nilai *BOD* menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan jenis media yang digunakan ($p=0,011$). Demikian pula pada parameter *COD*, juga menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan jenis media filter yang digunakan ($p=0,015$).

Tabel 4.
Hasil Uji Bonferroni ($\alpha=0,05$)

Dosis PAC	Parameter	Filter (p-value)			
			Kuarsa	Karbon aktif	Zeolit
690 mg/L	<i>BOD/COD</i>	Kuarsa	-	0,007*/0,287	0,855/0,137
		Karbon aktif	0,007*/0,287	-	0,068/0,004*
		Zeolit	0,855/0,137	0,068/0,004*	-
765 mg/L	<i>BOD/COD</i>	Kuarsa	-	0,015/0,014	0,046*/0,177
		Karbon aktif	0,015*/0,014*	-	0,015*/0,670
		Zeolit	0,046*/0,177	0,015*/0,670	-

* signifikan ($\alpha<0,05$)

Uji *Bonferroni* dilakukan untuk mengetahui perbedaan nilai *BOD* dan *COD* antar jenis media filter, pada dosis PAC 690 mg/L dan 765 mg/L (Tabel 4). Pada kelompok dosis PAC 690 mg/L, terlihat perbedaan nilai *BOD* yang signifikan antara karbon aktif dan pasir kuarsa ($p\text{-value}=0,007$). Pada pengukuran nilai *COD*, perbedaan nyata antara karbon aktif dan zeolit ($p\text{-value}=0,004$).

Pada kelompok perlakuan tahap I dengan dosis 690 mg/L, nilai *BOD* terlihat berbeda nyata antara karbon aktif dan pasir kuarsa ($p\text{-value}=0,007$), karbon aktif dan zeolit ($p\text{-value}=0,015$), serta zeolit dan pasir kuarsa ($p\text{-value}=0,046$). Sedangkan pada *COD*, perbedaan signifikan terlihat antara karbon aktif dan pasir kuarsa ($p\text{-value}=0,014$).

Tahu merupakan makanan terbuat dari bahan utama kedelai (*Glycine spp.*) yang proses pembuatannya sederhana. Prinsip pembuatan tahu adalah mengekstraksi protein, kemudian digumpalkan dengan bantuan CH_3COOH atau $\text{CaSO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ (Herlambang, 2002). Limbah cair industri

tahu berasal dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu mengandung protein (40%-60%), karbohidrat (25%-50%), lemak (10%) dan padatan tersuspensi lainnya, yang akan menghasilkan zat toksik apabila tidak diolah dengan baik (Amanda et al., 2019; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sudaryanto, 2006).

Pada umumnya, pengolahan limbah tahu dilakukan dengan sistem *biologi anaerobik* (Herlambang, 2002). Proses pengolahan limbah cair secara *anaerobik* adalah suatu metabolisme tanpa menggunakan oksigen dan dilakukan oleh bakteri *anaerobik*, biasanya digunakan untuk limbah cair dengan beban bahan organik yang tinggi (Rahadi, Wirosoedarmo, & Harera, 2018). Namun pengolahan cara ini menghasilkan gas *methane* (CH_4) menimbulkan bau, dan efisiensi 70-80% sehingga masih mengandung bahan pencemar yang tinggi (Herlambang, 2002; Said, 2000). Pada penelitian ini dilakukan uji coba untuk menurunkan beban pencemar, sehingga dapat meningkatkan efisiensi serta

memperpendek waktu pengolahan limbah cair industri tahu.

Hasil penelitian mendapatkan bahwa nilai *BOD* limbah segar industri tahu (sampel) sebesar 1.813,00 mg/L dan *COD* sebesar 2.570,00 mg/L. Sangat jauh melebihi baku mutu limbah cair industri tahu (*BOD*=150 mg/L; *COD*=300 mg/L) (Menteri Lingkungan Hidup, 2014). Tingginya kandungan pencemar dapat menyebabkan pencemaran badan-badan air (Sudaryanto, 2006). Limbah cair industri tahu mengandung protein, karbohidrat, lemak dan padatan tersuspensi lainnya, yang akan menghasilkan zat toksik apabila tidak diolah dengan baik (Amanda et al., 2019; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sudaryanto, 2006). Sehingga harus diolah sebelum dibuang ke lingkungan (Alimsyah & Damayanti, 2013; Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013; Herlambang, 2002; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sayow et al., 2020).

Hasil penelitian mendapatkan bahwa pada perlakuan tahap I (koagulasi) menggunakan PAC dosis 690,00 mg/L, terjadi penurunan *BOD* dari 1813,00 mg/L menjadi 875,00 mg/L (51,74%), dan *COD* dari 2570,00 mg/L menjadi 878,00 mg/L (65,84%). Menggunakan PAC dosis 765 mg/L, *BOD* turun menjadi 705,00 mg/L (61,11%), dan *COD* menjadi 824,00 mg/L (67,55%). Hasil ini menunjukkan bahwa proses koagulasi dengan PAC mampu menurunkan *BOD* dan *COD* lebih dari 50%. Bahkan, menggunakan dosis 765 mg/L mampu menurunkan hingga di atas 61%.

Teknik koagulasi merupakan teknologi yang paling banyak diterapkan di dunia sebagai langkah vital dalam menghilangkan partikel koloid, bahan organik alami, mikroorganisme, dan ion anorganik yang terdapat dalam air yang tidak diolah (Ahmad & Danish, 2018; Kakoi, Kaluli, Ndiba, & Thiong'o, 2016; Kristianto, 2017; Maurya & Daverey, 2018; Muthuraman & Sasikala, 2014; Sillanpää, Ncibi, Matilainen, & Vepsäläinen, 2018; Tripathy

& De, 2006). Koagulan adalah bahan yang sangat penting dalam proses koagulasi-flokulasi yang mengacu pada proses aglomerasi partikel koloid dengan ukuran rata-rata 5-200 nm dan padatan tersuspensi kecil dalam air (Carolin, Kumar, Saravanan, Joshiba, & Naushad, 2017; Debora Peruço Theodoro, Felipe Lenz, Fiori Zara, & Bergamasco, 2013; Fu, Meng, Lu, Jian, & Di, 2019; Hakizimana et al., 2017; Kristianto, 2017; O'Connell, Birkinshaw, & O'Dwyer, 2008; Salehizadeh, Yan, & Farnood, 2018; Senthil Kumar et al., 2019; Shen, Gao, Guo, & Yue, 2019; Sillanpää et al., 2018).

Terdapat empat mekanisme dalam koagulasi, yaitu kompresi lapisan ganda, *bridging polymer*, netralisasi, dan *coagulation sweep*. (Kristianto, 2017) Kompresi lapisan ganda disebabkan oleh konsentrasi elektrolit yang tinggi dalam larutan, sehingga menurunkan gaya tolak partikel-partikel koloid. *Bridging polymer* biasanya terjadi ketika polimer rantai panjang teradsorpsi pada partikel dan meninggalkan segmen polimer koagulan untuk menjembatani partikel, dan membentuk gumpalan kuat. *Netralisasi* muatan terjadi ketika polimer koagulan bermuatan berlawanan diserap pada permukaan partikel, sehingga menetralkan muatan partikel koloid. *Koagulation sweep* terjadi ketika koagulan logam ditambahkan dalam dosis yang jauh lebih tinggi daripada kelarutan hidroksida amorf, sehingga terjadi presipitasi (Duan & Gregory, 2003; Kristianto, 2017).

Dari keempat mekanisme tersebut, *bridging* merupakan mekanisme yang paling baik (Kristianto, 2017). Namun dibutuhkan dosis yang tepat. Pada dosis yang lebih tinggi, partikel-partikel koloid *distabilisasi* karena tolakan *sterik* dari polimer yang menutupi partikel, sedangkan pada dosis rendah, tidak ada rantai polimer yang cukup untuk membentuk proses *bridging* (Kristianto, 2017; Tripathy & De, 2006). Pada penelitian ini, dosis 765 mg/L mampu

membentuk proses *bridging* dan stabil, sehingga efektif untuk digunakan pada pengolahan limbah cair tahu. Penggunaan koagulan dengan dosis yang tepat akan meningkatkan signifikansi penyisihan turbiditas pada pengolahan limbah tahu, dan dinyatakan efektif jika mampu mengurangi padatan minimal 50%. (Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013).

Pada penelitian ini, koagulan yang digunakan adalah PAC, yaitu polimer sintesis yang lebih mudah terhidrolisis, memiliki rantai molekul panjang dan muatan listrik yang besar. Keuntungan PAC pada pengolahan limbah cair antara lain mampu membentuk *flock* secara cepat, lumpur yang dihasilkan lebih sedikit, serta menghasilkan residu aluminium yang kecil (Ignasius, 2014). Hasil analisis (Tabel 2) menunjukkan perbedaan nilai *BOD* dan *COD* yang signifikan antara sebelum dan sesudah proses koagulasi ($p\text{-value}=0,001$; $p\text{-value}=0,001$). Menunjukkan pengaruh proses koagulasi terhadap penurunan nilai *BOD* dan *COD*. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyimpulkan bahwa semakin tinggi dosis maka akan semakin besar pula padatan tersuspensi yang dihilangkan (Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013; Murwanto, 2018; Rahmah & Mulasari, 2016).

Pada tahap filtrasi digunakan tiga jenis media yaitu pasir kuarsa, karbon aktif, dan zeolit (Tabel 3). Hasil penelitian mendapatkan penurunan *BOD* tertinggi pada filtrasi dengan media karbon aktif, dari 705,00 mg/L menjadi 374,83 mg/L; atau persentase penurunan sebesar 46,83% dibandingkan hasil tahap I, dan 79,33% dibandingkan *BOD* limbah segar. Demikian pula pada *COD*, penurunan tertinggi juga menggunakan karbon aktif, dari 824,00 mg/L menjadi 736,33 mg/L; atau persentase penurunan sebesar 10,64% dibandingkan hasil tahap I, dan 71,35% dibandingkan *COD* limbah segar. Walaupun hasil uji ANOVA menunjukkan perbedaan nilai *BOD* dan *COD* berdasarkan media (Tabel 3),

namun media karbon aktif memberikan efek terbesar terhadap penurunan *BOD* dan *COD*.

Hasil penelitian ini sesuai dengan Budiman dan Amirsan yang menyebutkan bahwa karbon aktif efektif digunakan pada pengolahan limbah cair industri tahu, menurunkan *BOD* dari 333,2 mg/L menjadi 294 mg/L, dan *COD* dari 666,4 mg/L menjadi 588 mg/L (Budiman & Amirsan, 2015). Penelitian lain menyimpulkan bahwa karbon aktif mampu menurunkan *COD* dari 3.200 mg/L menjadi kisaran 800-1.600 mg/L (Alimsyah & Damayanti, 2013). Hasil penelitian ini juga konsisten dengan beberapa penelitian lainnya (Astuti, Wisaksono, & Nurwini, 2007; Larasati, Andita, Susanawati, Liliya, & Suharto, 2015; Lempang, 2014; Murwanto, 2018; Nurlina, Zahara, Gusrizal, & Kartika, 2015; Purnawan, Martini, & Aidah, 2014; Ronny & Syam, 2018; Sutapa, 2014).

Pada filtrasi menggunakan karbon aktif, terjadi proses adsorpsi karena adanya pori dan luas permukaan yang besar. Molekul bahan pencemar akan terserap pada permukaan karbon aktif, sehingga konsentrasinya akan menurun. Adsorpsi yang terjadi karena terdapat medan gaya pada permukaan adsorben yang menarik molekul-molekul adsorbat, sehingga membentuk lapisan tipis pada permukaan karbon aktif (Nurlina et al., 2015). Proses koagulasi dengan PAC dosis 765 mg/L dan dilanjutkan dengan filtrasi menggunakan karbon aktif mampu menurunkan *BOD* hingga 374,83 mg/L, dan *COD* sebesar 736,33 mg/L. Hasil ini setara dengan penurunan 79,33% dan 71,35% dibandingkan kondisi awal (limbah segar). Walaupun hasil akhir belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan, namun telah membuktikan bahwa metode koagulasi dan filtrasi mampu menurunkan *BOD* dan *COD* hingga di atas 60%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian mendapatkan bahwa *BOD*

dan COD limbah segar industri tahu sebesar 1.813,00 mg/L dan 2.570,00 mg/L, jauh melebihi baku mutu yang diwajibkan. Proses koagulasi dengan PAC memberikan pengaruh terhadap penurunan BOD dan COD sebesar 61,11%, dan 67,55%. Pada proses filtrasi, media karbon aktif memberikan pengaruh terbesar terhadap penurunan parameter limbah, mencapai 79,33% pada BOD dan 71,35% pada COD. Sehingga nilai BOD akhir sebesar 374,83 mg/L, dan COD sebesar 736,33 mg/L. Walaupun hasil akhir perlakuan belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan, namun penelitian telah membuktikan bahwa pengolahan fisik dengan metode koagulasi dan filtrasi mampu menurunkan beban BOD dan COD pada limbah cair tahu hingga di atas 60%. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai alternatif dalam pengolahan fisika limbah cair industri tahu, sehingga akan meningkatkan kinerja pengolahan biologi pada tahap selanjutnya.

Conflict of Interest

Author menyatakan tidak ada conflict of interest.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, T., & Danish, M. (2018). Prospects of banana waste utilization in wastewater treatment: A review. *Journal of Environmental Management*, 206, 330–348. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.061>
- Alimsyah, A., & Damayanti, A. (2013). Penggunaan Arang Tempurung Kelapa dan Eceng Gondok untuk Pengolahan Air Limbah Tahu dengan Variasi Konsentrasi. *Jurnal Teknik ITS*, 2(1), D6–D9. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v2i1.3170>
- Alvina, A., & Hamdani, D. (2019). Proses Pembuatan Tempe Tradisional. *Jurnal Pangan Halal*, 1(1), 1/4. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30997/jiph.v1i1.2004>
- Amanda, Y. T., Marufi, I., & Moelyaningrum, A. D. (2019). Pemanfaatan Biji Trembesi (Samanea saman) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan BOD, COD, TSS dan Kekeruhan Pada Pengolahan Limbah Cair Tempe. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 2(3), 92. <https://doi.org/10.19184/bip.v2i3.16275>
- Astuti, A. D., Wisaksono, W., & Nurwini, A. R. (2007). Pengolahan Air Limbah Tahu Menggunakan Bioreaktor Anaerob-Aerob Bermedia Karbon Aktif dengan Variasi Waktu Tunggal. *Teknologi Lingkungan*, 4(2), 30–35.
- Ayu Ridaniati Bangun, Siti Aminah, Rudi Anas Hutahaeen, & M. Yusuf Ritonga. (2013). Pengaruh Kadar Air, Dosis Dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(1), 7–13. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i1.1420>
- Budiman, & Amirsan. (2015). Efektivitas Abu Sekam Padi Dan Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Bod Dan Cod Pada Limbah Cair Industri Tahu Super Afifah Kota Palu. *Kesehatan Tadulako*, 1(2), 23–32.
- Carolyn, C. F., Kumar, P. S., Saravanan, A., Joshiba, G. J., & Naushad, M. (2017). Efficient techniques for the removal of toxic heavy metals from aquatic environment: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(3), 2782–2799. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.05.029>
- Dawud, M., Namara, I., Chayati, N., & Taqwa, F. M. L. (2016). Analisis Sistem Pengendalian Pencemaran Air Sungai Cisadane Kota Tangerang Berbasis Masyarakat. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2016*, 6(November), 1–8. Retrieved from <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/viewFile/702/647>
- Debora Peruço Theodoro, J., Felipe Lenz,

- G., Fiori Zara, R., & Bergamasco, R. (2013). *Coagulants and Natural Polymers: Perspectives for the Treatment of Water*. 2(3), 55–62. Retrieved from www.seipub.org/papt
- Duan, J., & Gregory, J. (2003). Coagulation by hydrolysing metal salts. *Advances in Colloid and Interface Science*, 100–102(SUPPL.), 475–502. [https://doi.org/10.1016/S0001-8686\(02\)00067-2](https://doi.org/10.1016/S0001-8686(02)00067-2)
- Fu, Y., Meng, X. J., Lu, N. N., Jian, H. L., & Di, Y. (2019). Characteristics changes in banana peel coagulant during storage process. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(12), 7747–7756. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-02188-0>
- Hakizimana, J. N., Gourich, B., Chafi, M., Stiriba, Y., Vial, C., Drogui, P., & Naja, J. (2017). Electrocoagulation process in water treatment: A review of electrocoagulation modeling approaches. *Desalination*, 404, 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2016.10.011>
- Herlambang, A. (2002). Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu-Tempe. In *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri* (1st ed., pp. 149–222). Jakarta: Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (BPPT) – Proyek Pembinaan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup BAPEDALDA Kota Samarinda.
- Ignasius, D. A. S. (2014). Perbandingan Efisiensi Koagulan Poli Aluminium Klorida Dan Aluminium Sulfat Dalam Menurunkan Turbiditas Air Gambut Dari Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 24(2), 13–21.
- Kakoi, B., Kaluli, J. W., Ndiba, P., & Thiong'o, G. (2016). Banana pith as a natural coagulant for polluted river water. *Ecological Engineering*, 95, 699–705. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.07.001>
- Kristianto, H. (2017). The Potency of Indonesia Native Plants as Natural Coagulant: a Mini Review. *Water Conservation Science and Engineering*, 2(2), 51–60. <https://doi.org/10.1007/s41101-017-0024-4>
- Larasati, Andita, I., Susanawati, Liliya, D., & Suharto, B. (2015). Efektivitas Adsorpsi Logam Berat Pada Air Lindi Menggunakan Media Karbon Aktif, Zeolit dan Silika Gel TPA Tlekung, Batu. *Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, 44–48.
- Lempang, M. (2014). Pembuatan dan Kegunaan Karbon Aktif. *Info Teknis EBONI*, 11(2), 65–80. <https://doi.org/https://doi.org/10.20886/buleboni.5041>
- Mardhia, D., & Abdullah, V. (2018). Studi Analisis Kualitas Air Sungai Brangbiji Sumbawa Besar. *Jurnal Biologi Tropis*, 18(2). <https://doi.org/10.29303/jbt.v18i2.860>
- Maurya, S., & Daverey, A. (2018). Evaluation of plant-based natural coagulants for municipal wastewater treatment. *3 Biotech*, 8(1), 1–4. <https://doi.org/10.1007/s13205-018-1103-8>
- Menteri Lingkungan Hidup. *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 / 2014 Tentang Baku Mutu Limbah Cair*. , (2014).
- Murwanto, B. (2018). Efektivitas Jenis Koagulan Poly Aluminium Chloride Menurut Variansi Dosis dan Waktu Pengadukan terhadap Penurunan Parameter Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Kesehatan*, 9(1), 143. <https://doi.org/10.26630/jk.v9i1.771>
- Muthuraman, G., & Sasikala, S. (2014). Removal of turbidity from drinking water using natural coagulants. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(4), 1727–1731. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.08.023>

- Nangin, S. R., Langoy, M. L., & Katili, D. Y. (2015). Makrozoobentos Sebagai Indikator Biologis dalam Menentukan Kualitas Air Sungai Suhuyon Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA*, 4(2), 165. <https://doi.org/10.35799/jm.4.2.2015.9515>
- Nur Mahdi, N., & Suharno, S. (2019). Analisis Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Impor Kedelai di Indonesia. *Forum Agribisnis*, 9(2), 160–184. <https://doi.org/10.29244/fagb.9.2.160-184>
- Nurlina, Zahara, T. A., Gusrizal, & Kartika, I. D. (2015). Effective Use Of Alum And Activated Carbon In Tofu Waste Water Treatment. *SEMIRATA 2015 Universitas Tanjungpura, Pontianak*, 690–699. Pontianak.
- O'Connell, D. W., Birkinshaw, C., & O'Dwyer, T. F. (2008). Heavy metal adsorbents prepared from the modification of cellulose: A review. *Bioresource Technology*, 99(15), 6709–6724. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.01.036>
- Pradana, T. D., Suharno, & Apriansyah. (2018). Pengolahan limbah cair tahu untuk menurunkan kadar tss dan bod. *Jurnal Vokasi Kesehatan*, 4(2), 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.30602/jvk.v4i2.9>
- Purnawan, C., Martini, T., & Aidah, S. (2014). Penurunan Kadar Protein Limbah Cair Tahu Dengan Pemanfaatan Karbon Bagasse. *Jurnal Manusia Dn Lingkungan*, 21(2), 143–148. <https://doi.org/https://doi.org/10.22146/jml.18537>
- Puspawati, S. W. (2017). Alternatif Pengolahan Limbah Industri Tempe Dengan Kombinasi Metode Filtrasi Dan Fitoremediasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengolaan Limbah*, 15, 129–136. Retrieved from http://repo-nkm.batan.go.id/5739/2/PROSIDING_SW_PUSPITAWATI_SILUI_2017.pdf
- Rahadi, B., Wirosodarmo, R., & Harera, A. (2018). Sistem Anaerobik-Aerobik Pada Pengolahan Limbah Industri Tahu Untuk Menurunkan Kadar BOD5, COD, Dan TSS. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan* 17, 5(1), 17–26. <https://doi.org/https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2018.005.01.3>
- Rahmah, R., & Mulasari, S. A. (2016). Pengaruh Metode Koagulasi, Sedimentasi Dan Variasi Filtrasi Terhadap Penurunan Kadar Tss, Cod Dan Warna Pada Limbah Cair Batik. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 2(1), 7. <https://doi.org/10.26555/chemica.v2i1.4560>
- Ronny, & Syam, D. M. (2018). Aplikasi Teknologi Saringan Pasir Silika dan Karbon Aktif dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Limbah Cair Rumah Sakit Mitra Husada Makassar. *Jurnal Higiene*, 4(2), 1–5.
- Rusydi, A. F., Suherman, D., & Sumawijaya, N. (2017). Pengolahan Air Limbah Tekstil Melalui Proses Koagulasi – Flokulasi Dengan Menggunakan Lempung Sebagai Penyumbang Partikel Tersuspensi (Studi Kasus: Banaran, Sukoharjo dan Lawean, Kerto Suro, Jawa Tengah). *Arena Tekstil*, 31(2), 105–114. <https://doi.org/10.31266/at.v31i2.1671>
- Said, N. I. (2000). Teknologi Pengolahan Air Limbah. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(2), 101–113.
- Salehizadeh, H., Yan, N., & Farnood, R. (2018). Recent advances in polysaccharide bio-based flocculants. *Biotechnology Advances*, 36(1), 92–119. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2017.10.002>
- Sayow, F., Tilaar, B. V. J. P. W. A., & Naskah, K. D. (2020). Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu Dan Tempe Rahayu Di Kelurahan Uner

- Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Agri-Sosioekonomi*, 16(2), 245–252.
<https://doi.org/10.35791/agrsosek.16.2.2020.28758>
- Senthil Kumar, P., Janet Joshiba, G., Femina, C. C., Varshini, P., Priyadharshini, S., Arun Karthick, M. S., & Jothirani, R. (2019). A critical review on recent developments in the low-cost adsorption of dyes from wastewater. *Desalination and Water Treatment*, 172, 395–416.
<https://doi.org/10.5004/dwt.2019.24613>
- Shen, X., Gao, B., Guo, K., & Yue, Q. (2019). Application of composite flocculants for removing organic matter and mitigating ultrafiltration membrane fouling in surface water treatment: the role of composite ratio. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 5(12), 2242–2250.
<https://doi.org/10.1039/C9EW00528E>
- Sillanpää, M., Ncibi, M. C., Matilainen, A., & Vepsäläinen, M. (2018). Removal of natural organic matter in drinking water treatment by coagulation: A comprehensive review. *Chemosphere*, 190, 54–71.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.09.113>
- Sudaryanto, T. (2006). *Ekonomi Kedelai di Indonesia*. (Bps), 1–27.
- Sutapa, I. D. A. (2014). Perbandingan Efisiensi Koagulan Poly Alumunium Chloride (PAC) dan Alumunim Sulfat Dalam Menurunkan Turbiditas Air Gambut dari Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 24(1), 13.
<https://doi.org/10.14203/risetgeotam2014.v24.78>
- Tripathy, T., & De, B. R. (2006). Flocculation: A new way to treat the waste water. *Journal of Physical Sciences*, 10, 93–127.
- Yogafanny, E. (2015). Pengaruh Aktivitas Warga di Sempadan Sungai terhadap Kualitas Air Sungai Winongo. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 7(1), 29–40.
<https://doi.org/10.20885/jstl.vol7.iss1.art3>



Prayudhy Yushananta <prayudhyyushananta@gmail.com>

[jika] Editor Decision

Editorial Office <jurnal.aisyah@gmail.com>

19 Mei 2021 pukul 22.27

Kepada: Prayudhy Yushananta <prayudhyyushananta@gmail.com>

Cc: Bambang Murwanto <bam9murwanto@gmail.com>, Agus Sutopo <agussutopo@poltekkes-tjk.ac.id>

Dear Mr. Prayudhy Yushananta dan kolega:

Mohon untuk mengirimkan naskah dalam versi bahasa inggris.

Naskah yang sudah diubah versi bahasa inggris dapat diupload pada bagian

Auhtor version dengan login menggunakan akun penulis.

terimakasih. salam.

Editorial Office

Jurnal Aisyah: Jurnal Ilmu Kesehatan

jurnal.aisyah@gmail.com

Jurnal Aisyah : Jurnal Ilmu Kesehatan

<https://aisyah.journalpress.id/index.php/jika>



Prayudhy Yushananta <prayudhyyushananta@gmail.com>

[jika] Editor Decision

Prayudhy Yushananta <prayudhyyushananta@gmail.com>
Kepada: Editorial Office <jurnal.aisyah@gmail.com>

22 Mei 2021 pukul 12.24

Assalamualaik. Wr. Wb.

Perubahan manuskrip ke dalam bahasa Inggris sdh dikirim. Mudah-mudahan sudah sesuai dengan masukan.

Terim kasih.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

[Kutipan teks disembunyikan]

METODE KOAGULASI DAN FILTRASI PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU

COAGULATION AND FILTRATION METHODS ON TOFU WASTEWATER TREATMENT

ABSTRACT

The tofu industry is a small industry (home industry) that produces wastewater between 100-200 times the allowable limit and is usually discharged directly into water bodies, thus polluting the environment. This study aims to combine the coagulation method (stage 1) using Polyalumunium Chloride (PAC) with filtration (stage 2) on several variations of materials (quartz, activated carbon, and zeolite). The study was conducted with six replications. The comparison of waste quality (BOD, COD) was observed at each stage of the study. The SAS 9.4 was used for data analysis, including the application of the T-test and ANOVA. The study found that coagulation with PAC 690 mg/L reduced BOD by 51.7% and a dose of 765 mg/L by 61.1%. In the COD parameter, the reduction were 65.84% and 67.55%. In the second stage (filtration), the reduction in BOD was higher in activated carbon (79.33%) compared to zeolite (78.67%) and quartz (75.46%). Activated carbon also had the most COD reduction effect (73.22%). Although the statistical results showed significant differences in all doses and media, the use of 765 mg / L PAC and activated carbon filtration had the most effect on reducing BOD and COD of tofu industrial wastewater. This research can be used as an alternative in the physical processing of tofu industrial wastewater.

Keywords: BOD, COD, coagulation, filtration, wastewater, tofu

ABSTRAK

Industri tahu dan tempe merupakan industri kecil (home industry) yang menghasilkan limbah antara 100-200 kali batas yang diijinkan dan biasanya langsung dibuang ke badan air, sehingga mencemari lingkungan. Penelitian bertujuan menggunakan metode koagulasi (tahap 1) dengan Polyalumunium Chloride (PAC), dan metode filtrasi (tahap 2) dengan tiga variasi bahan (kuarsa, karbon aktif, dan zeolit). Penelitian dilakukan dengan enam replikasi. Perbandingan kualitas limbah (BOD, COD) diamati pada setiap tahap penelitian. Perangkat SAS 9.4 digunakan untuk analisis data, termasuk penerapan uji T dan ANOVA. Penelitian mendapatkan, bahwa nilai BOD dan COD limbah segar industri tahu sebesar 1.813 mg/L dan 2.570 mg/L. Pada tahap pertama perlakuan (koagulasi dengan PAC 690 mg/L dan 765 mg/L) terjadi penurunan BOD sebesar 51,7%, dan 61,1%. Pada parameter COD, penurunan sebesar 65,84% dan 67,55%. Pada tahap kedua (filtrasi), penurunan BOD lebih tinggi pada karbon aktif (79,33%) dibandingkan dengan zeolit (78,67%) dan kuarsa (75,46%). Penurunan COD terbesar juga pada karbon aktif (73,22%). Walaupun hasil statistik menunjukkan perbedaan yang nyata pada semua variasi dosis dan media, namun penggunaan PAC dosis 765 mg/L dan filtrasi karbon aktif memberikan efek terbesar terhadap penurunan BOD dan COD limbah cair industri tahu. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai alternatif dalam pengolahan fisika limbah cair industri tahu.

Kata kunci : BOD, COD, koagulasi, filtrasi, limbah-cair, tahu

INTRODUCTION

Water pollution has shown a serious problem in developing countries, including Indonesia. 75% of the total 57 rivers in Indonesia are heavily polluted (Dawud, Namara, Chayati, & Taqwa, 2016), caused

by household waste (domestic) and untreated industrial waste (Rusydi, Suherman, & Sumawijaya, 2017). The tofu industry is an essential source of pollutants (Sudaryanto, 2006).

Tofu and tempe are Indonesian specialties made from soybeans (*Glycine spp.*) (Herlambang, 2002). Tofu and tempe are healthy, nutritious, and inexpensive foods, so they are favored by all levels of society (Alvina & Hamdani, 2019). The tofu industry is found in almost all provinces in Indonesia. Currently, Indonesia is the largest importer of soybeans in Asia (Nur Mahdi & Suharno, 2019). About 50% of soybeans are used for making tempe, 40% for tofu and the rest is in other products (Alvina & Hamdani, 2019). The largest soybean exporter to Indonesia is the United States, with a US\$ 4.8 billion in 2013 (Puspawati, 2017).

Most of the tofu industry is included in the small business group. Even though it contributes to society's economy, on the other hand, it harms the environment in the form of water pollution (Sudaryanto, 2006). The limited level of business capital causes the tofu industry cannot build a wastewater treatment plant, so it is discharged directly into the river. (Amanda, Marufi, & Moelyaningrum, 2019). Tofu wastewater was produce from the washing, boiling, and pressing processes of tofu. Each year, the potential wastewater of the tofu and tempe industry is an estimated 51 million tons of Biochemical Oxygen Demand (BOD) (Herlambang, 2002).

Tofu industry wastewater contains suspended (SS) and dissolved solids (DS) consisting of fat, protein, and cellulose, which will undergo physical, chemical, and biological changes to produce toxic substances if not appropriately treated (Amanda et al., 2019; Puspawati, 2017; Sudaryanto, 2006). Amino acids are the main component that causes pollution of water (Sudaryanto, 2006). Another study said that tofu industrial wastewater contains protein (40%-60%), carbohydrates (25% - 50%), fat (10%), and other SS, which will produce toxic substances (Pradana, Suharno, & Apriansyah, 2018).

Several studies have reported varying quality of tofu wastewater. Puspawati's research results found (in ml/L units) Total SS=4,012.00, BOD=1,302.03, Chemical Oxygen Demand (COD)=4,188.27 (Puspawati, 2017). Alimsyah reported BOD=5,643-6,870 and COD=6,870-10,500 (Alimsyah & Damayanti, 2013). Bangun reports BOD=4,583, COD=7,050, TSS=4,743 (Ayu Ridaniati Bangun, Siti Aminah, Rudi Anas Hutahaeen, & M. Yusuf Ritonga, 2013). Other studies found TSS=5,016, BOD=3,200, and COD= 4.200 (Amanda et al., 2019); TSS=1,850, BOD=1,130, COD=1,900 (Mardhia & Abdullah, 2018); and BOD=1.324, COD=6,698 (Herlambang, 2002). The results presented indicate that tofu wastewater is above the quality standard, TSS=200; BOD=150; COD=300 (Menteri Lingkungan Hidup, 2014). Therefore, tofu wastewater must be processed before disposed to the environment (Alimsyah & Damayanti, 2013; Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013; Herlambang, 2002; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sayow, Tilaar, & Naskah, 2020).

Wastewater treatment aims to reduce pollutants so that they are safely disposed to the environment. Pollutants in wastewater are mainly organic, inorganic, DS and SS. Environmental quality standards are the highest limits for the quality of wastewater so that it is safe to dispose into the environment. The primary environmental quality standards are TSS, BOD, and COD (Menteri Lingkungan Hidup, 2014). The high content of pollutants in wastewater causes oxygen levels to decrease, thereby disrupting life in it (Pradana et al., 2018). Poor quality of water will impact reducing the number of biota in the water (Nangin, Langoy, & Katili, 2015; Yogafanny, 2015).

Many waste treatment methods have been developed: activated sludge, biological processes, electrocoagulation, filtration, coagulation, and flocculation—the industries with organic waste, the most

widely used biological processes with aerobic and anaerobic. In the tofu industry, the technology that is often used is biologically an-aerobic because it is cheap. However, technology has disadvantages; it creates odors, produces methane gas, and an efficiency of 70-80%, so it still contains high pollutants (Herlambang, 2002; Said, 2000). Physical processing is alternative to reduce as much as possible solids content in the wastewater so that the biological process becomes most lighter.

This study analyzes the reduction of tofu wastewater parameters by physical treatment with two stages of processing—the first stage (coagulation) using two variations of Polyalumunium Chloride (PAC) dose. The second stage (filtration) used three variations of the filter. It is hoped that the research results can be a better alternative to tofu wastewater processing to reduce the impact of environmental pollution

METHOD

Fresh wastewater is taken from the industrial tofu center in Gunung Sulah Village, Bandar Lampung City. PAC from a distributor of industrial chemicals; BOD and COD chemicals (H_2SO_4 , Ammonium Sulfate, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, and others) from Merck. The Messgerate model S6S six-spindle flocculator was used for the coagulation process. The research was conducted at the Tanjungkarang Health Polytechnic Laboratory.

The study was conducted in two stages to analyze the decrease in BOD and COD in tofu wastewater. The experiment was carried out with six replications. In the first stage, the coagulation process was carried out with PAC (dose 690 mg/L and 765 mg/L). PAC was added to fresh wastewater. The mixture was subjected to two minutes of rapid mixing at 180 rpm, followed by 25 minutes of mixing at 30 rpm and 30

minutes of settling. PAC dose 690 mg/L and 765 mg/L following Murwanto (2018).

The second stage is a filtration process with three variations: activated carbon, zeolite, and quartz. Each reactor is filled with different filtration media and set at a fixed rate. Substitution of the filter was carried out on each repetition to obtain the same conditions for each treatment. The filtration results are accommodated for testing the BOD and COD. BOD and COD were measured when fresh, after the coagulation process, and after filtration.

Measurement of BOD using the Winkler method. Two bottles (250 ml) of fresh wastewater were immediately taken, one bottle was measured for Dissolved Oxygen (DO day 0), and the other was stored at 4°C for the fifth day of measurement (DO₅). BOD is the difference of DO₀ and DO₅. BOD was measured at the end of each experimental stage. Measurement of COD levels using the Reflux method. Time of collection and measured together with DO₀ testing.

Data were analyzed using SAS (version 9.4) and were carried out in stages. Variable description with mean, minimum-maximum, and percentage reduction in BOD and COD. The formula calculates the percentage reduction:

$$\% \text{ reduction} = \frac{(\text{Value before} - \text{Value after})}{\text{Value before}} \times 100\%$$

The T-test was applied to determine of effect the first stage treatment (coagulation) on the BOD and COD. In the second stage, ANOVA and Bonferroni tests were used to determine the effect of filter media variation on the BOD and COD.

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 shows the BOD and COD of fresh tofu waste after treatment stage I and stage II. The BOD of fresh wastewater was 1813.00 mg/L, after the coagulation process

decreased to 790.00 mg/L (705.00-875.00), and after the stage II treatment became 417.03 (430.00-498.00). The percentage of reduction in BOD for fresh wastewater (Fig. 1) in stage I was 56.43% and 77.00% in stage II.

The COD of fresh wastewater was 2570.00 mg/L after the coagulation process decreased to 851.00 mg/L (824.00-878.00), and after the second stage, treatment became 830.19 mg/L (674.00-910.00). The percentage reduction of COD for fresh wastewater (Fig. 1) was 66.89% and 67.70%.

Table 1.
BOD and COD measurement results

	BOD			COD		
	Fresh	Stage I	Stage II	Fresh	Stage I	Stage II
Mean (mg/L)	1813,00	790,00	417,03	2570,00	851,00	830,19
Minimum (mg/L)	1813,00	705,00	340,00	2570,00	824,00	674,00
Maximum (mg/L)	1813,00	875,00	498,00	2570,00	878,00	910,00
Reduction (%)	-	56,43	77,00		66,89	67,70

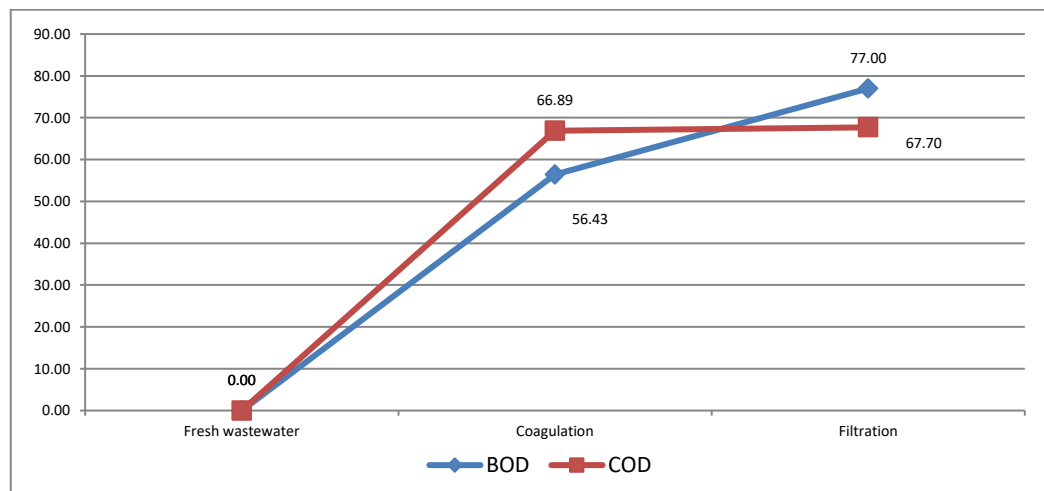


Figure 1. Percentage of reduction in BOD and COD based on treatment stages

The results showed that the coagulation process (Table 2) using a PAC dose of 690 mg/L could decrease the BOD from 1,813.00 mg/L to 875.00, or a reduction of 51.74%. Using PAC 765 mg/L can decrease the BOD from 1,813.00 mg/L to 705.00, or a reduction of 61.11%.

Reducing COD using a PAC 690 mg/L from 2,570.00 mg/L to 878.00 mg/L, or a reduction of 65.84%. Using a PAC 765 mg/L can decrease the COD from 2570.00 mg/L to 824.00 mg/L, or a reduction of 67.55%. Based on the coagulant dose, the PAC 790 mg/L had a more significant effect on reducing BOD.

Table 2.
BOD and COD value after coagulation

	BOD Value (mg/L)	Reduction (%)	p-value	COD Value (mg/L)	Reduction (%)	p-value
Fresh	1,813.00	-		2,570.00	-	
690 mg/L	875.00	51.74	0.0001	878.00	65.84	0.0001
765 mg/L	705.00	61.11		824.00	67.55	

A T-test ($\alpha=0.05$) was performed to see the difference in BOD and COD, before and after the coagulation process. The analysis results showed a significant difference in

BOD between before and after the coagulation process ($p\text{-value}=0.001$). The significant difference was also in the COD ($p\text{-value} = 0.001$).

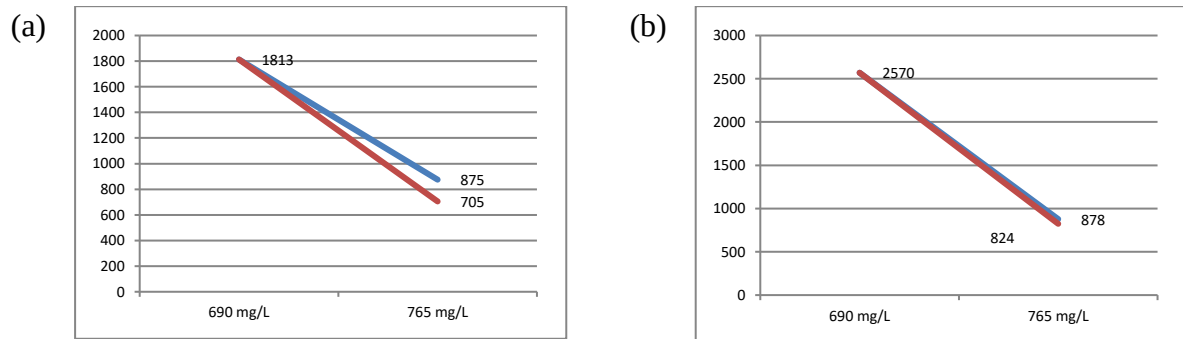


Figure 2. BOD (a) and COD (b) value, before and after the coagulation process

In stage two, the sample that has been coagulated with PAC is followed by a filtration process. Three types of media were used: quartz-sand, activated carbon, and zeolite (Table 3). In the sample group with a 690 mg/L coagulation dose, the highest average BOD using quartz (452.17 mg/L) and the lowest using activated carbon (405.50 mg/L). In the COD, the highest value was using quartz (896.33 mg/L), and the lowest was using activated carbon (834.00 mg/L).

The first group used PAC 765 mg/L; the highest BOD with quartz (445.00 mg/L), and the lowest with activated carbon (374.83 mg/L). While the highest COD used quartz (866.33 mg/L) and the lowest used activated carbon (736.33 mg/L). The second stage treatment showed that the

highest reduction in BOD and COD used an activated carbon at a PAC dose of 690 mg/L or 765 mg/L.

ANOVA test was applied to determine the differences in BOD and COD after treatment based on variations of filter, both at the PAC 690 mg/L and 765 mg/L (Table 3). The sample group using 690 mg/L showed a significant difference in BOD based on the filter used ($p=0.007$). Likewise, the COD parameter also significant ($p=0.005$).

In the sample group using 765 mg/L, the BOD showed a significant difference based on the variation of media ($p=0.011$). Likewise, the COD parameter also significant ($p=0.015$).

Table 3.
BOD and COD values after filtration

PAC Dose	Parameters	Filters	n	Mean	SD	F	p-value
690 mg/L	BOD	Quartz	6	452.17	32.74	7.009	0.007
		Activated Carbon	6	405.50	19.11		
		Zeolite	6	438.00	5.76		
	COD	Quartz	6	862.00	27.42	7.864	0.005
		Activated Carbon	6	834.00	36.83		
		Zeolite	6	896.33	11.06		
765 mg/L	BOD	Quartz	6	445.00	35.79	6.221	0.011
		Activated Carbon	6	374.83	33.25		
		Zeolite	6	386.67	41.18		
	COD	Quartz	6	866.33	27.41	5.589	0.015
		Activated Carbon	6	736.33	80.10		
		Zeolite	6	786.17	81.78		

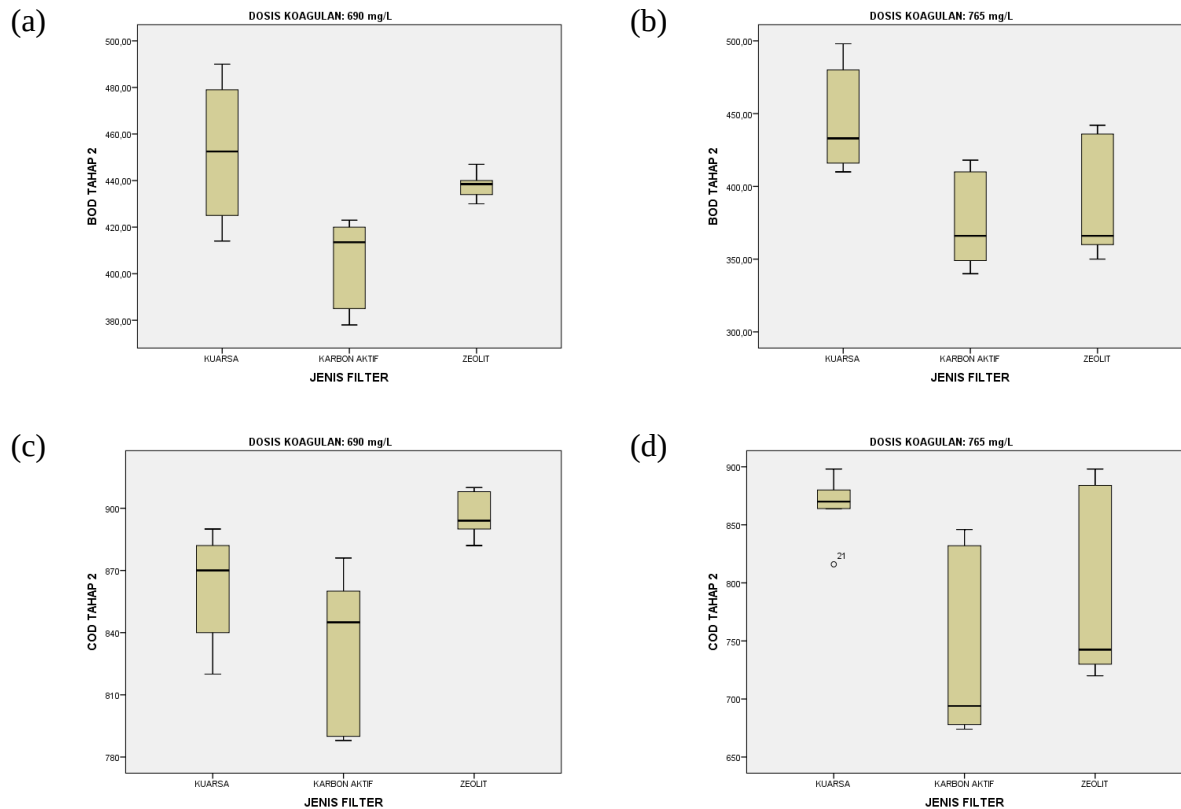


Figure 3. BOD and COD values after filtration with various media at a PAC dose of 690 mg/L (a) (c), and 765 mg/L (b) (d).

The Bonferroni test was carried out to determine the differences in BOD and COD between types of filter media at a PAC dose (Table 4). In the PAC 690 mg/L group, there was a significant difference in BOD between activated carbon and quartz (p-value=0.007). There was a significant difference between activated carbon and zeolite (p-value=0.004).

In the first stage treatment group with a dose of 765 mg/L, the BOD value was significantly different between activated carbon and quartz sand (p-value=0.015), activated carbon, and zeolite (p-value=0.015), as well as zeolite and quartz sand (p-value=0.046). In COD, a significant

difference between activated carbon and
Table 4.
Bonferroni test ($\alpha=0,05$)

quartz sand ($p\text{-value}=0.014$).

PAC Dose	Parameters		Filter ($p\text{-value}$)		
			Quartz	Activated Carbon	Zeolite
690 mg/L	BOD/COD	Kuarsa	-	0.007*/0.287	0.855/0.137
		Karbon aktif	0.007*/0.287	-	0.068/0.004*
		Zeolit	0.855/0.137	0.068/0.004*	-
765 mg/L	BOD/COD	Kuarsa	-	0.015/0.014	0.046*/0.177
		Karbon aktif	0.015*/0.014*	-	0.015*/0.670
		Zeolit	0.046*/0.177	0.015*/0.670	-

* signifikan ($\alpha<0,05$)

Tofu is a food made from the main ingredient of soybeans (*Glycine spp.*), a simple manufacturing process. The principle of making tofu is to extract protein, then coagulate it with the help of CH_3COOH or $\text{CaSO}_4 \cdot \text{nH}_2\text{O}$ (Herlambang, 2002). Tofu industrial wastewater comes from the washing, boiling, and pressing processes of tofu, containing protein (40%-60%), carbohydrates (25%-0%), fat (10%), SS, and DS, which will produce toxic substances if not processed (Amanda et al., 2019; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sudaryanto, 2006).

Generally, tofu waste treatment is carried out using anaerobic biological systems (Herlambang, 2002). The anaerobic wastewater treatment process is a metabolism without oxygen and is carried out by anaerobic bacteria, usually used for wastewater with a high organic matter (Rahadi, Wirosedarmo, & Harera, 2018). However, this processing method produces methane gas (CH_4) which causes an odor and an efficiency of 70-80%, so that it still contains high pollutants (Herlambang, 2002; Said, 2000).

The results showed that the BOD of tofu industry wastewater was 1,813.00 mg/L, and COD was 2,570.00 mg/L; it is far from the quality standard (BOD=150 mg/L; COD=300 mg/L) (Menteri Lingkungan Hidup, 2014). The high content of pollutants can cause pollution of water (Sudaryanto, 2006). So it must be processed

before disposing to the environment (Alimsyah & Damayanti, 2013; Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013; Herlambang, 2002; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sayow et al., 2020).

In this research, for the first stage treatment (coagulation) using a PAC 690.00 mg/L, there was a decrease in BOD from 1813.00 mg/L to 875.00 mg/L (51.74%), and COD from 2570, 00 mg/L becomes 878.00 mg/L (65.84%). Using PAC 765 mg/L, BOD decreased to 705.00 mg/L (61.11%), and COD to 824.00 mg/L (67.55%). These results indicate that the coagulation process with PAC can reduce BOD and COD by more than 50%. Using a dose of 765 mg/L can reduce it to more than 61%.

The coagulation is the technology most widely applied in the world as a vital step in removing colloid particles, natural organic matter, microorganisms, and inorganic ions from untreated water (Ahmad & Danish, 2018; Kakoi, Kaluli, Ndiba, & Thiong'o, 2016; Kristianto, 2017; Maurya & Daverey, 2018; Muthuraman & Sasikala, 2014; Sillanpää, Ncibi, Matilainen, & Vepsäläinen, 2018; Tripathy & De, 2006). Coagulants are essential ingredients in the coagulation-flocculation process, which refers to the agglomeration process of colloid particles with an average size of 5-200 nm and small SS in water (Carolin, Kumar, Saravanan, Joshiba, & Naushad, 2017; Debora Peruço Theodoro, Felipe Lenz, Fiori Zara, & Bergamasco, 2013; Fu,

Meng, Lu, Jian, & Di, 2019; Hakizimana et al., 2017; Kristianto, 2017; O'Connell, Birkinshaw, & O'Dwyer, 2008; Salehizadeh, Yan, & Farnood, 2018; Senthil Kumar et al., 2019; Shen, Gao, Guo, & Yue, 2019; Sillanpää et al., 2018).

There are four mechanisms in coagulation: double layer compression, polymer bridging, neutralization, and coagulation sweep (Kristianto, 2017). Double-layer compression is caused by high electrolyte concentrations in solution, thereby reducing the repulsive force of colloidal particles. Bridging polymer usually occurs when long-chain polymers are adsorbed on particles and leave the coagulant polymer segments to bridge the particles, forming strong lumps. Charge neutralization occurs when coagulant polymers with opposite charges are absorbed on the surface of the particles. So that will be neutralizing the charge of colloidal particles. Coagulation sweep occurs when metal coagulants are added in doses that are much higher than the solubility of amorphous hydroxides, resulting in precipitation (Duan & Gregory, 2003; Kristianto, 2017).

Of the four mechanisms, bridging is the best mechanism (Kristianto, 2017). However, it takes the correct dose. At higher doses, colloid particles are stabilized due to steric repulsion from the polymer covering the particles. Instead, there are not enough polymer chains at low doses to form a bridging process (Kristianto, 2017; Tripathy & De, 2006). In this study, a dose of 765 mg/L could form a bridging process and was stable, making it practical for use in tofu wastewater treatment. The correct coagulant dose will increase turbidity significantly, be avowed effective if it can reduce solids by at least 50% (Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013).

In this study, the coagulant used is PAC, a synthetic polymer that is easier to hydrolyze, has a long molecular chain, and a large electric charge. The advantages of

PAC in wastewater treatment are forming flocks quickly, produce less sludge, and produce small aluminum residues (Ignasius, 2014). The analysis results (Table 2) show a significant difference in BOD and COD between before and after the coagulation process ($p\text{-value}=0.001$; $p\text{-value}=0.001$). It shows the effect of the coagulation process on the decrease in BOD and COD. This study consistent with the previous studies, which concluded that the higher the dose, the greater the suspended solids would be removed (Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013; Murwanto, 2018; Rahmah & Mulasari, 2016).

Three types of media are used in the filtration: quartz, activated carbon, and zeolite (Table 3). The results showed the highest decrease BOD with activated carbon, from 705.00 mg/L to 374.83 mg/L; or 46.83% compared to the results of phase I, and 79.33% compared the fresh wastewater. Likewise, for COD, the highest decrease was also using activated carbon, from 824.00 mg/L to 736.33 mg/L; or 10.64% compared to stage I and 71.35% compared to fresh wastewater COD. Statistically, activated carbon media had the most significant effect on reducing BOD and COD (Table 3).

This study is consistent with the previous study, which concluded that activated carbon was effectively used in tofu wastewater treatment, reducing BOD from 333.2 mg/L to 294 mg/L, and COD from 666.4 mg/L to 588 mg/L (Budiman & Amirsan, 2015); COD from 3,200 mg/L (Alimsyah & Damayanti, 2013). These results are also consistent with several other studies (Astuti, Wisaksono, & Nurwini, 2007; Larasati, Andita, Susanawati, Liliya, & Suharto, 2015; Lempang, 2014; Murwanto, 2018; Nurlina, Zahara, Gusrizal, & Kartika, 2015; Purnawan, Martini, & Aidah, 2014; Ronny & Syam, 2018; Sutapa, 2014).

In addition to filtration, there is also an adsorption process of pollutant molecules on the activated carbon surface. So, the concentration will decrease. Adsorption occurs because there is a force field on the adsorbent surface that attracts the adsorbate molecules, forming a thin layer on the surface of activated carbon. (Nurlina et al., 2015). The coagulation process with PAC 765 mg/L and followed by filtration using activated carbon reduced BOD to 374.83 mg/L and COD by 736.33 mg/L. This result is equivalent to a decrease of 79.33% and 71.35% compared to the initial conditions (fresh wastewater). Although the final results have not met the specified quality standards, it has proven that the coagulation and filtration methods can reduce BOD and COD by above 60%.

CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS

The results showed that the BOD and COD of tofu industrial wastewater were 1,813.00 mg/L and 2,570.00 mg/L, far exceeding the required quality standards. The coagulation process with PAC affected reducing BOD and COD by 61.11% and 67.55%. In the filtration process, activated carbon significantly decreased waste parameters, reaching 79.33% for BOD and 71.35% for COD. So that the final BOD value is 374.83 mg/L, and COD is 736.33 mg/L. Although the final results of the treatment have not met the specified quality standards, research has proven that physical processing with coagulation and filtration methods can reduce BOD and COD in tofu wastewater by above 60%. The results of this research can be used as an alternative in the physical processing of tofu industrial wastewater to improve the performance of biological processing at a later stage.

Conflict of Interest

The authors declare there is no conflict of interest.

REFERENCES

- Ahmad, T., & Danish, M. (2018). Prospects of banana waste utilization in wastewater treatment: A review. *Journal of Environmental Management*, 206, 330–348. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.061>
- Alimsyah, A., & Damayanti, A. (2013). Penggunaan Arang Tempurung Kelapa dan Eceng Gondok untuk Pengolahan Air Limbah Tahu dengan Variasi Konsentrasi. *Jurnal Teknik ITS*, 2(1), D6–D9. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v2i1.3170>
- Alvina, A., & Hamdani, D. (2019). Proses Pembuatan Tempe Tradisional. *Jurnal Pangan Halal*, 1(1), 1/4. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30997/jiph.v1i1.2004>
- Amanda, Y. T., Marufi, I., & Moelyaningrum, A. D. (2019). Pemanfaatan Biji Trembesi (Samanea saman) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan BOD, COD, TSS dan Kekeruhan Pada Pengolahan Limbah Cair Tempe. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 2(3), 92. <https://doi.org/10.19184/bip.v2i3.16275>
- Astuti, A. D., Wisaksono, W., & Nurwini, A. R. (2007). Pengolahan Air Limbah Tahu Menggunakan Bioreaktor Anaerob-Aerob Bermedia Karbon Aktif dengan Variasi Waktu Tunggal. *Teknologi Lingkungan*, 4(2), 30–35.
- Ayu Ridaniati Bangun, Siti Aminah, Rudi Anas Hutahaeen, & M. Yusuf Ritonga. (2013). Pengaruh Kadar Air, Dosis Dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(1), 7–13. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i1.1420>
- Budiman, & Amirsan. (2015). Efektivitas Abu Sekam Padi Dan Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Bod Dan

- Cod Pada Limbah Cair Industri Tahu Super Afifah Kota Palu. *Kesehatan Tadulako*, 1(2), 23–32.
- Carolin, C. F., Kumar, P. S., Saravanan, A., Joshiba, G. J., & Naushad, M. (2017). Efficient techniques for the removal of toxic heavy metals from aquatic environment: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(3), 2782–2799.
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.05.029>
- Dawud, M., Namara, I., Chayati, N., & Taqwa, F. M. L. (2016). Analisis Sistem Pengendalian Pencemaran Air Sungai Cisadane Kota Tangerang Berbasis Masyarakat. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2016*, 6(November), 1–8. Retrieved from <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/viewFile/702/647>
- Debora Peruço Theodoro, J., Felipe Lenz, G., Fiori Zara, R., & Bergamasco, R. (2013). *Coagulants and Natural Polymers: Perspectives for the Treatment of Water*. 2(3), 55–62. Retrieved from www.seipub.org/papt
- Duan, J., & Gregory, J. (2003). Coagulation by hydrolysing metal salts. *Advances in Colloid and Interface Science*, 100–102(SUPPL.), 475–502.
[https://doi.org/10.1016/S0001-8686\(02\)00067-2](https://doi.org/10.1016/S0001-8686(02)00067-2)
- Fu, Y., Meng, X. J., Lu, N. N., Jian, H. L., & Di, Y. (2019). Characteristics changes in banana peel coagulant during storage process. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(12), 7747–7756.
<https://doi.org/10.1007/s13762-018-02188-0>
- Hakizimana, J. N., Gourich, B., Chafi, M., Stiriba, Y., Vial, C., Drogui, P., & Naja, J. (2017). Electrocoagulation process in water treatment: A review of electrocoagulation modeling approaches. *Desalination*, 404, 1–21.
<https://doi.org/10.1016/j.desal.2016.10.011>
- Herlambang, A. (2002). Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu-Tempe. In *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri* (1st ed., pp. 149–222). Jakarta: Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (BPPT) – Proyek Pembinaan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup BAPEDALDA Kota Samarinda.
- Ignasius, D. A. S. (2014). Perbandingan Efisiensi Koagulan Poli Aluminium Khlorida Dan Aluminium Sulfat Dalam Menurunkan Turbiditas Air Gambut Dari Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 24(2), 13–21.
- Kakoi, B., Kaluli, J. W., Ndiba, P., & Thiong'o, G. (2016). Banana pith as a natural coagulant for polluted river water. *Ecological Engineering*, 95, 699–705.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.07.001>
- Kristianto, H. (2017). The Potency of Indonesia Native Plants as Natural Coagulant: a Mini Review. *Water Conservation Science and Engineering*, 2(2), 51–60.
<https://doi.org/10.1007/s41101-017-0024-4>
- Larasati, Andita, I., Susanawati, Liliya, D., & Suharto, B. (2015). Efektivitas Adsorpsi Logam Berat Pada Air Lindi Menggunakan Media Karbon Aktif, Zeolit dan Silika Gel TPA Tlekung, Batu. *Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, 44–48.
- Lempang, M. (2014). Pembuatan dan Kegunaan Karbon Aktif. *Info Teknis EBONI*, 11(2), 65–80.
<https://doi.org/https://doi.org/10.20886/buleboni.5041>
- Mardhia, D., & Abdullah, V. (2018). Studi Analisis Kualitas Air Sungai Brangbiji Sumbawa Besar. *Jurnal Biologi Tropis*, 18(2).
<https://doi.org/10.29303/jbt.v18i2.860>
- Maurya, S., & Daverey, A. (2018). Evaluation of plant-based natural

- coagulants for municipal wastewater treatment. *3 Biotech*, 8(1), 1–4.
<https://doi.org/10.1007/s13205-018-1103-8>
- Menteri Lingkungan Hidup. *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 / 2014 Tentang Baku Mutu Limbah Cair.*, (2014).
- Murwanto, B. (2018). Efektivitas Jenis Koagulan Poly Aluminium Chloride Menurut Variansi Dosis dan Waktu Pengadukan terhadap Penurunan Parameter Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Kesehatan*, 9(1), 143.
<https://doi.org/10.26630/jk.v9i1.771>
- Muthuraman, G., & Sasikala, S. (2014). Removal of turbidity from drinking water using natural coagulants. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(4), 1727–1731.
<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.08.023>
- Nangin, S. R., Langoy, M. L., & Katili, D. Y. (2015). Makrozoobentos Sebagai Indikator Biologis dalam Menentukan Kualitas Air Sungai Suhuyon Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA*, 4(2), 165.
<https://doi.org/10.35799/jm.4.2.2015.9515>
- Nur Mahdi, N., & Suharno, S. (2019). Analisis Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Impor Kedelai di Indonesia. *Forum Agribisnis*, 9(2), 160–184.
<https://doi.org/10.29244/fagb.9.2.160-184>
- Nurlina, Zahara, T. A., Gusrizal, & Kartika, I. D. (2015). Effective Use Of Alum And Activated Carbon In Tofu Waste Water Treatment. *SEMIRATA 2015 Universitas Tanjungpura, Pontianak*, 690–699. Pontianak.
- O'Connell, D. W., Birkinshaw, C., & O'Dwyer, T. F. (2008). Heavy metal adsorbents prepared from the modification of cellulose: A review. *Bioresource Technology*, 99(15), 6709–6724.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.01.036>
- Pradana, T. D., Suharno, & Apriansyah. (2018). Pengolahan limbah cair tahu untuk menurunkan kadar tss dan bod. *Jurnal Vokasi Kesehatan*, 4(2), 1–7.
<https://doi.org/https://doi.org/10.30602/jvk.v4i2.9>
- Purnawan, C., Martini, T., & Aidah, S. (2014). Penurunan Kadar Protein Limbah Cair Tahu Dengan Pemanfaatan Karbon Bagasse. *Jurnal Manusia Dn Lingkungan*, 21(2), 143–148.
<https://doi.org/https://doi.org/10.22146/jml.18537>
- Puspawati, S. W. (2017). Alternatif Pengolahan Limbah Industri Tempe Dengan Kombinasi Metode Filtrasi Dan Fitoremediasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengolaan Limbah*, 15, 129–136. Retrieved from http://repo-nkm.batan.go.id/5739/2/PROSIDING_SW_PUSPITAWATI_SIL_UI_2017.pdf
- Rahadi, B., Wirosodarmo, R., & Harera, A. (2018). Sistem Anaerobik-Aerobik Pada Pengolahan Limbah Industri Tahu Untuk Menurunkan Kadar BOD5, COD, Dan TSS. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan* 17, 5(1), 17–26.
<https://doi.org/https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2018.005.01.3>
- Rahmah, R., & Mulasari, S. A. (2016). Pengaruh Metode Koagulasi, Sedimentasi Dan Variasi Filtrasi Terhadap Penurunan Kadar Tss, Cod Dan Warna Pada Limbah Cair Batik. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 2(1), 7.
<https://doi.org/10.26555/chemica.v2i1.4560>
- Ronny, & Syam, D. M. (2018). Aplikasi Teknologi Saringan Pasir Silika dan Karbon Aktif dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Limbah Cair Rumah Sakit Mitra Husada Makassar. *Jurnal Higiene*, 4(2), 1–5.
- Rusydi, A. F., Suherman, D., & Sumawijaya, N. (2017). Pengolahan

- Air Limbah Tekstil Melalui Proses Koagulasi – Flokulasi Dengan Menggunakan Lempung Sebagai Penyumbang Partikel Tersuspensi (Studi Kasus: Banaran, Sukoharjo dan Lawean, Kerto Suro, Jawa Tengah). *Arena Tekstil*, 31(2), 105–114.
<https://doi.org/10.31266/at.v31i2.1671>
- Said, N. I. (2000). Teknologi Pengolahan Air Limbah. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(2), 101–113.
- Salehizadeh, H., Yan, N., & Farnood, R. (2018). Recent advances in polysaccharide bio-based flocculants. *Biotechnology Advances*, 36(1), 92–119.
<https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2017.10.002>
- Sayow, F., Tilaar, B. V. J. P. W. A., & Naskah, K. D. (2020). Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu Dan Tempe Rahayu Di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Agri-Sosioekonomi*, 16(2), 245–252.
<https://doi.org/10.35791/agrsossek.16.2.2020.28758>
- Senthil Kumar, P., Janet Joshiba, G., Femina, C. C., Varshini, P., Priyadharshini, S., Arun Karthick, M. S., & Jothirani, R. (2019). A critical review on recent developments in the low-cost adsorption of dyes from wastewater. *Desalination and Water Treatment*, 172, 395–416.
<https://doi.org/10.5004/dwt.2019.24613>
- Shen, X., Gao, B., Guo, K., & Yue, Q. (2019). Application of composite flocculants for removing organic matter and mitigating ultrafiltration membrane fouling in surface water treatment: the role of composite ratio. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 5(12), 2242–2250.
<https://doi.org/10.1039/C9EW00528E>
- Sillanpää, M., Ncibi, M. C., Matilainen, A., & Vepsäläinen, M. (2018). Removal of natural organic matter in drinking water treatment by coagulation: A comprehensive review. *Chemosphere*, 190, 54–71.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.09.113>
- Sudaryanto, T. (2006). *Ekonomi Kedelai di Indonesia*. (Bps), 1–27.
- Sutapa, I. D. A. (2014). Perbandingan Efisiensi Koagulan Poly Alumunium Chloride (PAC) dan Alumunim Sulfat Dalam Menurunkan Turbiditas Air Gambut dari Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 24(1), 13.
<https://doi.org/10.14203/risetgeotam2014.v24.78>
- Tripathy, T., & De, B. R. (2006). Flocculation: A new way to treat the waste water. *Journal of Physical Sciences*, 10, 93–127.
- Yogafanny, E. (2015). Pengaruh Aktivitas Warga di Sempadan Sungai terhadap Kualitas Air Sungai Winongo. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 7(1), 29–40.
<https://doi.org/10.20885/jstl.vol7.iss1.art3>

Coagulation and Filtration Methods on Tofu Wastewater Treatment

6. Pemberitahuan artikel accepted (30 Mei 2021)

[jika] Editor Decision

Editorial Office <jurnal.aisyah@gmail.com>

30 Mei 2021 pukul 23.37

Kepada: Prayudhy Yushananta <prayudhyyushananta@gmail.com>

Cc: Bambang Murwanto <bam9murwanto@gmail.com>, Agus Sutopo <agussutopo@poltekkes-tjk.ac.id>

Dear Mr. Prayudhy Yushananta and Colleague:

We have reached a decision regarding your submission ID #JKA-505 (Please mention this ID in all future correspondence regarding this submission) to the Jurnal Aisyah : Jurnal Ilmu Kesehatan, with entitle "COAGULATION AND FILTRATION METHODS ON TOFU WASTEWATER TREATMENT".

Hereby, we would like to inform you that your manuscript is declared accepted and is waiting for the schedule to be published in the Jurnal Aisyah: Jurnal Ilmu Kesehatan.

In this regard, please pay Article processing charges (APCs) of IDR 2,044,000 (140USDx14,600IDR, see <https://kurs.web.id/bank/bri>). Payment can be transferred to Bank Rakyat Indonesia (BRI)

Account Name: Hamid Mukhlis
No. Account. 7724-01-004112-53-5

After making the payment, please send a proof of transfer along with the Statement Letter Form that has been signed on the stamp (the form can be downloaded here <http://bit.ly/StatementLetter>) via email with the address jurnal.aisyah@gmail.com.

Scheduling Manuscript issuance will be processed immediately after the proof of payment transfer and the completed form statement letter is sent via email.

There are still a few more processes being passed. Please check your mail Inbox or Spam folder regularly to get further information.

Thank you for your attention and cooperation.

Warmest Regard,

Editorial Office
Jurnal Aisyah: Jurnal Ilmu Kesehatan
jurnal.aisyah@gmail.com

Jurnal Aisyah : Jurnal Ilmu Kesehatan
<https://aisyah.journalpress.id/index.php/jika>

Coagulation and Filtration Methods on Tofu Wastewater Treatment

7. Pembayaran APC

- Pemberitahuan pengiriman bukti pembayaran APC dan Author statement (31 Mei 2021)
- Konfirmasi penerimaan bukti pembayaran APC dan Author statement (1 Juni 2021)

APC dan Author Statement

Prayudhy Yushananta <prayudhyyushananta@gmail.com>
Kepada: Editorial Office <jurnal.aisyah@gmail.com>

31 Mei 2021 pukul 22.27

Assalamualaikum Wr. Wb

Saaya kirimkan biaya APC dan Authors Statement manuskrip dengan judul "COAGULATION AND FILTRATION METHODS ON TOFU WASTEWATER TREATMENT".

Terima kasih.
Wassalamualaiku Wr. Wb

2 lampiran



BUKTI_BAYAR_TOFU.png
91K



Author Statemment_TOFU.pdf
326K



Prayudhy Yushananta <prayudhyyushananta@gmail.com>

[jika] Editor Decision

Jurnal Aisyah <jurnal.aisyah@gmail.com>

1 Juni 2021 pukul 08.45

Kepada: Prayudhy Yushananta <prayudhyyushananta@gmail.com>

Walaikumsalamwrwb bpk. Yushananta.

Terimakasih sudah melakukan pembayaran biaya publikasi artikel.

Salam.

[Kutipan teks disembunyikan]

Coagulation and Filtration Methods on Tofu Wastewater Treatment

8. LoA (2 Juni 2021)



ACCEPTANCE CERTIFICATE OF SCIENTIFIC ARTICLE

Date : 2 June 2021

Manuscript Tittle : COAGULATION AND FILTRATION METHODS ON TOFU
WASTEWATER TREATMENT"

Name of Author(s) : Bambang Murwanto, Agus Sutopo, Prayudhy Yushananta

Dear Mr Prayudhy Yushananta and colleague

Thank you very much for your submission to our journal. We are pleased to inform you that your paper (with ID number #JIKA-505) has been accepted for publication on Jurnal Aisyah: Jurnal Ilmu Kesehatan (JIKA) corresponding to Vol 6 Issue 2, June 2021. This letter is official confirmation of acceptance of your research paper.

Thank you for considering this journal as a venue for your research interests.

Yours sincerely,
Jurnal Aisyah: Jurnal Ilmu Kesehatan



Hamid Mukhlis, M.Psi., Psikolog
Managing Editor

Coagulation and Filtration Methods on Tofu Wastewater Treatment

9. Pemberitahuan Galley (22 Juni 2021)

- Pemberitahuan dari editor untuk koreksi galley
- Lampiran galley artikel



Prayudhy Yushananta <prayudhyyushananta@gmail.com>

[jika] Editor Decision

Jurnal Aisyah <jurnal.aisyah@gmail.com>

22 Juni 2021 pukul 23.24

Kepada: Prayudhy Yushananta <prayudhyyushananta@gmail.com>

Walaikumsalamwrwb pak Yushananta.

Berikut kami kirimkan fulltext yang masih dalam bentuk galley.

Naskah akan dipublish pada tanggal 25 Juni 2021.

Terimakasih, salam.

[Kutipan teks disembunyikan]



38. Coagulation and Filtration Methods on Tofu Wastewater Treatment.pdf

1048K



Coagulation and Filtration Methods on Tofu Wastewater Treatment

Bambang Murwanto¹; Agus Sutopo²; Prayudhy Yushananta^{3*}

^{1,2,3*)} Politeknik Kesehatan Kemenkes Tanjungkarang

ARTICLE INFO

Article history: (Biarkan saja)

Received 11 March 2021

Accepted 30 May 2021

Published 25 June 2021

Keyword:

BOD
COD
Coagulation
Filtration
Wastewater
tofu

ABSTRACT

The tofu industry is a small industry (home industry) that produces wastewater between 100-200 times the allowable limit and is usually discharged directly into water bodies, thus polluting the environment. This study aims to combine the coagulation method (stage 1) using Polyalumunium Chloride (PAC) with filtration (stage 2) on several variations of materials (quartz, activated carbon, and zeolite). The study was conducted with six replications. The comparison of waste quality (BOD, COD) was observed at each stage of the study. The SAS 9.4 was used for data analysis, including the application of the T-test and ANOVA. The study found that coagulation with PAC 690 mg/L reduced BOD by 51.7% and a dose of 765 mg/L by 61.1%. In the COD parameter, the reductions were 65.84% and 67.55%. In the second stage (filtration), the reduction in BOD was higher in activated carbon (79.33%) compared to zeolite (78.67%) and quartz (75.46%). Activated carbon also had the most COD reduction effect (73.22%). Although the statistical results showed significant differences in all doses and media, the use of 765 mg / L PAC and activated carbon filtration had the most effect on reducing BOD and COD of tofu industrial wastewater. This research can be used as an alternative in the physical processing of tofu industrial wastewater.

This open access article is under the CC-BY-SA license.



Metode Koagulasi dan Filtrasi pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu

ABSTRAK

Industri tahu dan tempe merupakan industri kecil (home industry) yang menghasilkan limbah antara 100-200 kali batas yang diijinkan dan biasanya langsung dibuang ke badan air, sehingga mencemari lingkungan. Penelitian bertujuan menggunakan metode koagulasi (tahap 1) dengan Polyalumunium Chloride (PAC), dan metode filtrasi (tahap 2) dengan tiga variasi bahan (kuarsa, karbon aktif, dan zeolit). Penelitian dilakukan dengan enam replikasi. Perbandingan kualitas limbah (BOD, COD) diamati pada setiap tahap penelitian. Perangkat SAS 9.4 digunakan untuk analisis data, termasuk penerapan uji T dan ANOVA. Penelitian mendapatkan, bahwa nilai BOD dan COD limbah segar industri tahu sebesar 1.813 mg/L dan 2.570 mg/L. Pada tahap pertama perlakuan (koagulasi dengan PAC 690 mg/L dan 765 mg/L) terjadi penurunan BOD sebesar 51,7%, dan 61,1%. Pada parameter COD, penurunan sebesar 65,84% dan 67,55%. Pada tahap kedua (filtrasi), penurunan BOD lebih tinggi pada karbon aktif (79,33%) dibandingkan dengan zeolit (78,67%) dan kuarsa (75,46%). Penurunan COD terbesar juga pada karbon aktif (73,22%). Walaupun hasil statistik menunjukkan perbedaan yang nyata pada semua variasi dosis dan media, namun penggunaan PAC dosis 765 mg/L dan filtrasi karbon aktif memberikan efek terbesar terhadap penurunan BOD dan COD limbah cair industri tahu. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai alternatif dalam pengolahan fisika limbah cair industri tahu.

Kata kunci:

BOD
COD
Koagulasi
Filtrasi
limbah-cair
tahu

**) corresponding author*

Politeknik Kesehatan Kemenkes
Tanjungkarang

Email: prayudhyyushananta@gmail.com

DOI: 10.30604/jika.v6i2.505

This open access article is under the CC-BY-SA license.



INTRODUCTION

Water pollution has shown a serious problem in developing countries, including Indonesia. 75% of the total 57 rivers in Indonesia are heavily polluted (Dawud, Namara, Chayati, & Taqwa, 2016), caused by household waste (domestic) and untreated industrial waste (Rusydi, Suherman, & Sumawijaya, 2017). The tofu industry is an essential source of pollutants (Sudaryanto, 2006).

Tofu and tempe are Indonesian specialties made from soybeans (*Glycine spp.*) (Herlambang, 2002). Tofu and tempe are healthy, nutritious, and inexpensive foods, so they are favored by all levels of society (Alvina & Hamdani, 2019). The tofu industry is found in almost all provinces in Indonesia. Currently, Indonesia is the largest importer of soybeans in Asia (Nur Mahdi & Suharno, 2019). About 50% of soybeans are used for making tempe, 40% for tofu and the rest is in other products (Alvina & Hamdani, 2019). The largest soybean exporter to Indonesia is the United States, with a US\$ 4.8 billion in 2013 (Puspawati, 2017).

Most of the tofu industry is included in the small business group. Even though it contributes to society's economy, on the other hand, it harms the environment in the form of water pollution (Sudaryanto, 2006). The limited level of business capital causes the tofu industry cannot build a wastewater treatment plant, so it is discharged directly into the river. (Amanda, Marufi, & Moelyaningrum, 2019). Tofu wastewater was producing from the washing, boiling, and pressing processes of tofu. Each year, the potential wastewater of the tofu and tempe industry is an estimated 51 million tons of Biochemical Oxygen Demand (BOD) (Herlambang, 2002).

Tofu industry wastewater contains suspended (SS) and dissolved solids (DS) consisting of fat, protein, and cellulose, which will undergo physical, chemical, and biological changes to produce toxic substances if not appropriately treated (Amanda et al., 2019; Puspawati, 2017; Sudaryanto, 2006). Amino acids are the main component that causes pollution of water (Sudaryanto, 2006). Another study said that tofu industrial wastewater contains protein (40%-60%), carbohydrates (25% -50%), fat (10%), and other SS, which will produce toxic substances (Pradana, Suharno, & Apriansyah, 2018).

Several studies have reported varying quality of tofu wastewater. Puspawati's research results found (in ml/L units) Total SS=4,012.00, BOD=1,302.03, Chemical Oxygen Demand (COD)=4,188.27 (Puspawati, 2017). Alimsyah reported BOD=5,643-6,870 and COD=6,870-10,500 (Alimsyah & Damayanti, 2013). Bangun reports BOD=4,583, COD=7,050, TSS=4,743 (Ayu Ridaniati Bangun, Siti Aminah, Rudi Anas Hutahaean, & M. Yusuf Ritonga, 2013). Other studies found TSS=5,016, BOD=3,200, and COD= 4.200 (Amanda et al., 2019); TSS=1,850, BOD=1,130, COD=1,900 (Mardhia & Abdullah, 2018); and BOD=1.324, COD=6,698 (Herlambang, 2002). The results presented indicate that tofu wastewater is above the quality standard, TSS=200; BOD=150; COD=300 (Menteri Lingkungan Hidup, 2014). Therefore, tofu wastewater must be processed before disposed to the environment (Alimsyah & Damayanti, 2013; Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013; Herlambang, 2002; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sayow, Tilaar, & Naskah, 2020).

Wastewater treatment aims to reduce pollutants so that they are safely disposed to the environment. Pollutants in wastewater are mainly organic, inorganic, DS and SS. Environmental quality standards are the highest limits for the quality of wastewater so that it is safe to dispose into the environment. The primary environmental quality standards

are TSS, BOD, and COD (Menteri Lingkungan Hidup, 2014). The high content of pollutants in wastewater causes oxygen levels to decrease, thereby disrupting life in it (Pradana et al., 2018). Poor quality of water will impact reducing the number of biota in the water (Nangin, Langoy, & Katili, 2015; Yogafanny, 2015).

Many waste treatment methods have been developed: activated sludge, biological processes, electrocoagulation, filtration, coagulation, and flocculation—the industries with organic waste, the most widely used biological processes with aerobic and anaerobic. In the tofu industry, the technology that is often used is biologically an-aerobic because it is cheap. However, technology has disadvantages; it creates odors, produces methane gas, and an efficiency of 70-80%, so it still contains high pollutants (Herlambang, 2002; Said, 2000). Physical processing is alternative to reduce as much as possible solids content in the wastewater so that the biological process becomes most lighter.

This study analyzes the reduction of tofu wastewater parameters by physical treatment with two stages of processing—the first stage (coagulation) using two variations of Polyalumunium Chloride (PAC) dose. The second stage (filtration) used three variations of the filter. It is hoped that the research results can be a better alternative to tofu wastewater processing to reduce the impact of environmental pollution.

METHOD

Fresh wastewater is taken from the industrial tofu center in Gunung Sulah Village, Bandar Lampung City. PAC from a distributor of industrial chemicals; BOD and COD chemicals (H_2SO_4 , Ammonium Sulfate, $K_2Cr_2O_7$, and others) from Merck. The Messgerate model S6S six-spindle flocculator was used for the coagulation process. The research was conducted at the Tanjungkarang Health Polytechnic Laboratory.

The study was conducted in two stages to analyze the decrease in BOD and COD in tofu wastewater. The experiment was carried out with six replications. In the first stage, the coagulation process was carried out with PAC (dose 690 mg/L and 765 mg/L). PAC was added to fresh wastewater. The mixture was subjected to two minutes of rapid mixing at 180 rpm, followed by 25 minutes of mixing at 30 rpm and 30 minutes of settling. PAC dose 690 mg/L and 765 mg/L following Murwanto (2018).

The second stage is a filtration process with three variations: activated carbon, zeolite, and quartz. Each reactor is filled with different filtration media and set at a fixed rate. Substitution of the filter was carried out on each repetition to obtain the same conditions for each treatment. The filtration results are accommodated for testing the BOD and COD. BOD and COD were measured when fresh, after the coagulation process, and after filtration.

Measurement of BOD using the Winkler method. Two bottles (250 ml) of fresh wastewater were immediately taken, one bottle was measured for Dissolved Oxygen (DO day 0), and the other was stored at 4°C for the fifth day of measurement (DO₅). BOD is the difference of DO₀ and DO₅. BOD was measured at the end of each experimental stage. Measurement of COD levels using the Reflux method. Time of collection and measured together with DO₀ testing.

Data were analyzed using SAS (version 9.4) and were carried out in stages. Variable description with mean,

minimum-maximum, and percentage reduction in BOD and COD. The formula calculates the percentage reduction:

$$\% \text{ reduction} = \frac{(\text{Value before} - \text{Value after})}{\text{Value before}} \times 100\%$$

The T-test was applied to determine of effect the first stage treatment (coagulation) on the BOD and COD. In the second stage, ANOVA and Bonferroni tests were used to determine the effect of filter media variation on the BOD and COD.

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 shows the BOD and COD of fresh tofu waste after treatment stage I and stage II. The BOD of fresh wastewater was 1813.00 mg/L, after the coagulation process decreased to 790.00 mg/L (705.00-875.00), and after the stage II treatment became 417.03 (430.00-498.00). The percentage of reduction in BOD for fresh wastewater (Fig. 1) in stage I was 56.43% and 77.00% in stage II.

The COD of fresh wastewater was 2570.00 mg/L after the coagulation process decreased to 851.00 mg/L (824.00-878.00), and after the second stage, treatment became 830.19 mg/L (674.00-910.00). The percentage reduction of COD for fresh wastewater (Fig. 1) was 66.89% and 67.70%.

Table 1
BOD and COD measurement results

	BOD			COD		
	Fresh	Stage I	Stage II	Fresh	Stage I	Stage II
Mean (mg/L)	1813,00	790,00	417,03	2570,00	851,00	830,19
Minimum (mg/L)	1813,00	705,00	340,00	2570,00	824,00	674,00
Maximum (mg/L)	1813,00	875,00	498,00	2570,00	878,00	910,00
Reduction (%)	-	56,43	77,00		66,89	67,70

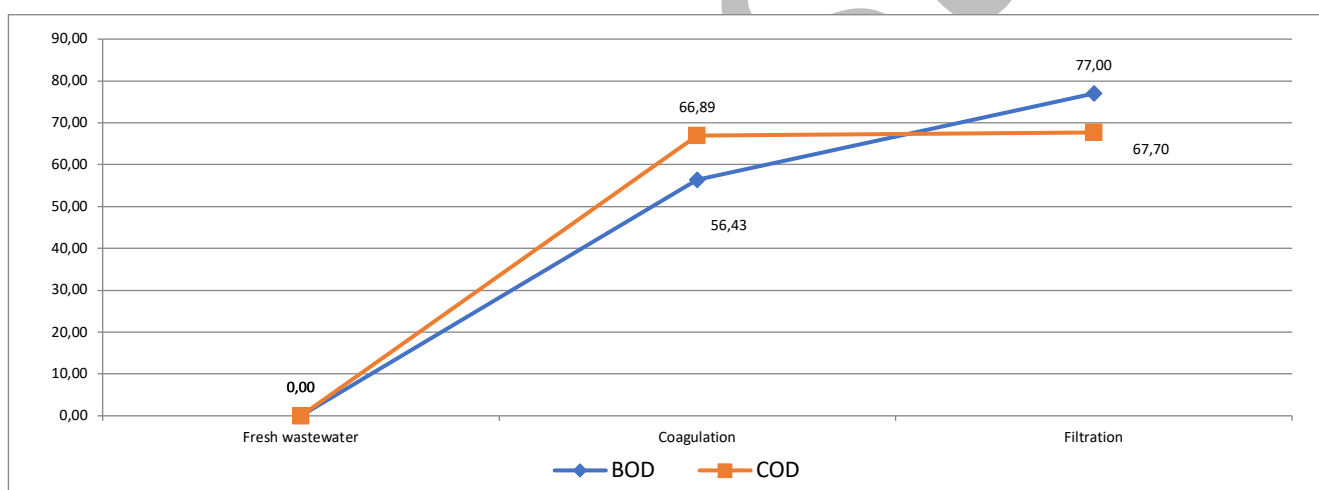


Figure 1. Percentage of reduction in BOD and COD based on treatment stages

The results showed that the coagulation process (Table 2) using a PAC dose of 690 mg/L could decrease the BOD from 1,813.00 mg/L to 875.00, or a reduction of 51.74%. Using PAC 765 mg/L can decrease the BOD from 1,813.00 mg/L to 705.00, or a reduction of 61.11%.

Reducing COD using a PAC 690 mg/L from 2,570.00 mg/L to 878.00 mg/L, or a reduction of 65.84%. Using a PAC 765 mg/L can decrease the COD from 2570.00 mg/L to 824.00 mg/L, or a reduction of 67.55%. Based on the coagulant dose, the PAC 790 mg/L had a more significant effect on reducing BOD.

Table 2
BOD and COD value after coagulation

	BOD			COD		
	Value (mg/L)	Reduction (%)	p-value	Value (mg/L)	Reduction (%)	p-value
Fresh	1,813.00	-		2,570.00	-	
690 mg/L	875.00	51.74	0.0001	878.00	65.84	0.0001
765 mg/L	705.00	61.11		824.00	67.55	

A T-test (alpha=0.05) was performed to see the difference in BOD and COD, before and after the coagulation process. The analysis results showed a significant difference in BOD

between before and after the coagulation process (p-value=0.001). The significant difference was also in the COD (p-value = 0.001).

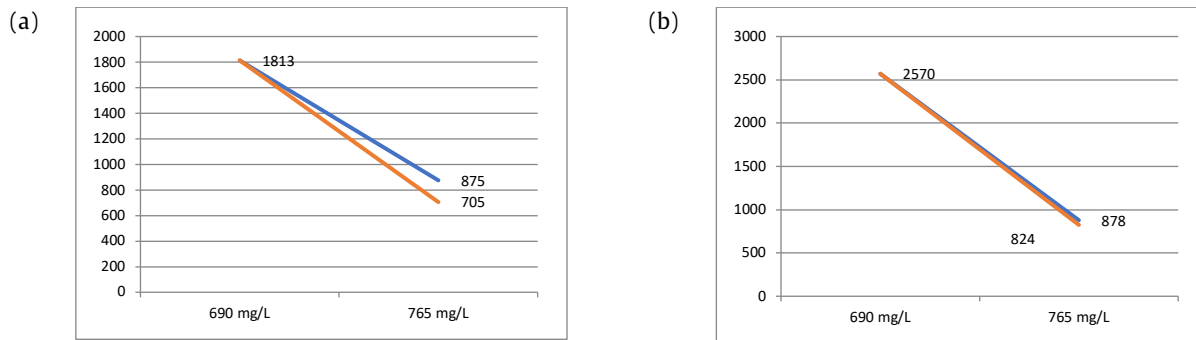


Figure 2. BOD (a) and COD (b) value, before and after the coagulation process

In stage two, the sample that has been coagulated with PAC is followed by a filtration process. Three types of media were used: quartz-sand, activated carbon, and zeolite (Table 3). In the sample group with a 690 mg/L coagulation dose, the highest average BOD using quartz (452.17 mg/L) and the lowest using activated carbon (405.50 mg/L). In the COD, the highest value was using quartz (896.33 mg/L), and the lowest was using activated carbon (834.00 mg/L). The first group used PAC 765 mg/L; the highest BOD with quartz (445.00 mg/L), and the lowest with activated carbon (374.83 mg/L). While the highest COD used quartz (866.33 mg/L) and the lowest used activated carbon (736.33 mg/L). The second stage treatment showed that the highest reduction in BOD

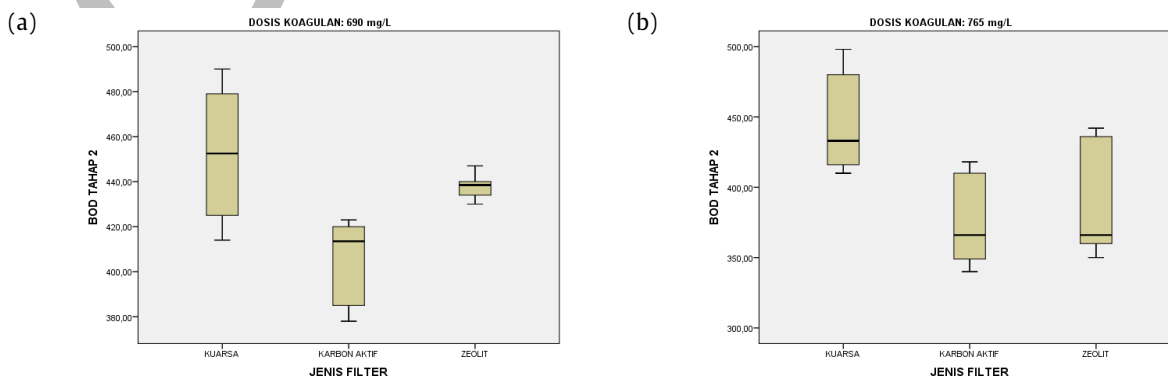
and COD used an activated carbon at a PAC dose of 690 mg/L or 765 mg/L.

ANOVA test was applied to determine the differences in BOD and COD after treatment based on variations of filter, both at the PAC 690 mg/L and 765 mg/L (Table 3). The sample group using 690 mg/L showed a significant difference in BOD based on the filter used ($p=0.007$). Likewise, the COD parameter also significant ($p=0.005$).

In the sample group using 765 mg/L, the BOD showed a significant difference based on the variation of media ($p=0.011$). Likewise, the COD parameter also significant ($p=0.015$).

Table 3
BOD and COD values after filtration

PAC Dose	Parameters	Filters	n	Mean	SD	F	p-value
690 mg/L	BOD	Quartz	6	452.17	32.74	7.009	0.007
		Activated Carbon	6	405.50	19.11		
		Zeolite	6	438.00	5.76		
	COD	Quartz	6	862.00	27.42	7.864	0.005
		Activated Carbon	6	834.00	36.83		
		Zeolite	6	896.33	11.06		
765 mg/L	BOD	Quartz	6	445.00	35.79	6.221	0.011
		Activated Carbon	6	374.83	33.25		
		Zeolite	6	386.67	41.18		
	COD	Quartz	6	866.33	27.41	5.589	0.015
		Activated Carbon	6	736.33	80.10		
		Zeolite	6	786.17	81.78		



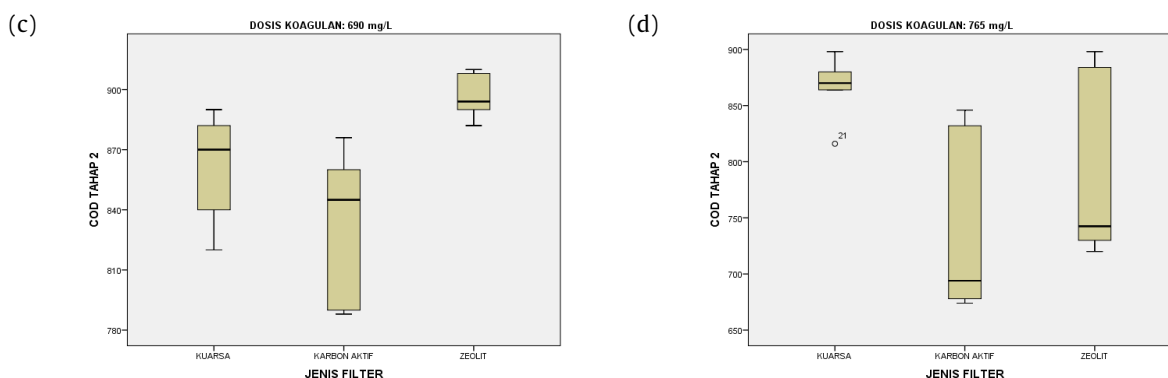


Figure 3. BOD and COD values after filtration with various media at a PAC dose of 690 mg/L (a) (c), and 765 mg/L (b) (d).

Table 4
 Bonferroni test ($\alpha=0,05$)

PAC Dose	Parameters		Filter (p-value)		
			Quartz	Activated Carbon	Zeolite
690 mg/L	BOD/COD	Kuarsa	-	0.007*/0.287	0.855/0.137
		Karbon aktif	0.007*/0.287	-	0.068/0.004*
		Zeolit	0.855/0.137	0.068/0.004*	-
765 mg/L	BOD/COD	Kuarsa	-	0.015*/0.014	0.046*/0.177
		Karbon aktif	0.015*/0.014*	-	0.015*/0.670
		Zeolit	0.046*/0.177	0.015*/0.670	-

* signifikan ($\alpha<0,05$)

Tofu is a food made from the main ingredient of soybeans (*Glycine spp.*), a simple manufacturing process. The principle of making tofu is to extract protein, then coagulate it with the help of CH_3COOH or $\text{CaSO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ (Herlambang, 2002). Tofu industrial wastewater comes from the washing, boiling, and pressing processes of tofu, containing protein (40%-60%), carbohydrates (25%-0%), fat (10%), SS, and DS, which will produce toxic substances if not processed (Amanda et al., 2019; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sudaryanto, 2006).

Generally, tofu waste treatment is carried out using anaerobic biological systems (Herlambang, 2002). The anaerobic wastewater treatment process is a metabolism without oxygen and is carried out by anaerobic bacteria, usually used for wastewater with a high organic matter (Rahadi, Wirosoedarmo, & Harera, 2018). However, this processing method produces methane gas (CH_4) which causes an odor and an efficiency of 70-80%, so that it still contains high pollutants (Herlambang, 2002; Said, 2000).

The results showed that the BOD of tofu industry wastewater was 1,813.00 mg/L, and COD was 2,570.00 mg/L; it is far from the quality standard (BOD=150 mg/L; COD=300 mg/L) (Menteri Lingkungan Hidup, 2014). The high content of pollutants can cause pollution of water (Sudaryanto, 2006). So it must be processed before disposing to the environment (Alimsyah & Damayanti, 2013; Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013; Herlambang, 2002; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sayow et al., 2020).

In this research, for the first stage treatment (coagulation) using a PAC 690.00 mg/L, there was a decrease in BOD from 1813.00 mg/L to 875.00 mg/L (51.74%), and COD from 2570.00 mg/L becomes 878.00 mg/L (65.84%). Using PAC 765 mg/L, BOD decreased to 705.00 mg/L (61.11%), and COD to 824.00 mg/L (67.55%). These results indicate that the coagulation process with PAC can reduce BOD and COD by

more than 50%. Using a dose of 765 mg/L can reduce it to more than 61%.

The coagulation is the technology most widely applied in the world as a vital step in removing colloid particles, natural organic matter, microorganisms, and inorganic ions from untreated water (Ahmad & Danish, 2018; Kakoi, Kaluli, Ndiba, & Thiong'o, 2016; Kristianto, 2017; Maurya & Daverey, 2018; Muthuraman & Sasikala, 2014; Sillanpää, Ncibi, Matilainen, & Vepsäläinen, 2018; Tripathy & De, 2006). Coagulants are essential ingredients in the coagulation-flocculation process, which refers to the agglomeration process of colloid particles with an average size of 5-200 nm and small SS in water (Carolin, Kumar, Saravanan, Joshiba, & Naushad, 2017; Debora Peruço Theodoro, Felipe Lenz, Fiori Zara, & Bergamasco, 2013; Fu, Meng, Lu, Jian, & Di, 2019; Hakizimana et al., 2017; Kristianto, 2017; O'Connell, Birkinshaw, & O'Dwyer, 2008; Salehizadeh, Yan, & Farnood, 2018; Senthil Kumar et al., 2019; Shen, Gao, Guo, & Yue, 2019; Sillanpää et al., 2018).

There are four mechanisms in coagulation: double layer compression, polymer bridging, neutralization, and coagulation sweep (Kristianto, 2017). Double-layer compression is caused by high electrolyte concentrations in solution, thereby reducing the repulsive force of colloidal particles. Bridging polymer usually occurs when long-chain polymers are adsorbed on particles and leave the coagulant polymer segments to bridge the particles, forming strong lumps. Charge neutralization occurs when coagulant polymers with opposite charges are absorbed on the surface of the particles. So that will be neutralizing the charge of colloidal particles. Coagulation sweep occurs when metal coagulants are added in doses that are much higher than the solubility of amorphous hydroxides, resulting in precipitation (Duan & Gregory, 2003; Kristianto, 2017).

Of the four mechanisms, bridging is the best mechanism (Kristianto, 2017). However, it takes the correct dose. At

higher doses, colloid particles are stabilized due to steric repulsion from the polymer covering the particles. Instead, there are not enough polymer chains at low doses to form a bridging process (Kristianto, 2017; Tripathy & De, 2006). In this study, a dose of 765 mg/L could form a bridging process and was stable, making it practical for use in tofu wastewater treatment. The correct coagulant dose will increase turbidity significantly, be avowed effective if it can reduce solids by at least 50% (Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013).

In this study, the coagulant used is PAC, a synthetic polymer that is easier to hydrolyze, has a long molecular chain, and a large electric charge. The advantages of PAC in wastewater treatment are forming flocks quickly, produce less sludge, and produce small aluminum residues (Ignasius, 2014). The analysis results (Table 2) show a significant difference in BOD and COD between before and after the coagulation process (p -value=0.001; p -value=0.001). It shows the effect of the coagulation process on the decrease in BOD and COD. This study consistent with the previous studies, which concluded that the higher the dose, the greater the suspended solids would be removed (Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013; Murwanto, 2018; Rahmah & Mulasari, 2016).

Three types of media are used in the filtration: quartz, activated carbon, and zeolite (Table 3). The results showed the highest decrease BOD with activated carbon, from 705.00 mg/L to 374.83 mg/L; or 46.83% compared to the results of phase I, and 79.33% compared the fresh wastewater. Likewise, for COD, the highest decrease was also using activated carbon, from 824.00 mg/L to 736.33 mg/L; or 10.64% compared to stage I and 71.35% compared to fresh wastewater COD. Statistically, activated carbon media had the most significant effect on reducing BOD and COD (Table 3).

This study is consistent with the previous study, which concluded that activated carbon was effectively used in tofu wastewater treatment, reducing BOD from 333.2 mg/L to 294 mg/L, and COD from 666.4 mg/L to 588 mg/L (Budiman & Amirsan, 2015); COD from 3,200 mg/L (Alimsyah & Damayanti, 2013). These results are also consistent with several other studies (Astuti, Wisaksono, & Nurwini, 2007; Larasati, Andita, Susanawati, Liliya, & Suharto, 2015; Lempang, 2014; Murwanto, 2018; Nurlina, Zahara, Gusrizal, & Kartika, 2015; Purnawan, Martini, & Aidah, 2014; Ronny & Syam, 2018; Sutapa, 2014).

In addition to filtration, there is also an adsorption process of pollutant molecules on the activated carbon surface. So, the concentration will decrease. Adsorption occurs because there is a force field on the adsorbent surface that attracts the adsorbate molecules, forming a thin layer on the surface of activated carbon. (Nurlina et al., 2015). The coagulation process with PAC 765 mg/L and followed by filtration using activated carbon reduced BOD to 374.83 mg/L and COD by 736.33 mg/L. This result is equivalent to a decrease of 79.33% and 71.35% compared to the initial conditions (fresh wastewater). Although the final results have not met the specified quality standards, it has proven that the coagulation and filtration methods can reduce BOD and COD by above 60%.

CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS

The results showed that the BOD and COD of tofu industrial wastewater were 1,813.00 mg/L and 2,570.00 mg/L, far exceeding the required quality standards. The

coagulation process with PAC affected reducing BOD and COD by 61.11% and 67.55%. In the filtration process, activated carbon significantly decreased waste parameters, reaching 79.33% for BOD and 71.35% for COD. So that the final BOD value is 374.83 mg/L, and COD is 736.33 mg/L. Although the final results of the treatment have not met the specified quality standards, research has proven that physical processing with coagulation and filtration methods can reduce BOD and COD in tofu wastewater by above 60%. The results of this research can be used as an alternative in the physical processing of tofu industrial wastewater to improve the performance of biological processing at a later stage.

Conflict of Interest

The authors declare there is no conflict of interest.

REFERENCES

- Ahmad, T., & Danish, M. (2018). Prospects of banana waste utilization in wastewater treatment: A review. *Journal of Environmental Management*, 206, 330–348. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.061>
- Alimsyah, A., & Damayanti, A. (2013). Penggunaan Arang Tempurung Kelapa dan Eceng Gondok untuk Pengolahan Air Limbah Tahu dengan Variasi Konsentrasi. *Jurnal Teknik ITS*, 2(1), D6–D9. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v2i1.3170>
- Alvina, A., & Hamdani, D. (2019). Proses Pembuatan Tempe Tradisional. *Jurnal Pangan Halal*, 1(1), 1/4. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30997/jiph.v1i1.2004>
- Amanda, Y. T., Marufi, I., & Moelyaningrum, A. D. (2019). Pemanfaatan Biji Trembesi (Samanea saman) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan BOD, COD, TSS dan Kekeruhan Pada Pengolahan Limbah Cair Tempe. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 2(3), 92. <https://doi.org/10.19184/bip.v2i3.16275>
- Astuti, A. D., Wisaksono, W., & Nurwini, A. R. (2007). Pengolahan Air Limbah Tahu Menggunakan Bioreaktor Anaerob-Aerob Bermedia Karbon Aktif dengan Variasi Waktu Tunggu. *Teknologi Lingkungan*, 4(2), 30–35.
- Ayu Ridaniati Bangun, Siti Aminah, Rudi Anas Hutahaean, & M. Yusuf Ritonga. (2013). Pengaruh Kadar Air, Dosis Dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(1), 7–13. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i1.1420>
- Budiman, & Amirsan. (2015). Efektivitas Abu Sekam Padi Dan Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Bod Dan Cod Pada Limbah Cair Industri Tahu Super Afifah Kota Palu. *Kesehatan Tadulako*, 1(2), 23–32.
- Carolyn, C. F., Kumar, P. S., Saravanan, A., Joshiba, G. J., & Naushad, M. (2017). Efficient techniques for the removal of toxic heavy metals from aquatic environment: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(3), 2782–2799. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.05.029>
- Dawud, M., Namara, I., Chayati, N., & Taqwa, F. M. L. (2016). Analisis Sistem Pengendalian Pencemaran Air Sungai Cisadane Kota Tangerang Berbasis Masyarakat. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2016*, 6(November), 1–8. Retrieved from <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/viewFile/702/647>
- Debora Peruço Theodoro, J., Felipe Lenz, G., Fiori Zara, R., & Bergamasco, R. (2013). *Coagulants and Natural Polymers:*

- Perspectives for the Treatment of Water*. 2(3), 55–62. Retrieved from www.seipub.org/papt
- Duan, J., & Gregory, J. (2003). Coagulation by hydrolysing metal salts. *Advances in Colloid and Interface Science*, 100–102(SUPPL.), 475–502. [https://doi.org/10.1016/S0001-8686\(02\)00067-2](https://doi.org/10.1016/S0001-8686(02)00067-2)
- Fu, Y., Meng, X. J., Lu, N. N., Jian, H. L., & Di, Y. (2019). Characteristics changes in banana peel coagulant during storage process. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(12), 7747–7756. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-02188-0>
- Hakizimana, J. N., Gourich, B., Chafi, M., Stiriba, Y., Vial, C., Drogui, P., & Naja, J. (2017). Electrocoagulation process in water treatment: A review of electrocoagulation modeling approaches. *Desalination*, 404, 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2016.10.011>
- Herlambang, A. (2002). Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu-Tempe. In *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri* (1st ed., pp. 149–222). Jakarta: Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (BPPT) – Proyek Pembinaan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup BAPEDALDA Kota Samarinda.
- Ignasius, D. A. S. (2014). Perbandingan Efisiensi Koagulan Poli Aluminium Klorida Dan Aluminium Sulfat Dalam Menurunkan Turbiditas Air Gambut Dari Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 24(2), 13–21.
- Kakoi, B., Kaluli, J. W., Ndiba, P., & Thiong'o, G. (2016). Banana pith as a natural coagulant for polluted river water. *Ecological Engineering*, 95, 699–705. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.07.001>
- Kristianto, H. (2017). The Potency of Indonesia Native Plants as Natural Coagulant: a Mini Review. *Water Conservation Science and Engineering*, 2(2), 51–60. <https://doi.org/10.1007/s41101-017-0024-4>
- Larasati, Andita, I., Susanawati, Liliya, D., & Suharto, B. (2015). Efektivitas Adsorpsi Logam Berat Pada Air Lindi Menggunakan Media Karbon Aktif, Zeolit dan Silika Gel TPA Tlekung, Batu. *Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, 44–48.
- Lempan, M. (2014). Pembuatan dan Kegunaan Karbon Aktif. *Info Teknis EBONI*, 11(2), 65–80. <https://doi.org/https://doi.org/10.20886/buleboni.5041>
- Mardhia, D., & Abdullah, V. (2018). Studi Analisis Kualitas Air Sungai Brangbiji Sumbawa Besar. *Jurnal Biologi Tropis*, 18(2). <https://doi.org/10.29303/jbt.v18i2.860>
- Maurya, S., & Daverey, A. (2018). Evaluation of plant-based natural coagulants for municipal wastewater treatment. *3 Biotech*, 8(1), 1–4. <https://doi.org/10.1007/s13205-018-1103-8>
- Menteri Lingkungan Hidup. *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 / 2014 Tentang Baku Mutu Limbah Cair*. (2014).
- Murwanto, B. (2018). Efektivitas Jenis Koagulan Poly Aluminium Chloride Menurut Variansi Dosis dan Waktu Pengadukan terhadap Penurunan Parameter Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Kesehatan*, 9(1), 143. <https://doi.org/10.26630/jk.v9i1.771>
- Muthuraman, G., & Sasikala, S. (2014). Removal of turbidity from drinking water using natural coagulants. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(4), 1727–1731. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.08.023>
- Nangin, S. R., Langoy, M. L., & Katili, D. Y. (2015). Makrozoobentos Sebagai Indikator Biologis dalam Menentukan Kualitas Air Sungai Suhuyon Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA*, 4(2), 165. <https://doi.org/10.35799/jm.4.2.2015.9515>
- Nur Mahdi, N., & Suharno, S. (2019). Analisis Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Impor Kedelai di Indonesia. *Forum Agribisnis*, 9(2), 160–184. <https://doi.org/10.29244/fagb.9.2.160-184>
- Nurlina, Zahara, T. A., Gusrizal, & Kartika, I. D. (2015). Effective Use Of Alum And Activated Carbon In Tofu Waste Water Treatment. *SEMIRATA 2015 Universitas Tanjungpura, Pontianak*, 690–699. Pontianak.
- O'Connell, D. W., Birkinshaw, C., & O'Dwyer, T. F. (2008). Heavy metal adsorbents prepared from the modification of cellulose: A review. *Bioresource Technology*, 99(15), 6709–6724. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.01.036>
- Pradana, T. D., Suharno, & Apriansyah. (2018). Pengolahan limbah cair tahu untuk menurunkan kadar tss dan bod. *Jurnal Vokasi Kesehatan*, 4(2), 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.30602/jvk.v4i2.9>
- Purnawan, C., Martini, T., & Aidah, S. (2014). Penurunan Kadar Protein Limbah Cair Tahu Dengan Pemanfaatan Karbon Bagasse. *Jurnal Manusia Dn Lingkungan*, 21(2), 143–148. <https://doi.org/https://doi.org/10.22146/jml.18537>
- Puspawati, S. W. (2017). Alternatif Pengolahan Limbah Industri Tempe Dengan Kombinasi Metode Filtrasi Dan Fitoremediasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengolaan Limbah*, 15, 129–136. Retrieved from http://repo-nkm.batan.go.id/5739/2/PROSIDING_SW_PUSPITAWATI_SIL_UI-2017.pdf
- Rahadi, B., Wirosodarmo, R., & Harera, A. (2018). Sistem Anaerobik-Aerobik Pada Pengolahan Limbah Industri Tahu Untuk Menurunkan Kadar BOD5, COD, Dan TSS. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 17, 5(1), 17–26. <https://doi.org/https://doi.org/10.21776/ub.jal.2018.005.01.3>
- Rahmah, R., & Mulasari, S. A. (2016). Pengaruh Metode Koagulasi, Sedimentasi Dan Variasi Filtrasi Terhadap Penurunan Kadar Tss, Cod Dan Warna Pada Limbah Cair Batik. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 2(1), 7. <https://doi.org/10.26555/chemica.v2i1.4560>
- Ronny, & Syam, D. M. (2018). Aplikasi Teknologi Saringan Pasir Silika dan Karbon Aktif dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Limbah Cair Rumah Sakit Mitra Husada Makassar. *Jurnal Higiene*, 4(2), 1–5.
- Rusydi, A. F., Suherman, D., & Sumawijaya, N. (2017). Pengolahan Air Limbah Tekstil Melalui Proses Koagulasi – Flokulasi Dengan Menggunakan Lempung Sebagai Penyumbang Partikel Tersuspensi (Studi Kasus: Banaran, Sukoharjo dan Lawean, Kerto Suro, Jawa Tengah). *Arena Tekstil*, 31(2), 105–114. <https://doi.org/10.31266/at.v31i2.1671>
- Said, N. I. (2000). Teknologi Pengolahan Air Limbah. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(2), 101–113.
- Salehizadeh, H., Yan, N., & Farnood, R. (2018). Recent advances in polysaccharide bio-based flocculants. *Biotechnology Advances*, 36(1), 92–119. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2017.10.002>
- Sayow, F., Tilaar, B. V. J. P. W. A., & Naskah, K. D. (2020). Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu Dan Tempe Rahayu Di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Agri-Sosioekonomi*, 16(2), 245–252. <https://doi.org/10.35791/agrsosek.16.2.2020.28758>
- Senthil Kumar, P., Janet Joshiba, G., Femina, C. C., Varshini, P., Priyadharshini, S., Arun Karthick, M. S., & Jothirani, R. (2019). A critical review on recent developments in the low-cost

- adsorption of dyes from wastewater. *Desalination and Water Treatment*, 172, 395–416.
<https://doi.org/10.5004/dwt.2019.24613>
- Shen, X., Gao, B., Guo, K., & Yue, Q. (2019). Application of composite flocculants for removing organic matter and mitigating ultrafiltration membrane fouling in surface water treatment: the role of composite ratio. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 5(12), 2242–2250.
<https://doi.org/10.1039/C9EW00528E>
- Sillanpää, M., Ncibi, M. C., Matilainen, A., & Vepsäläinen, M. (2018). Removal of natural organic matter in drinking water treatment by coagulation: A comprehensive review. *Chemosphere*, 190, 54–71.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.09.113>
- Sudaryanto, T. (2006). *Ekonomi Kedelai di Indonesia*. (Bps), 1–27.
- Sutapa, I. D. A. (2014). Perbandingan Efisiensi Koagulan Poly Alumunium Chloride (PAC) dan Alumunim Sulfat Dalam Menurunkan Turbiditas Air Gambut dari Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 24(1), 13.
<https://doi.org/10.14203/risetgeotam2014.v24.78>
- Tripathy, T., & De, B. R. (2006). Flocculation: A new way to treat the waste water. *Journal of Physical Sciences*, 10, 93–127.
- Yogafanny, E. (2015). Pengaruh Aktivitas Warga di Sempadan Sungai terhadap Kualitas Air Sungai Winongo. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 7(1), 29–40.
<https://doi.org/10.20885/jstl.vol7.iss1.art3>

Coagulation and Filtration Methods on Tofu Wastewater Treatment

10. Perbaikan Galley (23 Juni 2021)

- Pemberitahuan kepada editor tentang koreksi galley
- Lampiran koreksi galley artikel

[jika] Editor Decision

Prayudhy Yushananta <prayudhyyushananta@gmail.com>

23 Juni 2021 pukul 02.40

Kepada: Jurnal Aisyah <jurnal.aisyah@gmail.com>

Assalamualaikum. Wr. Wb.

Kami kirimkan beberapa perbaikan:

1. Perubahan afiliasi (mengikuti perubahan penamaan afiliasi Poltekkes Tanjungkarang pada Sinta)
2. Perbaikan penulisan pada keyword dan kata kunci
3. Perbaikan Figure 3
4. Perbaikan Table 4

Terima kasih. Wassalamualaikum. Wr. Wb

[Kutipan teks disembunyikan]

**DAFTAR PERBAIKAN_TOFU.docx**

59K

DAFTAR PERBAIKAN:

1. Afiliasi: Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Tanjungkarang
(Mengikuti perubahan nama afiliasi Poltekkes pada Sinta)
2. Pada keyword dan kata kunci, awal kata ada yang menggunakan huruf kapital dan huruf kecil.
3. Perbaikan Figure 3.
(Masih terdapat penulisan dalam bahasa. Kami sertakan perbaikannya)
4. Perbaikan Table 4.
(Masih terdapat penulisan dalam bahasa. Kami sertakan perbaikannya)

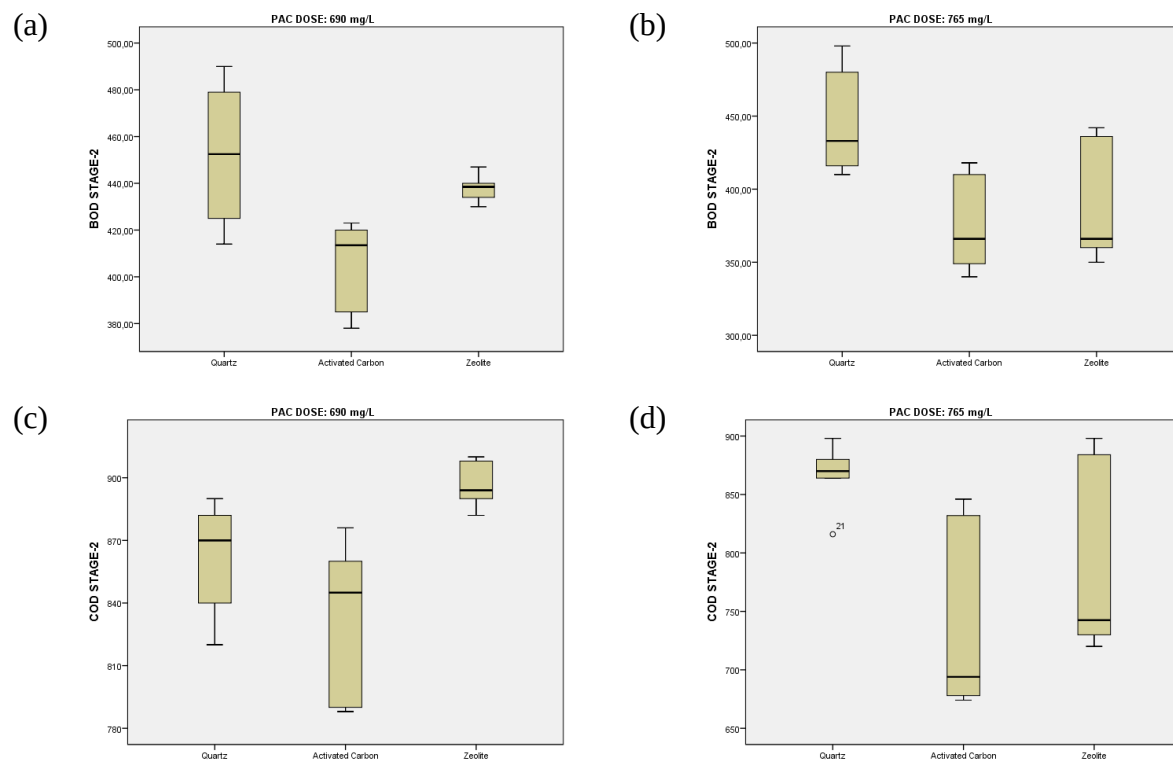


Figure 3. BOD and COD values after filtration with various media at a PAC dose of 690 mg/L (a) (c), and 765 mg/L (b) (d).

Table 4.
Bonferroni test ($\alpha=0,05$)

PAC Dose	Parameters	Filter (p-value)			
		Quartz	Activated Carbon	Zeolite	
690 mg/L	BOD/COD	Quartz	-	0.007*/0.287	0.8550.137
		Activated Carbon	0.007*/0.287	-	0.068/0.004*
		Zeolite	0.855/0.137	0.068/0.004*	-
765 mg/L	BOD/COD	Quartz	-	0.015/0.014	0.046*/0.177
		Activated Carbon	0.015*/0.014*	-	0.015*/0.670
		Zeolite	0.046*/0.177	0.015*/0.670	-

* significance ($\alpha < 0,05$)

Coagulation and Filtration Methods on Tofu Wastewater Treatment

11. Pemberitahuan artikel published (25 Juni 2021)

[jika] New Issue Published (Vol 6 issue 2)

Jurnal Aisyah <jurnal.aisyah@gmail.com>

25 Juni 2021 pukul 22.39

Kepada: kustiningsih@unisayogya.ac.id, ressa.andriyani.utami@gmail.com, enykusparlina@gmail.com, fujirahmawati@fk.unsri.ac.id, febria@umitra.ac.id, ardinata013@gmail.com, na.nuraini16@gmail.com, dianlestari@poltekkespalembang.ac.id, Dwi Novitasari <dwinovitasari@uhs.ac.id>, afrianiberta974@gmail.com, untung71@fk.undip.ac.id, ditahasni@fk.unbrah.ac.id, anisaburhan02@gmail.com, dewiaprilianingsih.i@gmail.com, bungacarolinmbmd@gmail.com, nadiaiqbal181@gmail.com, chika_tania821@yahoo.co.id, putunita049@gmail.com, lis mukti lestari <lismuktil@gmail.com>, Kartika Adyani <kartika.adyani@unissula.ac.id>, ulyrichal@gmail.com, miqbalfasa@radenintan.ac.id, asri@poltekkespalembang.ac.id, iceumiraa@gmail.com, hendrawati ds <hendrawatids@gmail.com>, sukma@unpad.ac.id, ns.yoanitabina@gmail.com, ucu_zubaidah@yahoo.com, ditayudis@gmail.com, Ririn Afrima Yenni <ririnyenni@gmail.com>, ashrimaulirahma@gmail.com, ainunainunnajib@gmail.com, wandriarobi28@gmail.com, mamansaputra13@yahoo.com, emaputrioktaviani98@gmail.com, Hironima niyati Fitri <hironimaniyatifitri@yahoo.com>, hayafikriya@gmail.com, nevi.nizami@unsyiah.ac.id, adindapz@yahoo.com, dessydwihardjosoedarmo@gmail.com, Ida Nurmawati <ida@polije.ac.id>, Mary Rose Channel <hermayerni@gmail.com>, reinpal.falefi@uinsu.ac.id, nuraliffauziah24@gmail.com, Profesor Musik <armandjexo@gmail.com>, yuliantirina007@gmail.com, widia eka susanti <widiaeka11@gmail.com>, erahmayati80@gmail.com, dzulistiqaomah6@gmail.com, ayupiyunk@gmail.com, lm4214760@gmail.com, ddesi678@gmail.com, lindaty43@gmail.com, dewirianasari275@gmail.com, emailtrianthamy@gmail.com, reni.123muslimah@gmail.com, hardiyati.umar@yahoo.co.id, verosakha@gmail.com, yusri136@gmail.com, Id.reskiaddin@unja.ac.id, dianiocta190@umg.ac.id, Intan Rizkianti <intanrizkianti62@gmail.com>, aidha.rachmawati@umg.ac.id, william@umitra.ac.id, Nelyta Oktavianysa FIK <nelyta@wiraraja.ac.id>, lulukyuliati@umg.ac.id, Afni wahyu <wafniwahyu@gmail.com>, hayun.manudyaning@gmail.com, siburiandena@gmail.com, fitrianaikhtiarinawatifajrin@gmail.com, monikaherliana@gmail.com, uapelsafitriana@gmail.com, fahmi tsani <fahmi.tsani@gmail.com>, yodang.usnkolaka@gmail.com, caecil_nanny@yahoo.co.id, moehans88@gmail.com, widiaayunovianti@gmail.com, dians_23@yahoo.com, enengresti261@gmail.com, sapti.ayubbana@gmail.com, sandra.pebrianti@unpad.ac.id, rina.aprianti89@gmail.com, Marezaumar@gmail.com, diannurafifah66@yahoo.com, Fillah Dieny <fillahdieny@gmail.com>, aris.prastyoningsih@gmail.com, idasusila18@gmail.com, dewisartikasiagian.87@gmail.com, yesinurmalasari.dr@gmail.com, ditaamita.da@gmail.com, adesuryad1619@gmail.com, Suci Ayu <suci.ayu@ikm.uad.ac.id>, heriviyatno.j.siagian@gmail.com, Kurnia Widayati <kurnia070@gmail.com>, ridhailham1983@gmail.com, dzakyzena@gmail.com, Shelfi DR Putri <shelfi.dr.putri@gmail.com>, eva.maternitynursing@gmail.com, nurse87ikhwan@gmail.com, kurniatidevip@gmail.com, amila Mila <mila_difa@yahoo.co.id>, maryati@ums.ac.id, muhammadsultan812@gmail.com, Noviyanti <noviyanti@uniga.ac.id>, sywetik@gmail.com, irwina.angelia@gmail.com, santiyirene@gmail.com, anastamsuri@gmail.com, amandamarselin@gmail.com, nandanorisa@gmail.com, Erni Gustina <erni.gustina@ikm.uad.ac.id>, sitihindun@uniga.ac.id, nuridah.usnkolaka@gmail.com, submitjurnal2020@gmail.com, jsusanto@vokasi.unair.ac.id, febrianti160911@gmail.com, Putranto Manalu <putrantomanalu@unprimdn.ac.id>, SELLY AMALIA <selly16002@mail.unpad.ac.id>, Dedik Sulistiawan <dedik.sulistiawan@ikm.uad.ac.id>, dewi.suri.damayanti@gmail.com, muna.munawaroh28@gmail.com, Ade saputra nasution <adenasutioners@gmail.com>, rh.nurritzka@gmail.com, suyanibasyar@unisayogya.ac.id, Ervina Rachmawati <ervina_rachmawati@polije.ac.id>, rohayati@stikesmitrakeluarga.ac.id, sujono_kmpk2005@yahoo.com, wiwit.dn@gmail.com, wilbicara@gmail.com, Rosina Kardina Kidi Hurek <rosinakardina@gmail.com>, ayuda nia agustina <ayudania.agustina@gmail.com>, dinnahenukh@gmail.com, Haeril Amir <haeril.amir@umi.ac.id>, rena ratna ns <rena.rns@gmail.com>, haidar1602@yahoo.co.id, lette.arman@gmail.com, Triyana Harlia Putri <triyana.harliaputri@ners.un.ac.id>, nidatulkhofiyah@unisayogya.ac.id, innoudhanu@gmail.com, Maya Weka Santi <mayaweka@polije.ac.id>, drg.risyandi@unimus.ac.id, Heikal Muhammad Zakaria Hakim <heikalzakaria@fe.unsika.ac.id>, gunawanirianto851@gmail.com, yunetra.bid@gmail.com, akbar.harisa.unhas@gmail.com, gita_xf@yahoo.com, kikynarham44@gmail.com, Prayudhy Yushananta <prayudhyyushananta@gmail.com>, Yuli Wati <yuliwati.kbh@gmail.com>, Hoirun Nisa <hoirun.nisa@uinjkt.ac.id>, ari.wijani86@gmail.com, sriamelia@usu.ac.id, fitranto.arjadi@unsoed.ac.id, selvi.rachmawati@fk.unila.ac.id, lelyaiska@gmail.com, Elvi Harnista Harefa <elviharnista@gmail.com>, Nicky Putri Nurzaen <nickynurzaen@gmail.com>, Tuti Nuraini <tutinfik@ui.ac.id>, Yunita Anggeraeni Putri <yunitaanggeraeniputri@gmail.com>, novrikasari@fkm.unsri.ac.id, srilestariningsih@poltekkes-tjk.ac.id, lanovi.nl@gmail.com, Budi Aji <budi.aji57@gmail.com>, Dina Rasmita <dinarasmita@gmail.com>, taryudi@unj.ac.id, afkarfadholi@gmail.com, lidianirma@gmail.com, Novita Nuraini <novita_nuraini@polije.ac.id>, Sariee Yono <sarbiokim@gmail.com>, sutradiyana05@gmail.com, Jumakil Jumakil <jumakil@uho.ac.id>, Rosyad YS <rosyad2yafi@gmail.com>, "ROSSALINA ADI WIJAYANTI, S.KM, M.KES" <rossa@polije.ac.id>, Verra Widhi Astuti <verra.widhi555@gmail.com>, liya.fk.psk@ub.ac.id, Djoko Priyono <djoko.priyono@ners.untan.ac.id>, astutititi7@gmail.com, yusariasih@poltekkes-tjk.ac.id, Fatikalaily@gmail.com, Sutopo Patriajati <sutopopatriajati@gmail.com>, azharaja6@gmail.com, aisyyiah agustin <aisyyiah781994@gmail.com>, Yura Witsqa Firmansyah <firmansyahyura@gmail.com>, meiahyati@poltekkes-tjk.ac.id, Salam Ani - Budiati <ani_741128@student.ub.ac.id>, minayumeisanti80@gmail.com, Mamnuah Mamnuah <mamnuah@unisayogya.ac.id>, torro.fk@ub.ac.id, mfajardewi@gmail.com, asihdevi@student.ub.ac.id, dumilah.ayuningtyas@gmail.com, giok Pemula AS

<giokpemulaas@yahoo.com>, Nelly Yuana <yuananelly16@gmail.com>, renienofita@gmail.com, thinni_nurul@fkm.unair.ac.id, vickosuswiantoro@gmail.com, gandabonagabe@gmail.com, rizkiyani.istifada@gmail.com, endahyulianingsih@poltekkesgorontalo.ac.id, candradamanik77@gmail.com, indri andriansyah <indri.andriansyah@gmail.com>, harni.sepriyani@univrab.ac.id, febridwiyanti0293@gmail.com, nenni@usu.ac.id, novita.maulany@gmail.com, mayastikes@gmail.com, srih30048@gmail.com, Achmad Wahdi <achmadwahdi94@gmail.com>, atma_deharja@polije.ac.id, Nina Herlina <herlina.winaldi@gmail.com>, nurse.tiawatidewi@fk.undip.ac.id, sarida.manurung1@gmail.com, lelyfiir@gmail.com, jasmine.komalaa@gmail.com, nadilah.salma@ui.ac.id, wulanangraini@umb.ac.id, sitijuariah@univrab.ac.id, "RIFAI AGUNG MULYONO, SKM, M.Kes" <rifai_agungmulyono@poltekkes-tjk.ac.id>, dr.imeldaritonga@gmail.com, andalia.roza@univrab.ac.id, nursearita76@gmail.com, nike.puspita.a@univrab.ac.id, ashadanh@gmail.com, indiesta2786@gmail.com, agushybana@gmail.com, asihdevi.ry@gmail.com, er5nis@gmail.com

Dear Author, Editor and Reviewers,

Jurnal Aisyah : Jurnal Ilmu Kesehatan has just published its latest issue at <https://aisyah.journalpress.id/index.php/jika/issue/view/62>. We invite you to review the Table of Contents here and then visit our website to review articles and items of interest.

Thank you to all editors and reviewers who have worked hard to prepare publications, to all authors who have contributed to the manuscript, thank you for considering Jurnal Aisyah as a forum for disseminating your work.

Thanks for the continuing interest in our work,
With kind regards,

--
Editorial Office
Jurnal Aisyah: Jurnal Ilmu Kesehatan
Jl.A. Yani 1A Tambahrejo, Kecamatan Gadingrejo, Pringsewu - Lampung

Web: <http://aisyah.journalpress.id/index.php/jika>





Coagulation and Filtration Methods on Tofu Wastewater Treatment

Bambang Murwanto¹; Agus Sutopo²; Prayudhy Yushananta^{3*}

^{1,2,3*} Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Tanjungkarang

ARTICLE INFO

Article history:

Received 11 March 2021

Accepted 30 May 2021

Published 25 June 2021

Keyword:

BOD
COD
Coagulation
Filtration
Wastewater
Tofu

ABSTRACT

The tofu industry is a small industry (home industry) that produces wastewater between 100-200 times the allowable limit and is usually discharged directly into water bodies, thus polluting the environment. This study aims to combine the coagulation method (stage 1) using Polyalumunium Chloride (PAC) with filtration (stage 2) on several variations of materials (quartz, activated carbon, and zeolite). The study was conducted with six replications. The comparison of waste quality (BOD, COD) was observed at each stage of the study. The SAS 9.4 was used for data analysis, including the application of the T-test and ANOVA. The study found that coagulation with PAC 690 mg/L reduced BOD by 51.7% and a dose of 765 mg/L by 61.1%. In the COD parameter, the reductions were 65.84% and 67.55%. In the second stage (filtration), the reduction in BOD was higher in activated carbon (79.33%) compared to zeolite (78.67%) and quartz (75.46%). Activated carbon also had the most COD reduction effect (73.22%). Although the statistical results showed significant differences in all doses and media, the use of 765 mg / L PAC and activated carbon filtration had the most effect on reducing BOD and COD of tofu industrial wastewater. This research can be used as an alternative in the physical processing of tofu industrial wastewater.

This open access article is under the [CC-BY-SA](#) license.



Metode Koagulasi dan Filtrasi pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu

ABSTRAK

Industri tahu dan tempe merupakan industri kecil (home industry) yang menghasilkan limbah antara 100-200 kali batas yang diijinkan dan biasanya langsung dibuang ke badan air, sehingga mencemari lingkungan. Penelitian bertujuan menggunakan metode koagulasi (tahap 1) dengan Polyalumunium Chloride (PAC), dan metode filtrasi (tahap 2) dengan tiga variasi bahan (kuarsa, karbon aktif, dan zeolit). Penelitian dilakukan dengan enam replikasi. Perbandingan kualitas limbah (BOD, COD) diamati pada setiap tahap penelitian. Perangkat SAS 9.4 digunakan untuk analisis data, termasuk penerapan uji T dan ANOVA. Penelitian mendapatkan, bahwa nilai BOD dan COD limbah segar industri tahu sebesar 1.813 mg/L dan 2.570 mg/L. Pada tahap pertama perlakuan (koagulasi dengan PAC 690 mg/L dan 765 mg/L) terjadi penurunan BOD sebesar 51,7%, dan 61,1%. Pada parameter COD, penurunan sebesar 65,84% dan 67,55%. Pada tahap kedua (filtrasi), penurunan BOD lebih tinggi pada karbon aktif (79,33%) dibandingkan dengan zeolit (78,67%) dan kuarsa (75,46%). Penurunan COD terbesar juga pada karbon aktif (73,22%). Walaupun hasil statistik menunjukkan perbedaan yang nyata pada semua variasi dosis dan media, namun penggunaan PAC dosis 765 mg/L dan filtrasi karbon aktif memberikan efek terbesar terhadap penurunan BOD dan COD limbah cair industri tahu. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai alternatif dalam pengolahan fisika limbah cair industri tahu.

This open access article is under the [CC-BY-SA](#) license.



Kata kunci:

BOD
COD
Koagulasi
Filtrasi
Limbah-cair
Tahu

^{*}) corresponding author

Politeknik Kesehatan Kemenkes
Tanjungkarang

Email: prayudhyushananta@gmail.com

DOI: 10.30604/jika.v6i2.505

INTRODUCTION

Water pollution has shown a serious problem in developing countries, including Indonesia. 75% of the total 57 rivers in Indonesia are heavily polluted (Dawud, Namara, Chayati, & Taqwa, 2016), caused by household waste (domestic) and untreated industrial waste (Rusydi, Suherman, & Sumawijaya, 2017). The tofu industry is an essential source of pollutants (Sudaryanto, 2006).

Tofu and tempe are Indonesian specialties made from soybeans (*Glycine spp.*) (Herlambang, 2002). Tofu and tempe are healthy, nutritious, and inexpensive foods, so they are favored by all levels of society (Alvina & Hamdani, 2019). The tofu industry is found in almost all provinces in Indonesia. Currently, Indonesia is the largest importer of soybeans in Asia (Nur Mahdi & Suharno, 2019). About 50% of soybeans are used for making tempe, 40% for tofu and the rest is in other products (Alvina & Hamdani, 2019). The largest soybean exporter to Indonesia is the United States, with a US\$ 4.8 billion in 2013 (Puspawati, 2017).

Most of the tofu industry is included in the small business group. Even though it contributes to society's economy, on the other hand, it harms the environment in the form of water pollution (Sudaryanto, 2006). The limited level of business capital causes the tofu industry cannot build a wastewater treatment plant, so it is discharged directly into the river. (Amanda, Marufi, & Moelyaningrum, 2019). Tofu wastewater was producing from the washing, boiling, and pressing processes of tofu. Each year, the potential wastewater of the tofu and tempe industry is an estimated 51 million tons of Biochemical Oxygen Demand (BOD) (Herlambang, 2002).

Tofu industry wastewater contains suspended (SS) and dissolved solids (DS) consisting of fat, protein, and cellulose, which will undergo physical, chemical, and biological changes to produce toxic substances if not appropriately treated (Amanda et al., 2019; Puspawati, 2017; Sudaryanto, 2006). Amino acids are the main component that causes pollution of water (Sudaryanto, 2006). Another study said that tofu industrial wastewater contains protein (40%-60%), carbohydrates (25% -50%), fat (10%), and other SS, which will produce toxic substances (Pradana, Suharno, & Apriansyah, 2018).

Several studies have reported varying quality of tofu wastewater. Puspawati's research results found (in ml/L units) Total SS=4,012.00, BOD=1,302.03, Chemical Oxygen Demand (COD)=4,188.27 (Puspawati, 2017). Alimsyah reported BOD=5,643-6,870 and COD=6,870-10,500 (Alimsyah & Damayanti, 2013). Bangun reports BOD=4,583, COD=7,050, TSS=4,743 (Ayu Ridaniati Bangun, Siti Aminah, Rudi Anas Hutahaean, & M. Yusuf Ritonga, 2013). Other studies found TSS=5,016, BOD=3,200, and COD= 4.200 (Amanda et al., 2019); TSS=1,850, BOD=1,130, COD=1,900 (Mardhia & Abdullah, 2018); and BOD=1.324, COD=6,698 (Herlambang, 2002). The results presented indicate that tofu wastewater is above the quality standard, TSS=200; BOD=150; COD=300 (Menteri Lingkungan Hidup, 2014). Therefore, tofu wastewater must be processed before disposed to the environment (Alimsyah & Damayanti, 2013; Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013; Herlambang, 2002; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sayow, Tilaar, & Naskah, 2020).

Wastewater treatment aims to reduce pollutants so that they are safely disposed to the environment. Pollutants in wastewater are mainly organic, inorganic, DS and SS. Environmental quality standards are the highest limits for the quality of wastewater so that it is safe to dispose into the environment. The primary environmental quality standards

are TSS, BOD, and COD (Menteri Lingkungan Hidup, 2014). The high content of pollutants in wastewater causes oxygen levels to decrease, thereby disrupting life in it (Pradana et al., 2018). Poor quality of water will impact reducing the number of biota in the water (Nangin, Langoy, & Katili, 2015; Yogafanny, 2015).

Many waste treatment methods have been developed: activated sludge, biological processes, electrocoagulation, filtration, coagulation, and flocculation—the industries with organic waste, the most widely used biological processes with aerobic and anaerobic. In the tofu industry, the technology that is often used is biologically an-aerobic because it is cheap. However, technology has disadvantages; it creates odors, produces methane gas, and an efficiency of 70-80%, so it still contains high pollutants (Herlambang, 2002; Said, 2000). Physical processing is alternative to reduce as much as possible solids content in the wastewater so that the biological process becomes most lighter.

This study analyzes the reduction of tofu wastewater parameters by physical treatment with two stages of processing—the first stage (coagulation) using two variations of Polyalumunium Chloride (PAC) dose. The second stage (filtration) used three variations of the filter. It is hoped that the research results can be a better alternative to tofu wastewater processing to reduce the impact of environmental pollution.

METHOD

Fresh wastewater is taken from the industrial tofu center in Gunung Sulah Village, Bandar Lampung City. PAC from a distributor of industrial chemicals; BOD and COD chemicals (H_2SO_4 , Ammonium Sulfate, $K_2Cr_2O_7$, and others) from Merck. The Messgerate model S6S six-spindle flocculator was used for the coagulation process. The research was conducted at the Tanjungkarang Health Polytechnic Laboratory.

The study was conducted in two stages to analyze the decrease in BOD and COD in tofu wastewater. The experiment was carried out with six replications. In the first stage, the coagulation process was carried out with PAC (dose 690 mg/L and 765 mg/L). PAC was added to fresh wastewater. The mixture was subjected to two minutes of rapid mixing at 180 rpm, followed by 25 minutes of mixing at 30 rpm and 30 minutes of settling. PAC dose 690 mg/L and 765 mg/L following Murwanto (2018).

The second stage is a filtration process with three variations: activated carbon, zeolite, and quartz. Each reactor is filled with different filtration media and set at a fixed rate. Substitution of the filter was carried out on each repetition to obtain the same conditions for each treatment. The filtration results are accommodated for testing the BOD and COD. BOD and COD were measured when fresh, after the coagulation process, and after filtration.

Measurement of BOD using the Winkler method. Two bottles (250 ml) of fresh wastewater were immediately taken, one bottle was measured for Dissolved Oxygen (DO day 0), and the other was stored at 4°C for the fifth day of measurement (DO₅). BOD is the difference of DO₀ and DO₅. BOD was measured at the end of each experimental stage. Measurement of COD levels using the Reflux method. Time of collection and measured together with DO₀ testing.

Data were analyzed using SAS (version 9.4) and were carried out in stages. Variable description with mean,

minimum-maximum, and percentage reduction in BOD and COD. The formula calculates the percentage reduction:

$$\% \text{ reduction} = \frac{(\text{Value before} - \text{Value after})}{\text{Value before}} \times 100\%$$

The T-test was applied to determine of effect the first stage treatment (coagulation) on the BOD and COD. In the second stage, ANOVA and Bonferroni tests were used to determine the effect of filter media variation on the BOD and COD.

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 shows the BOD and COD of fresh tofu waste after treatment stage I and stage II. The BOD of fresh wastewater was 1813.00 mg/L, after the coagulation process decreased to 790.00 mg/L (705.00-875.00), and after the stage II treatment became 417.03 (430.00-498.00). The percentage of reduction in BOD for fresh wastewater (Fig. 1) in stage I was 56.43% and 77.00% in stage II.

The COD of fresh wastewater was 2570.00 mg/L after the coagulation process decreased to 851.00 mg/L (824.00-878.00), and after the second stage, treatment became 830.19 mg/L (674.00-910.00). The percentage reduction of COD for fresh wastewater (Fig. 1) was 66.89% and 67.70%.

Table 1
BOD and COD measurement results

	BOD			COD		
	Fresh	Stage I	Stage II	Fresh	Stage I	Stage II
Mean (mg/L)	1813,00	790,00	417,03	2570,00	851,00	830,19
Minimum (mg/L)	1813,00	705,00	340,00	2570,00	824,00	674,00
Maximum (mg/L)	1813,00	875,00	498,00	2570,00	878,00	910,00
Reduction (%)	-	56,43	77,00		66,89	67,70

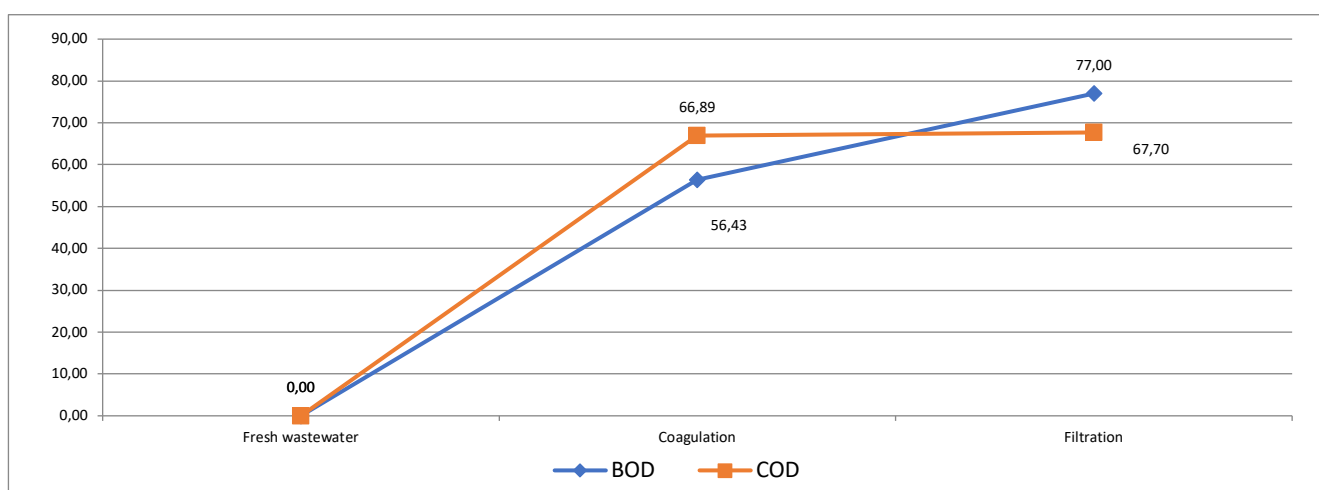


Figure 1. Percentage of reduction in BOD and COD based on treatment stages

The results showed that the coagulation process (Table 2) using a PAC dose of 690 mg/L could decrease the BOD from 1,813.00 mg/L to 875.00, or a reduction of 51.74%. Using PAC 765 mg/L can decrease the BOD from 1,813.00 mg/L to 705.00, or a reduction of 61.11%.

Reducing COD using a PAC 690 mg/L from 2,570.00 mg/L to 878.00 mg/L, or a reduction of 65.84%. Using a PAC 765 mg/L can decrease the COD from 2570.00 mg/L to 824.00 mg/L, or a reduction of 67.55%. Based on the coagulant dose, the PAC 790 mg/L had a more significant effect on reducing BOD.

Table 2
BOD and COD value after coagulation

	BOD			COD		
	Value (mg/L)	Reduction (%)	p-value	Value (mg/L)	Reduction (%)	p-value
Fresh	1,813.00	-		2,570.00	-	
690 mg/L	875.00	51.74	0.0001	878.00	65.84	0.0001
765 mg/L	705.00	61.11		824.00	67.55	

A T-test (alpha=0.05) was performed to see the difference in BOD and COD, before and after the coagulation process. The analysis results showed a significant difference in BOD

between before and after the coagulation process (p-value=0.001). The significant difference was also in the COD (p-value = 0.001).

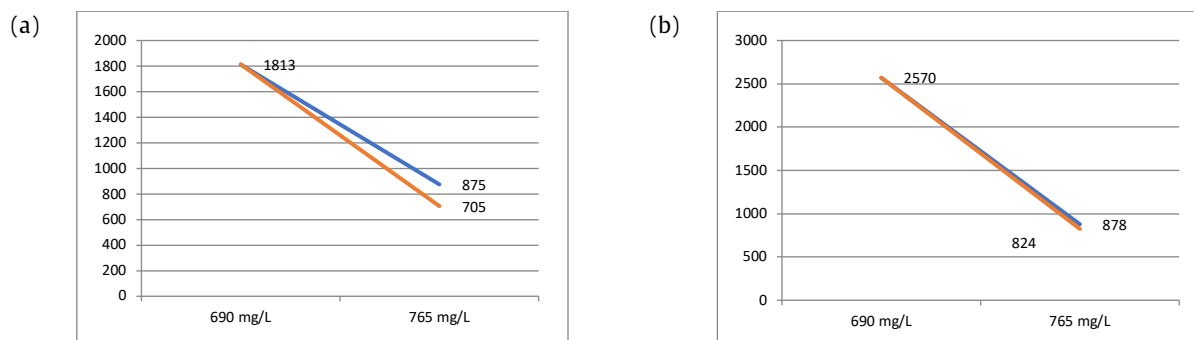


Figure 2. BOD (a) and COD (b) value, before and after the coagulation process

In stage two, the sample that has been coagulated with PAC is followed by a filtration process. Three types of media were used: quartz-sand, activated carbon, and zeolite (Table 3). In the sample group with a 690 mg/L coagulation dose, the highest average BOD using quartz (452.17 mg/L) and the lowest using activated carbon (405.50 mg/L). In the COD, the highest value was using quartz (896.33 mg/L), and the lowest was using activated carbon (834.00 mg/L). The first group used PAC 765 mg/L; the highest BOD with quartz (445.00 mg/L), and the lowest with activated carbon (374.83 mg/L). While the highest COD used quartz (866.33 mg/L) and the lowest used activated carbon (736.33 mg/L). The second stage treatment showed that the highest reduction in BOD

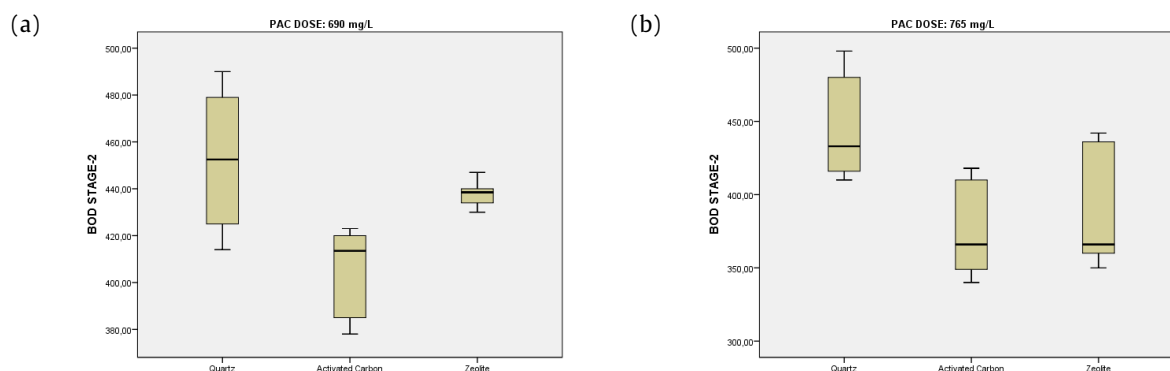
and COD used an activated carbon at a PAC dose of 690 mg/L or 765 mg/L.

ANOVA test was applied to determine the differences in BOD and COD after treatment based on variations of filter, both at the PAC 690 mg/L and 765 mg/L (Table 3). The sample group using 690 mg/L showed a significant difference in BOD based on the filter used ($p=0.007$). Likewise, the COD parameter also significant ($p=0.005$).

In the sample group using 765 mg/L, the BOD showed a significant difference based on the variation of media ($p=0.011$). Likewise, the COD parameter also significant ($p=0.015$).

Table 3
BOD and COD values after filtration

PAC Dose	Parameters	Filters	n	Mean	SD	F	p-value
690 mg/L	BOD	Quartz	6	452.17	32.74	7.009	0.007
		Activated Carbon	6	405.50	19.11		
		Zeolite	6	438.00	5.76		
	COD	Quartz	6	862.00	27.42	7.864	0.005
		Activated Carbon	6	834.00	36.83		
		Zeolite	6	896.33	11.06		
765 mg/L	BOD	Quartz	6	445.00	35.79	6.221	0.011
		Activated Carbon	6	374.83	33.25		
		Zeolite	6	386.67	41.18		
	COD	Quartz	6	866.33	27.41	5.589	0.015
		Activated Carbon	6	736.33	80.10		
		Zeolite	6	786.17	81.78		



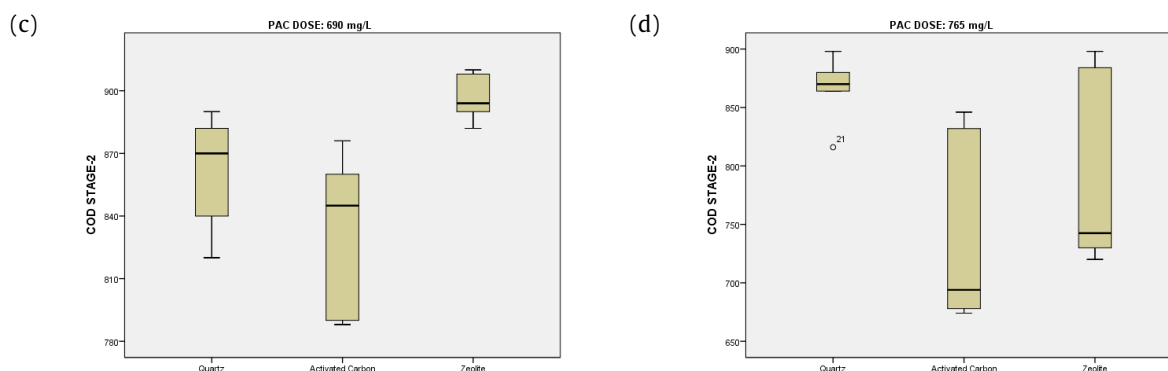


Figure 3. BOD and COD values after filtration with various media at a PAC dose of 690 mg/L (a) (c), and 765 mg/L (b) (d).

Table 4
 Bonferroni test ($\alpha=0,05$)

PAC Dose	Parameters	Filter (p-value)			
		Quartz	Activated Carbon	Zeolite	
690 mg/L	<i>BOD/COD</i>	Quartz	-	0.007*/0.287	0.855/0.137
		Activated Carbon	0.007*/0.287	-	0.068/0.004*
		Zeolite	0.855/0.137	0.068/0.004*	-
765 mg/L	<i>BOD/COD</i>	Quartz	-	0.015/0.014	0.046*/0.177
		Activated Carbon	0.015*/0.014*	-	0.015*/0.670
		Zeolite	0.046*/0.177	0.015*/0.670	-

* signifikan ($\alpha<0,05$)

Tofu is a food made from the main ingredient of soybeans (*Glycine spp.*), a simple manufacturing process. The principle of making tofu is to extract protein, then coagulate it with the help of CH_3COOH or $\text{CaSO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ (Herlambang, 2002). Tofu industrial wastewater comes from the washing, boiling, and pressing processes of tofu, containing protein (40%-60%), carbohydrates (25%-0%), fat (10%), SS, and DS, which will produce toxic substances if not processed (Amanda et al., 2019; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sudaryanto, 2006).

Generally, tofu waste treatment is carried out using anaerobic biological systems (Herlambang, 2002). The anaerobic wastewater treatment process is a metabolism without oxygen and is carried out by anaerobic bacteria, usually used for wastewater with a high organic matter (Rahadi, Wirosoedarmo, & Harera, 2018). However, this processing method produces methane gas (CH_4) which causes an odor and an efficiency of 70-80%, so that it still contains high pollutants (Herlambang, 2002; Said, 2000).

The results showed that the BOD of tofu industry wastewater was 1,813.00 mg/L, and COD was 2,570.00 mg/L; it is far from the quality standard (BOD=150 mg/L; COD=300 mg/L) (Menteri Lingkungan Hidup, 2014). The high content of pollutants can cause pollution of water (Sudaryanto, 2006). So it must be processed before disposing to the environment (Alimsyah & Damayanti, 2013; Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013; Herlambang, 2002; Pradana et al., 2018; Puspawati, 2017; Sayow et al., 2020).

In this research, for the first stage treatment (coagulation) using a PAC 690.00 mg/L, there was a decrease in BOD from 1813.00 mg/L to 875.00 mg/L (51.74%), and COD from 2570.00 mg/L becomes 878.00 mg/L (65.84%). Using PAC 765 mg/L, BOD decreased to 705.00 mg/L (61.11%), and COD to 824.00 mg/L (67.55%). These results indicate that the coagulation process with PAC can reduce BOD and COD by

more than 50%. Using a dose of 765 mg/L can reduce it to more than 61%.

The coagulation is the technology most widely applied in the world as a vital step in removing colloid particles, natural organic matter, microorganisms, and inorganic ions from untreated water (Ahmad & Danish, 2018; Kakoi, Kaluli, Ndiba, & Thiong'o, 2016; Kristianto, 2017; Maurya & Daverey, 2018; Muthuraman & Sasikala, 2014; Sillanpää, Ncibi, Matilainen, & Vepsäläinen, 2018; Tripathy & De, 2006). Coagulants are essential ingredients in the coagulation-flocculation process, which refers to the agglomeration process of colloid particles with an average size of 5-200 nm and small SS in water (Carolyn, Kumar, Saravanan, Joshiba, & Naushad, 2017; Debora Peruço Theodoro, Felipe Lenz, Fiori Zara, & Bergamasco, 2013; Fu, Meng, Lu, Jian, & Di, 2019; Hakizimana et al., 2017; Kristianto, 2017; O'Connell, Birkinshaw, & O'Dwyer, 2008; Salehizadeh, Yan, & Farnood, 2018; Senthil Kumar et al., 2019; Shen, Gao, Guo, & Yue, 2019; Sillanpää et al., 2018).

There are four mechanisms in coagulation: double layer compression, polymer bridging, neutralization, and coagulation sweep (Kristianto, 2017). Double-layer compression is caused by high electrolyte concentrations in solution, thereby reducing the repulsive force of colloidal particles. Bridging polymer usually occurs when long-chain polymers are adsorbed on particles and leave the coagulant polymer segments to bridge the particles, forming strong lumps. Charge neutralization occurs when coagulant polymers with opposite charges are absorbed on the surface of the particles. So that will be neutralizing the charge of colloidal particles. Coagulation sweep occurs when metal coagulants are added in doses that are much higher than the solubility of amorphous hydroxides, resulting in precipitation (Duan & Gregory, 2003; Kristianto, 2017).

Of the four mechanisms, bridging is the best mechanism (Kristianto, 2017). However, it takes the correct dose. At higher doses, colloid particles are stabilized due to steric repulsion from the polymer covering the particles. Instead, there are not enough polymer chains at low doses to form a bridging process (Kristianto, 2017; Tripathy & De, 2006). In this study, a dose of 765 mg/L could form a bridging process and was stable, making it practical for use in tofu wastewater treatment. The correct coagulant dose will increase turbidity significantly, be avowed effective if it can reduce solids by at least 50% (Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013).

In this study, the coagulant used is PAC, a synthetic polymer that is easier to hydrolyze, has a long molecular chain, and a large electric charge. The advantages of PAC in wastewater treatment are forming flocks quickly, produce less sludge, and produce small aluminum residues (Ignasius, 2014). The analysis results (Table 2) show a significant difference in BOD and COD between before and after the coagulation process (p -value=0.001; p -value=0.001). It shows the effect of the coagulation process on the decrease in BOD and COD. This study consistent with the previous studies, which concluded that the higher the dose, the greater the suspended solids would be removed (Ayu Ridaniati Bangun et al., 2013; Murwanto, 2018; Rahmah & Mulasari, 2016).

Three types of media are used in the filtration: quartz, activated carbon, and zeolite (Table 3). The results showed the highest decrease BOD with activated carbon, from 705.00 mg/L to 374.83 mg/L; or 46.83% compared to the results of phase I, and 79.33% compared the fresh wastewater. Likewise, for COD, the highest decrease was also using activated carbon, from 824.00 mg/L to 736.33 mg/L; or 10.64% compared to stage I and 71.35% compared to fresh wastewater COD. Statistically, activated carbon media had the most significant effect on reducing BOD and COD (Table 3).

This study is consistent with the previous study, which concluded that activated carbon was effectively used in tofu wastewater treatment, reducing BOD from 333.2 mg/L to 294 mg/L, and COD from 666.4 mg/L to 588 mg/L (Budiman & Amirsan, 2015); COD from 3,200 mg/L (Alimsyah & Damayanti, 2013). These results are also consistent with several other studies (Astuti, Wisaksono, & Nurwini, 2007; Larasati, Andita, Susanawati, Liliya, & Suharto, 2015; Lempang, 2014; Murwanto, 2018; Nurlina, Zahara, Gusrizal, & Kartika, 2015; Purnawan, Martini, & Aidah, 2014; Ronny & Syam, 2018; Sutapa, 2014).

In addition to filtration, there is also an adsorption process of pollutant molecules on the activated carbon surface. So, the concentration will decrease. Adsorption occurs because there is a force field on the adsorbent surface that attracts the adsorbate molecules, forming a thin layer on the surface of activated carbon. (Nurlina et al., 2015). The coagulation process with PAC 765 mg/L and followed by filtration using activated carbon reduced BOD to 374.83 mg/L and COD by 736.33 mg/L. This result is equivalent to a decrease of 79.33% and 71.35% compared to the initial conditions (fresh wastewater). Although the final results have not met the specified quality standards, it has proven that the coagulation and filtration methods can reduce BOD and COD by above 60%.

CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS

The results showed that the BOD and COD of tofu

industrial wastewater were 1,813.00 mg/L and 2,570.00 mg/L, far exceeding the required quality standards. The coagulation process with PAC affected reducing BOD and COD by 61.11% and 67.55%. In the filtration process, activated carbon significantly decreased waste parameters, reaching 79.33% for BOD and 71.35% for COD. So that the final BOD value is 374.83 mg/L, and COD is 736.33 mg/L. Although the final results of the treatment have not met the specified quality standards, research has proven that physical processing with coagulation and filtration methods can reduce BOD and COD in tofu wastewater by above 60%. The results of this research can be used as an alternative in the physical processing of tofu industrial wastewater to improve the performance of biological processing at a later stage.

Conflict of Interest

The authors declare there is no conflict of interest.

REFERENCES

- Ahmad, T., & Danish, M. (2018). Prospects of banana waste utilization in wastewater treatment: A review. *Journal of Environmental Management*, 206, 330–348. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.061>
- Alimsyah, A., & Damayanti, A. (2013). Penggunaan Arang Tempurung Kelapa dan Eceng Gondok untuk Pengolahan Air Limbah Tahu dengan Variasi Konsentrasi. *Jurnal Teknik ITS*, 2(1), D6–D9. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v2i1.3170>
- Alvina, A., & Hamdani, D. (2019). Proses Pembuatan Tempe Tradisional. *Jurnal Pangan Halal*, 1(1), 1/4. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30997/jiph.v1i1.2004>
- Amanda, Y. T., Marufi, I., & Moelyaningrum, A. D. (2019). Pemanfaatan Biji Trembesi (Samanea saman) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan BOD, COD, TSS dan Kekeruhan Pada Pengolahan Limbah Cair Tempe. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 2(3), 92. <https://doi.org/10.19184/bip.v2i3.16275>
- Astuti, A. D., Wisaksono, W., & Nurwini, A. R. (2007). Pengolahan Air Limbah Tahu Menggunakan Bioreaktor Anaerob-Aerob Bermedia Karbon Aktif dengan Variasi Waktu Tunggu. *Teknologi Lingkungan*, 4(2), 30–35.
- Ayu Ridaniati Bangun, Siti Aminah, Rudi Anas Hutahaean, & M. Yusuf Ritonga. (2013). Pengaruh Kadar Air, Dosis Dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(1), 7–13. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i1.1420>
- Budiman, & Amirsan. (2015). Efektivitas Abu Sekam Padi Dan Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Bod Dan Cod Pada Limbah Cair Industri Tahu Super Afifah Kota Palu. *Kesehatan Tadulako*, 1(2), 23–32.
- Carolyn, C. F., Kumar, P. S., Saravanan, A., Joshiba, G. J., & Naushad, M. (2017). Efficient techniques for the removal of toxic heavy metals from aquatic environment: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(3), 2782–2799. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.05.029>
- Dawud, M., Namara, I., Chayati, N., & Taqwa, F. M. L. (2016). Analisis Sistem Pengendalian Pencemaran Air Sungai Cisadane Kota Tangerang Berbasis Masyarakat. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2016*, 6(November), 1–8. Retrieved from <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/viewFile/702/647>

- Debora Peruço Theodoro, J., Felipe Lenz, G., Fiori Zara, R., & Bergamasco, R. (2013). *Coagulants and Natural Polymers: Perspectives for the Treatment of Water*. 2(3), 55–62. Retrieved from www.seipub.org/papt
- Duan, J., & Gregory, J. (2003). Coagulation by hydrolysing metal salts. *Advances in Colloid and Interface Science*, 100–102(SUPPL.), 475–502. [https://doi.org/10.1016/S0001-8686\(02\)00067-2](https://doi.org/10.1016/S0001-8686(02)00067-2)
- Fu, Y., Meng, X. J., Lu, N. N., Jian, H. L., & Di, Y. (2019). Characteristics changes in banana peel coagulant during storage process. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(12), 7747–7756. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-02188-0>
- Hakizimana, J. N., Gourich, B., Chafi, M., Stiriba, Y., Vial, C., Drogui, P., & Naja, J. (2017). Electrocoagulation process in water treatment: A review of electrocoagulation modeling approaches. *Desalination*, 404, 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2016.10.011>
- Herlambang, A. (2002). Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu-Tempe. In *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri* (1st ed., pp. 149–222). Jakarta: Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (BPPT) – Proyek Pembinaan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup BAPEDALDA Kota Samarinda.
- Ignasius, D. A. S. (2014). Perbandingan Efisiensi Koagulan Poli Aluminium Klorida Dan Aluminium Sulfat Dalam Menurunkan Turbiditas Air Gambut Dari Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 24(2), 13–21.
- Kakoi, B., Kaluli, J. W., Ndiba, P., & Thiong'o, G. (2016). Banana pith as a natural coagulant for polluted river water. *Ecological Engineering*, 95, 699–705. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.07.001>
- Kristianto, H. (2017). The Potency of Indonesia Native Plants as Natural Coagulant: a Mini Review. *Water Conservation Science and Engineering*, 2(2), 51–60. <https://doi.org/10.1007/s41101-017-0024-4>
- Larasati, Andita, I., Susanawati, Liliya, D., & Suharto, B. (2015). Efektivitas Adsorpsi Logam Berat Pada Air Lindi Menggunakan Media Karbon Aktif, Zeolit dan Silika Gel TPA Tlekung, Batu. *Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, 44–48.
- Lempang, M. (2014). Pembuatan dan Kegunaan Karbon Aktif. *Info Teknis EBONI*, 11(2), 65–80. <https://doi.org/https://doi.org/10.20886/buleboni.5041>
- Mardhia, D., & Abdullah, V. (2018). Studi Analisis Kualitas Air Sungai Brangbiji Sumbawa Besar. *Jurnal Biologi Tropis*, 18(2). <https://doi.org/10.29303/jbt.v18i2.860>
- Maurya, S., & Daverey, A. (2018). Evaluation of plant-based natural coagulants for municipal wastewater treatment. *3 Biotech*, 8(1), 1–4. <https://doi.org/10.1007/s13205-018-1103-8>
- Menteri Lingkungan Hidup. *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 / 2014 Tentang Baku Mutu Limbah Cair*. (2014).
- Murwanto, B. (2018). Efektivitas Jenis Koagulan Poly Aluminium Chloride Menurut Variansi Dosis dan Waktu Pengadukan terhadap Penurunan Parameter Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Kesehatan*, 9(1), 143. <https://doi.org/10.26630/jk.v9i1.771>
- Muthuraman, G., & Sasikala, S. (2014). Removal of turbidity from drinking water using natural coagulants. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(4), 1727–1731. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.08.023>
- Nangin, S. R., Langoy, M. L., & Katili, D. Y. (2015). Makrozoobentos Sebagai Indikator Biologis dalam Menentukan Kualitas Air Sungai Suhuyon Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA*, 4(2), 165. <https://doi.org/10.35799/jm.4.2.2015.9515>
- Nur Mahdi, N., & Suharno, S. (2019). Analisis Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Impor Kedelai di Indonesia. *Forum Agribisnis*, 9(2), 160–184. <https://doi.org/10.29244/fagb.9.2.160-184>
- Nurlina, Zahara, T. A., Gusrizal, & Kartika, I. D. (2015). Effective Use Of Alum And Activated Carbon In Tofu Waste Water Treatment. *SEMIRATA 2015 Universitas Tanjungpura, Pontianak*, 690–699. Pontianak.
- O'Connell, D. W., Birkinshaw, C., & O'Dwyer, T. F. (2008). Heavy metal adsorbents prepared from the modification of cellulose: A review. *Bioresource Technology*, 99(15), 6709–6724. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.01.036>
- Pradana, T. D., Suharno, & Apriansyah. (2018). Pengolahan limbah cair tahu untuk menurunkan kadar tss dan bod. *Jurnal Vokasi Kesehatan*, 4(2), 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.30602/jvk.v4i2.9>
- Purnawan, C., Martini, T., & Aidah, S. (2014). Penurunan Kadar Protein Limbah Cair Tahu Dengan Pemanfaatan Karbon Bagasse. *Jurnal Manusia Dn Lingkungan*, 21(2), 143–148. <https://doi.org/https://doi.org/10.22146/jml.18537>
- Puspawati, S. W. (2017). Alternatif Pengolahan Limbah Industri Tempe Dengan Kombinasi Metode Filtrasi Dan Fitoremediasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengolaan Limbah*, 15, 129–136. Retrieved from http://repo-nkm.batan.go.id/5739/2/PROSIDING_SW_PUSPITAWATI_SIL_UL_2017.pdf
- Rahadi, B., Wirosedarmo, R., & Harera, A. (2018). Sistem Anaerobik-Aerobik Pada Pengolahan Limbah Industri Tahu Untuk Menurunkan Kadar BOD5, COD, Dan TSS. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 17, 5(1), 17–26. <https://doi.org/https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2018.005.01.3>
- Rahmah, R., & Mulasari, S. A. (2016). Pengaruh Metode Koagulasi, Sedimentasi Dan Variasi Filtrasi Terhadap Penurunan Kadar Tss, Cod Dan Warna Pada Limbah Cair Batik. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 2(1), 7. <https://doi.org/10.26555/chemica.v2i1.4560>
- Ronny, & Syam, D. M. (2018). Aplikasi Teknologi Saringan Pasir Silika dan Karbon Aktif dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Limbah Cair Rumah Sakit Mitra Husada Makassar. *Jurnal Higiene*, 4(2), 1–5.
- Rusydi, A. F., Suherman, D., & Sumawijaya, N. (2017). Pengolahan Air Limbah Tekstil Melalui Proses Koagulasi – Flokulasi Dengan Menggunakan Lempung Sebagai Penyumbang Partikel Tersuspensi (Studi Kasus: Banaran, Sukoharjo dan Lawean, Kerto Suro, Jawa Tengah). *Arena Tekstil*, 31(2), 105–114. <https://doi.org/10.31266/at.v31i2.1671>
- Said, N. I. (2000). Teknologi Pengolahan Air Limbah. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(2), 101–113.
- Salehizadeh, H., Yan, N., & Farnood, R. (2018). Recent advances in polysaccharide bio-based flocculants. *Biotechnology Advances*, 36(1), 92–119. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2017.10.002>
- Sayow, F., Tilaar, B. V. J. P. W. A., & Naskah, K. D. (2020). Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu Dan Tempe Rahayu Di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Agri-Sosioekonomi*, 16(2), 245–252. <https://doi.org/10.35791/agrsosek.16.2.2020.28758>
- Senthil Kumar, P., Janet Joshiba, G., Femina, C. C., Varshini, P.,

- Priyadharshini, S., Arun Karthick, M. S., & Jothirani, R. (2019). A critical review on recent developments in the low-cost adsorption of dyes from wastewater. *Desalination and Water Treatment*, 172, 395–416. <https://doi.org/10.5004/dwt.2019.24613>
- Shen, X., Gao, B., Guo, K., & Yue, Q. (2019). Application of composite flocculants for removing organic matter and mitigating ultrafiltration membrane fouling in surface water treatment: the role of composite ratio. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 5(12), 2242–2250. <https://doi.org/10.1039/C9EW00528E>
- Sillanpää, M., Ncibi, M. C., Matilainen, A., & Vepsäläinen, M. (2018). Removal of natural organic matter in drinking water treatment by coagulation: A comprehensive review. *Chemosphere*, 190, 54–71. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.09.113>
- Sudaryanto, T. (2006). *Ekonomi Kedelai di Indonesia*. (Bps), 1–27.
- Sutapa, I. D. A. (2014). Perbandingan Efisiensi Koagulan Poly Alumunium Chloride (PAC) dan Alumunim Sulfat Dalam Menurunkan Turbiditas Air Gambut dari Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 24(1), 13. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2014.v24.78>
- Tripathy, T., & De, B. R. (2006). Flocculation: A new way to treat the waste water. *Journal of Physical Sciences*, 10, 93–127.
- Yogafanny, E. (2015). Pengaruh Aktivitas Warga di Sempadan Sungai terhadap Kualitas Air Sungai Winongo. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 7(1), 29–40. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol7.iss1.art3>