

Pemanfaatan Cangkang Udang sebagai Biokoagulan untuk Menurunkan Limbah Cucian Mobil di Kota Bengkulu

Muhammad Ryan Pratama^a, Agus Martono^a, Urip Santoso^b, Bieng Brata^a, Yurike^a & Agung Kurnia^{c*}

^aProgram Studi Pengelolaan Sumber Daya Alam Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu, Bengkulu 38371, Indonesia

^bJurusan Peternakan Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu, Bengkulu 38371, Indonesia

^cUniversitas Jambi, Jambi, Indonesia

*Corresponding author: agungkurnia@unja.ac.id

Submitted: 2024-09-23. Revised: 2024-10-17. Accepted: 2024-10-30

ABSTRACT

Car wash services in Bengkulu City are increasing along with the increasing number of motorized vehicles. This also increases car wash wastewater which has an impact on wastewater pollution. For this reason, this study aims to test the coagulant production process from shrimp shell powder. A series of tests will be carried out to obtain results in the form of the effectiveness of shrimp shells as a coagulant to reduce COD, TSS, Phosphate, and pH values. The results of this study indicate that the average COD, phosphate TSS degree of water acidity (pH) of car wash waste is in accordance with the quality standards according to the Regulation of the Minister of Environment of the Republic of Indonesia Number 5 of 2014. It can be concluded as follows Shrimp shell as a coagulant can reduce COD values, TSS, phosphate, degree of water acidity (pH) in car wash waste.

Keywords: Car Wash Wastewater, Laundry Service, Shrimp Shells

PENDAHULUAN

Jasa pencucian kendaraan bermotor saat ini sedang marak di berbagai pelosok perkotaan di Indonesia. Seiring bertambahnya penduduk maka kebutuhan akan kendaraan juga semakin bertambah. Dengan jumlah kendaraan bermotor terutama mobil yang tergolong tinggi memberikan peluang munculnya usaha- usaha atau jasa pencucian mobil bagi masyarakat di perkotaan seperti Kota Bengkulu.

Hal ini tentunya memberikan kontribusi dalam meningkatkan perekonomian masyarakat sebagai usaha mikro serta meningkatkan pendapatan daerah, namun implikasi dari jasa pencucian mobil tersebut juga dapat memberi dampak terhadap kualitas lingkungan. Hal ini dikarenakan air hasil pencucian mobil atau limbahnya tidak diolah terlebih dahulu, melainkan langsung dibuang ke saluran air atau badan air yang ada seperti halnya yang terjadi di Kota Bengkulu. Dari ±106 cucian mobil di Kota Bengkulu, ada beberapa cucian mobil yang dianggap laris. Cucian mobil yang pemanfaatannya jasa cucian contohnya Garasi 66 yang berlokasi di Jl. Supratman Kelurahan Tanah Patah Kota Bengkulu, Mahadewa Jl. Raden Patah Kelurahan Pagar Dewa Kecamatan Selebar Kota Bengkulu, Auto Car Wash Bilal berlokasi di Jl. Suka Merindu Kecamatan Sungai Serut Kota Bengkulu dan Steam Omnea Car Wash Jl. WR. Supratman Pematang Gubener Kecamatan Muara Bangkahulu Kota Bengkulu yang berpotensi mencemari lingkungan.

Dampak lain yang disebabkan limbah detergen adalah munculnya busa di permukaan perairan sehingga mengganggu pelarutan oksigen dalam air. Kadar fosfat yang tinggi dapat diatasi dengan melakukan pengolahan limbah. Metode yang biasa digunakan dalam proses pengolahan limbah cair adalah metode koagulasi-flokulasi. Koagulasi adalah proses destabilisasi koloid dalam limbah cair dengan menambahkan koagulan yang bertujuan untuk menetralkan keadaan atau mengurangi partikel kecil yang tercampur dalam limbah cair melalui pengendapan. Koagulasi terjadi karena penambahan ion yang memiliki muatan berlawanan dengan partikel koloid. Saat ini banyak ditemukan teknik pengolahan air dengan koagulan berbahan kimia, misalnya *aluminum sulfate*, *ferroussulphate*, dan *ferricchloride*. Akan tetapi kelemahan dari koagulan kimia ini adalah relatif mahal dan sulit untuk mengolah hasil endapan, sehingga diperlukan koagulan yang mampu mengikat partikel koloid. Partikel ini dapat menjernihkan air menjadi lebih berkualitas secara fisik, kimia dan bakteriologi. Salah satu koagulan alternatif adalah dengan pemanfaatan koagulan alami. Koagulan alami yang digunakan dalam penelitian ini yaitu serbuk cangkang udang. Karena serbuk cangkang udang memiliki kandungan kalsium karbonat. Kota Bengkulu merupakan kota yang berada di pesisir pantai alam banyak menghasilkan udang, serta destinasi wisata makanannya di Kota Bengkulu banyak memakai udang sebagai menu

Copyright © 2024 by Authors,

published by Badan Penerbitan Fakultas Peranian (BFP) Universitas Bengkulu

This is an open-access article distributed under the CC BY-SA 4.0 License

(<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>).

andalan. Kulit udang mengandung senyawa yang disebut kitin dengan rumus molekul ($C_8H_{13}NO_5$) (Bough, 1976). *Kitosan* dapat diperoleh dari kitin melalui proses distilasi. Sedangkan kitin akan menghasilkan melalui proses desalinasi, yaitu proses dimana mineral yang terkandung dalam kulit udang dihilangkan dengan mencampurkan larutan HCL. Sebagai penyerap dalam air limbah, cangkang udang bertindak sebagai koagulan biologis untuk mengurangi kadar TSS, COD, kekeruhan dan fosfat dalam air limbah cucian mobil.

MATERI DAN METODE

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang berawal dari sampling air limbah cucian mobil kemudian pengujian awal karakteristik limbah, proses pembuatan koagulan dari cangkang udang, penimbangan dosis koagulan, proses koagulasi dan flokulasi, kemudian pengujian filtrat hasil koagulasiflokulasi sesuai parameter yang diteliti. Dalam melakukan penelitian ini dibutuhkan data-data baik primer maupun sekunder dari data yang didapatkan, maka akan dilakukan serangkaian pengujian untuk mendapatkan hasil berupa efektivitas cangkang udang sebagai koagulan untuk menurunkan nilai COD, TSS, Fosfat, dan pH.

Metode pengumpulan data pada penelitian ini didapatkan dari beberapa sumber, yaitu: Data Primer Data yang mendasarinya adalah data yang diperoleh langsung

dari studi dan observasi aktivitas cucian mobil. Data primer yang dibutuhkan adalah data karakteristik limbah cair yang masuk, dan data analisis untuk pengujian di laboratorium. Data Sekunder Data sekunder diperoleh dengan mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan objek penelitian melalui pengumpulan berbagai literatur, artikel, jurnal ilmiah, dan aturan-aturan yang berkaitan dengan pembahasan.

Metode pengambilan sampel dalam penelitian ini adalah dengan metode pengambilan contoh air permukaan SNI 69895.2008. Pengambilan sampel dilakukan di saluran sebelum memasukkan influen limbah secara satu langkah (*surbeam sampling*). Titik pengambilan sampel linen ini berada di outlet langsung, dan limbahnya diambil dari hasil pencucian pertama ke saluran pembuangan. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif. Data pada setiap perlakuan dibuat rata-rata. Perbedaan antar perlakuan dibahas dalam bentuk persentase(%).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Chemical Oxygen Demand (COD)

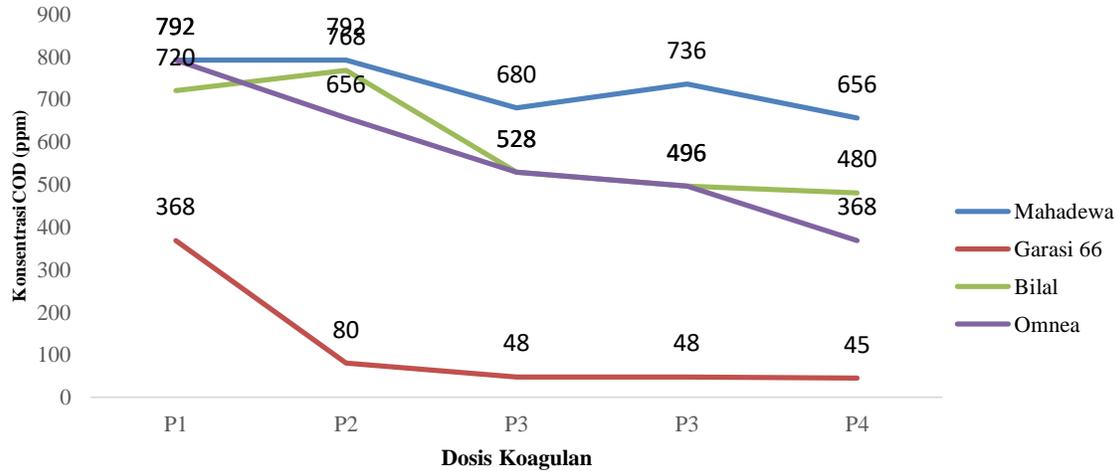
Pengaruh penambahan cangkang udang sebagai koagulan pada COD disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Cangkang udang Terhadap COD Cucian Mobil

Cucian mobil	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
Mahadewa	792	792	680	736	656
Garasi 66	368	80	48	48	45
Bilal	720	768	528	496	480
Omnea	792	656	528	496	368
Rata-rata	668	574 (14,1%)	446 (33,23%)	444 (33,53%)	387,25 (42,03%)

Keterangan konsentrasi koagulan cangkang udang:

P₀ = 0 mg/L; P₁ = 100 mg/L; P₂ = 200mg/L; P₃ = 300mg/L; P₄ = 400 mg/L



Gambar 1. Hasil Uji *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata COD pada P₀ (belum diberikan koagulan cangkang udang) sebesar 668 mg/L, P₁ sebesar 574 mg/L, P₂ sebesar 446 mg/L, P₃ sebesar 444 668 mg/L dan P₄ sebesar 668 mg/L. Tingkat penurunan COD setelah diberi cangkang udang pada P₁, P₂, P₃ dan P₄ adalah sebesar 14,1%, 33,23%, 33,53% dan 42,03%. Terjadinya penurunan COD dengan koagulan cangkang udang ini dikarenakan cangkang udang sebagai biokoagulan bersifat kimia yang mampu mengikat atau menyerap partikel tersuspensi (yang bersifat organik) sehingga partikel tersebut berhasil diendapkan. Menurut Vigneswaran dan Visvanathan(1995), pengikatan partikel tersebut menyebabkan muatannya menjadi tidak stabil. Muatan partikel yang tidak stabil ini menyebabkan terjadinya pertemuan ion dengan muatan yang berbeda sehingga terjadi gaya tarik-menarik. Ketika partikel dengan muatan yang berbeda saling tarik-menarik maka akan membentuk partikel dengan ukuran yang lebih besar sehingga memudahkannya untuk mengendap berupa flok. Setelah mengendap berupa flok maka jumlah oksigen di dalam air akan meningkat kembali. Berkurangnya jumlah partikel tersuspensi di dalam limbah cair meningkat sehingga nilai COD menurun.

Hasil penelitian ini mendukung penelitian Nofriadim(2021) pada pengolahan air terproduksi bahwa penggunaan kitosan dari cangkang udang mampu menurunkan COD, dimana COD yang semulanya 365,2

mg/L turun menjadi pada penambahan 1 gram kitosan 257,7 mg/L, 1,5 gram; 221,3 mg/L, 2 gram; 198,5 mg/L. Begitu juga dengan penelitian Sudarno & Hadiwidodo(2014) menemukan bahwa biokoagulan kitosan mampu berperan sebagai biokoagulan dan ini dibuktikan berdasarkan efisiensi yang dihasilkan pada penurunan konsentrasi COD limbah farmasi sebesar 20,57%. Yuniarita, etal.(2022) pada limbah cair rumah potong hewan mendapatkan cangkang udang mampu menurunkan angka dan COD sebesar 94,8%. Hasil ini memperkuat penelitian Putri, etal.(2015) bahwa biokoagulan cangkang udang mampu menurunkan COD dan kekeruhan pada limbah cair laundry.

Berdasarkan data pengamatan Tabel 1 diketahui terjadi penurunan nilai COD pada limbah cucian mobil, tetapi apabila dilihat dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah, penurunan nilai COD ini belum sesuai dengan standar, dimana kadar baku mutu COD paling tinggi sebesar 180 mg/L. Jadi, meskipun cangkang udang telah mampu menurunkan COD cucian mobil, namun masih di atas baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.. Pengaruh penambahan cangkang udang sebagai koagulan pada TSS disajikan pada Tabel 2.

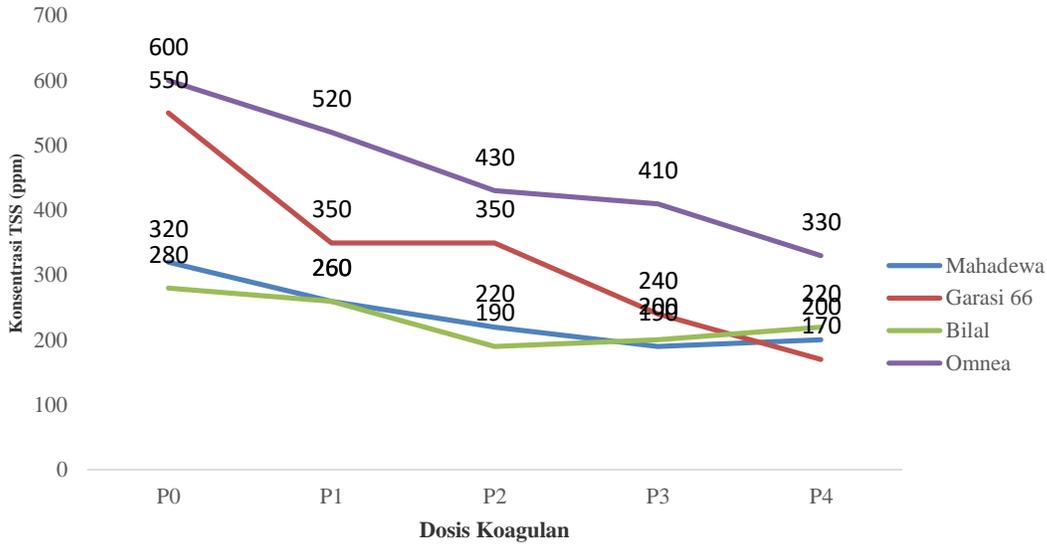
Tabel 2. Pengaruh Cangkang Udang terhadap TSS Cucian Mobil

Cucian mobil	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
Mahadewa	320	260	220	190	200
Garasi 66	550	350	350	240	170
Bilal	280	260	190	200	220
Omnea	600	520	430	410	330

Rata-rata	437,5	347,5	297,5	260	230
		(20,57%)	(32%)	(40,57%)	(47,43%)

Keterangan konsentrasi koagulan cangkang udang:

P₀ = 0 mg/L; P₁ = 100 mg/L; P₂ = 200mg/L; P₃ = 300mg/L; P₄ = 400 mg/



Gambar 2. Hasil Uji *Total Suspended Solid* (TSS)

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata TSS pada P₀ (belum diberikan koagulan cangkang udang) sebesar 437,5 mg/L, P₁ sebesar 347,5 mg/L, P₂ sebesar 297,5 mg/L, P₃ sebesar 260 mg/L, dan P₄ sebesar 230 mg/L. Tingkat penurunan TSS pada P₁, P₂, P₃ dan P₄ masing-masing sebesar 20,57%, 32%, 40,57% dan 47,43%. Hasil ini mengindikasikan terjadinya penurunan TSS dengan koagulan cangkang udang, ini dikarenakan pemberian koagulan cangkang udang yang telah dibubuhkan pada air limbah cucian mobil mampu mengikat koloid atau padatan tersuspensi dalam air limbah. Dengan adanya penambahan khitin udang padatan tersuspensi mampu membentuk flok-flok dalam air. Menurut Ningsih (2011), terbentuknya flok terhadap padatan tersuspensi dapat mengakibatkan perubahan berat jenis padatan tersuspensi, sehingga berat jenis air lebih kecil dari pada berat jenis padatan tersuspensi, dengan demikian padatan tersuspensi mampu mengendap secara gravitasi.

Hasil penelitian ini sejalan dengan Yuniarita, et al.(2022) pada pengolahan limbah cair rumah, dimana cangkang udang mampu menurunkan TSS limbah potong hewan sebesar 96%. Pratama, et al.(2016) dalam penelitiannya menemukan dosis optimum biooagulan cangkang udang sebesar 250 mg/L mampu menurunkan

TSS air limbah industri laundry sebesar 74,05%. Begitu juga dengan penelitian Sudarno dan Hadiwidodo(2014) mendapatkan hasil yang sama bahwa biokoagulan khitin udang mampu berperan sebagai biokoagulan menurunkan TSS, ini dibuktikan berdasarkan efisiensi yang dihasilkan penurunan konsentrasi TSS sebesar 71,68 persen.

Tabel 2 diketahui terjadi penurunan nilai TSS pada limbah cucian mobil, tetapi apabila dilihat dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah, penurunan nilai TSS ini belum sesuai dengan standar, dimana kadar baku mutu TSS paling tinggi sebesar 60 mg/L. Jadi, meskipun cangkang udang telah mampu menurunkan TSS cucian mobil, namun masih di atas baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

Fosfat

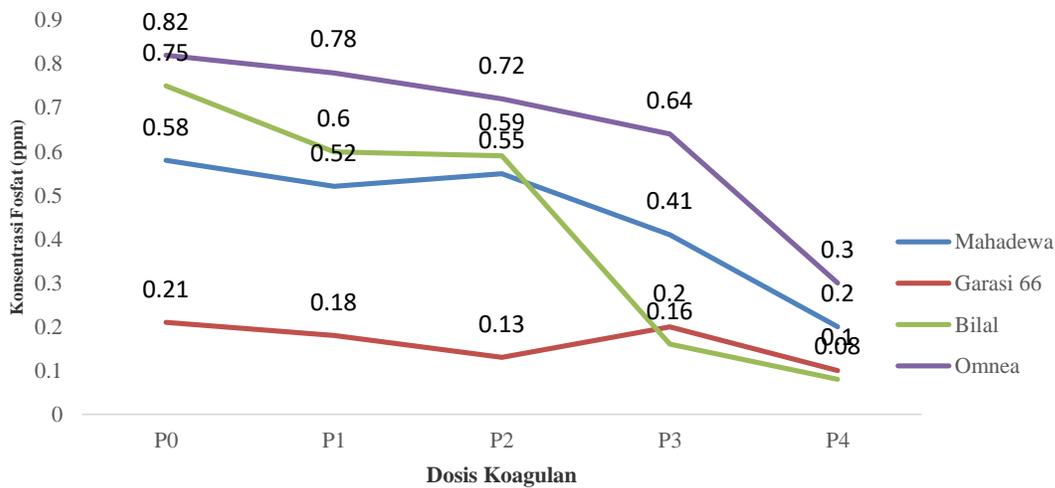
Pengaruh penambahan cangkang udang sebagai koagulan pada fosfat disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh Cangkang Udang terhadap Fosfat Cucian Mobil

Cucian mobil	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
Mahadewa	0,58	0,52	0,55	0,41	0,20
Garasi 66	0,21	0,18	0,13	0,20	0,10
Bilal	0,75	0,60	0,59	0,16	0,08
Omnea	0,82	0,78	0,72	0,64	0,3
Rata-rata	0,59	0,52 (11,72%)	0,4975 (15,68%)	0,3525 (40,25%)	0,17 (71,19%)

Keterangan konsentrasi koagulan cangkang udang:

P₀ = 0 mg/L; P₁ = 100 mg/L; P₂ = 200mg/L; P₃ = 300mg/L; P₄ = 400 mg/L



Gambar 3. Hasil Uji Fosfat

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata fosfat pada P₀ (belum diberikan koagulan cangkang udang) sebesar 0,59, P₁ sebesar 0,52 mg/L, P₂ sebesar 0,7975 mg/L, P₃ sebesar 0,3525 mg/L, dan P₄ sebesar 0,17 mg/L. Tingkat penurunan fosfat setelah diberi cangkang udang pada P₁, P₂, P₃ dan P₄ masing- masing sebesar 11,72%, 15,68%, 40,25% dan 71,19%. Hasil ini mengindikasikan bahwa koagulan cangkang udang mampu menurunkan kadar fosfat pada limbah cucian mobil. fosfat sebagai elemen kunci nutrisi utama tanaman, jika jumlahnya berlebihan maka akan mempercepat proses eutrofikasi yang menghasilkan fenomena *blooming* alga dan tumbuhan air seperti eceng gondok sehingga menghabiskan oksigen dalam air dan mengganggu ekosistem perairan tersebut.

Hasil penelitian ini sama dengan penelitian Angraini (2011) bahwa dosis konsentrasi koagulan serbuk cangkang udang untuk menurunkan kadar fosfat dengan penurunan paling besar pada dosis 400 mg/L dengan nilai fosfat sebesar 0,16 mg/L. Pratama, et al.(2016) juga mendapatkan hasil yang sama bahwa koagulan cangkang udang mampu menurunkan kadar fosfat pada limbah

laundry, dimana konsentrasi koagulan cangkang udang sebesar 250 mg/L dengan efisiensi sebesar 83,1.

Dimana serbuk cangkang memiliki kandungan protein yang berperan sebagai polielektrolit yang bermuatan positif dan berikatan dengan muatan negatif yang berada pada larutan uji sehingga terjadi interaksi elektrostatis yang menghasilkan adsorbs yang kuat dan netralisasi pada permukaan partikel. apabila jumlah koagulan yang teradsorbsi terlalu sedikit maka tidak akan ada kontak antar partikel dan jika terlalu banyak koagulan yang diberikan pun tidak akan terjadi sehingga jumlah koagulan yang teradsorbsi harus sesuai. Pemikiran ini yang melandasi konsep dosis optimum (Bolto, 2007).

Tabel 3 diketahui terjadi penurunan nilai fosfat pada limbah cucian mobil, apabila dilihat dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah, penurunan nilai fosfat ini sudah sesuai dengan standar, dimana kadar baku mutu fosfat yang diperbolehkan sebesar 2 mg/L. Jadi dapat dinyatakan bahwa kadar fosfat pada seluruh sampel cucian mobil memiliki kadar fosfat yang sesuai baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik

Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah, baik sebelum dilakukan tindakan maupun setelah dilakukan tindakan dengan koagulan cangkang udang.

Pengaruh penambahan cangkang udang sebagai koagulan pada pH disajikan pada Tabel.4.

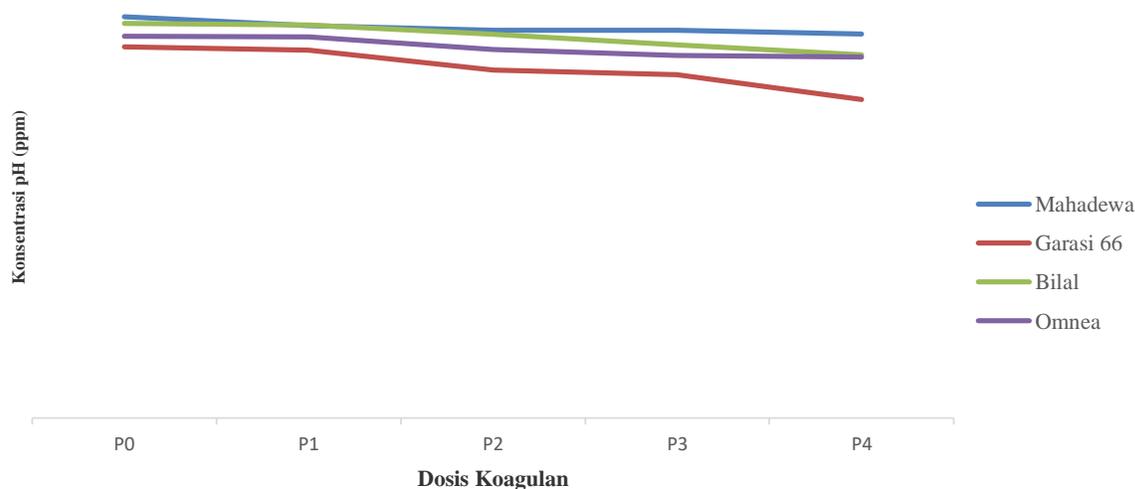
■ Derajat Keasaman (pH)

Tabel 4. Pengaruh Cangkang Udang terhadap pH Cucian Mobil

Cucian mobil	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
Mahadewa	9,07	8,87	8,77	8,77	8,68
Garasi 66	8,39	8,31	7,86	7,76	7,20
Bilal	8,92	8,89	8,68	8,44	8,21
Omnea	8,63	8,62	8,33	8,19	8,16
Rata-rata	8,7535	8,6725 (0,92%)	8,41 (3,92%)	8,29 (5,29%)	8,0625 (7,89%)

Keterangan konsentrasi koagulan cangkang udang:

P₀ = 0 mg/L; P₁ = 100 mg/L; P₂ = 200mg/L; P₃ = 300mg/L; P₄ = 400 mg/L



Gambar 4. Hasil Uji Derajat Keasaman(pH)

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata derajat keasaman air (pH) limbah cucian mobil pada P₀ (belum diberikan koagulan cangkang udang) sebesar 8,7535, P₁ sebesar 8,6725, P₂ sebesar 8,41, P₃ sebesar 8,29 dan P₄ sebesar 8,0625. Tetapi pH masih sesuai dengan baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014. Tingkat penurunan pH setelah diberi cangkang udang pada P₁, P₂, P₃ dan P₄ masing-masing sebesar 0.92%, 3.92%, 5.92% dan 7.89%. Hasil ini menunjukkan bahwa secara umum pH mengalami penurunan. Menurut Hendrawati, *et al.* (2007) menyatakan penurunan pH disebabkan terdapatnya ion

hidrogen bebas (H⁺) yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis yaitu ketika koagulan bereaksi dengan air. Maka semakin banyak koagulan yang digunakan maka penurunan pH akan semakin tinggi. Untuk hasil pengujian temperatur tidak terlalu berpengaruh terhadap perubahan temperatur awal, hal ini diakibatkan pada proses koagulasi flokulasi tidak berpengaruh terhadap perubahan temperatur.

Hasil penelitian ini mendapatkan hasil sama dengan penelitian Sudarno dan Hadiwidodo (2014) pada pengolahan limbah air farmasi, dimana koagulan cangkang udang dapat menurunkan temperatur pH air limbah, namun penurunan yang dihasilkan tidak terlalu signifikan.

Kemudian penelitian Nofriadi (2021) pada pengolahan air terproduksi juga mendapatkan koagulan cangkang udang mampu menurunkan temperatur pH air.

Tabel 4. diketahui terjadi penurunan nilai temperatur pH air pada limbah cucian mobil, apabila dilihat dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah, penurunan nilai pH air ini sudah sesuai dengan standar, dimana kadar baku mutu derajat keasaman air (pH) sebesar 6-9. Jadi dapat dinyatakan bahwa kadar pH pada seluruh sampel cucian mobil memiliki pH yang sesuai baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah, baik sebelum dilakukan tindakan maupun setelah dilakukan tindakan dengan koagulan cangkang udang..

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut: Telah terbuatnya koagulan cangkang udang untuk menguji nilai COD, TSS, Fosfat dan pH. Serta telah terjadinya penurunan pada limbah usaha cucian mobil, pada dosis optimum 400 mg/l nilai COD turun sebesar 387,25, TSS pada dosis optimum 400 mg/l nilai TSS turun sebesar 230,00, Fosfat pada dosis optimum 400 mg/l nilai fosfat turun sebesar 0,17 dan menurunkan nilai pH pada limbah usaha cucian mobil, dimana pada dosis optimum 400 mg/l nilai pH turun 8,0625.

DAFTAR PUSTAKA

Angraini, C. A. 2011. Pemanfaatan cangkang udang sebagai biokoagulan untuk menurunkan kadar TSS, COD dan fosfat dalam limbah cair laundry. *Jurnal Lingkungan*, 5(1): 1-15.

Bolto, B., & J.Gregory. 2007. Organic polyelectrolytes in water treatment. *Water research*, 41(11): 2301-2324.

Bough, W. A., 1976. Chitosan a Polymer from Seafod Wastes for Use in Treatment of Food Processing Waste and Activated Sludge. *Process Biochemical*, 11(1): 13-16.

Eddy. 2008. Karakteristik Limbah Cair. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2(2): 20-29.

Fachrurozi, M., & B. M. Listiati. 2010. Pengaruh Variasi

Biomassa *Pistia stratiotes* L. Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Tahu di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(1): 1-75.

Hamsina, Noor, A. & P. Budi. 2022. Optimalisasi Proses Ekstraksi Khitin dari Cangkang Kepiting dan Uji kualitatif. *Journal Marina Chimica Acta*, 2(2): 1-3.

Hendrawati, R. Susanto, & J. Tjandra. 2007. Penetapan Dosis Koagulan dan Flokulan Pada Proses Penjernihan Air Untuk Industri. *Jurnal Teknik Kimia*, 10(2): 225-234.

Ningsih, R. 2011. Pengaruh Pembubuhan Tawas Dalam Menurunkan Tss Pada Air Limbah Rumah Sakit. *KEMAS: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(2): 79-86.

Nofriadi, R. K. 2021. Pemanfaatan Limbah Cangkang Udang Sebagai Biokoagulan dalam Pengolahan Air Terproduksi, Universitas Islam Riau: Skripsi Teknik Perminyakan.

Pratama, A., I. W. Wardhana, & E. Sutrisno. 2016. Penggunaan cangkang udang sebagai biokoagulan untuk menurunkan kadar TTS, kekeruhan dan posfat pada air limbah industri laundry. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(2): 1-5.

Putri, D. A. C., T. Joko, & N. A. Y. Dewanti. 2015. Kemampuan Koagulan Kitosan dengan Variasi Dosis dalam Menurunkan Kandungan COD dan Kekeruhan pada Limbah Cair Laundry. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 3(3): 711-722.

Sperling, M. V. 2007. *Biological Wastewater Treatment: Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal*. London: IWA Pub.

Sudarno, D. T. N. & M. Hadiwidodo. 2014. Cangkang udang sebagai biokoagulan untuk penyisihan Turbidity, tss, bod, dan cod pada pengolahan air limbah farmasi pt. Phapros tbk, Semarang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(2): 1-10.

Vigneswaran, S. & C. Visvanathan. 1995. *Water Treatment Process*. New York: Simple Option CRC Press.

Weska, R. F. & J. M. Moura. 2006. Optimalisasi of Deacetylation in the Production of Chitosan from Shrimp Waste. *Journal food engineering*, 80(1): 749-753.

Yuniarita, P. D., C. Widiyawati, & R. N. Hanifah. 2022. Kemampuan Koagulan Kitosan dalam Penurunan Konsentrasi TSS dan COD Pengolahan Limbah Cair. *Tecnoscienza*, 6(2): 294-300