

Penurunan Kadar Timbal Kerang Darah Menggunakan Media Cangkang Telur Ayam

Narwati

Poltekkes Kemenkes Surabaya; narwati@poltekkesdepkes-sby.ac.id (koresponden)

Hadi Suryono

Poltekkes Kemenkes Surabaya; hadisur@poltekkesdepkes-sby.ac.id

ABSTRACT

The presence of lead in blood clams has the potential to impact human health in the food chain, including cancer. Efforts have been made including utilizing waste chicken egg shells. Therefore, research is needed which aims to analyze the reduction of lead levels in blood clams using chicken egg shell media through engineering a stirring chamber with intervention of stirring speed and adsorption temperature. This type of research was an experiment using a one group pretest-posttest design. Samples of fresh blood clams came from Kenjeran Beach, Surabaya. A modification of the stirring chamber was used to help reduce lead levels in blood cockles, using the principle of stirring and adsorption temperature. Samples were given 9 treatments with 3 repetitions. Stirring speed was set for 15 minutes at 50 rpm, 150 rpm and 250 rpm; adsorption temperatures were 35°C, 50°C and 65°C; and using 50 grams of chicken eggshell adsorbent in 1 liter of PDAM treated water. The results showed that the average lead content = 1.92 ppm, in the control group = 1.26 ppm and in the treatment group = 0.77 ppm. The decrease in lead content in the treatment group = 0.49 ppm, where the stirring speed and adsorption temperature contributed to the decrease in lead content. It was concluded that the lead content decreased with the intervention of the mixing speed and adsorption temperature.

Keywords: lead; blood clams; stirring chambers; stirring speed; adsorption temperature

ABSTRAK

Keberadaan timbal pada kerang darah berpotensi berdampak bagi kesehatan manusia dalam rantai pangan, di antaranya kanker. Upaya telah dilakukan di antaranya adalah memanfaatkan limbah cangkang telur ayam. Maka diperlukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis penurunan kadar timbal kerang darah menggunakan media cangkang telur ayam melalui rekayasa alat *stirring chamber* dengan intervensi kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi. Jenis penelitian ini adalah eksperimen menggunakan rancangan *one group pretest-posttest*. Sampel kerang darah segar berasal dari Perairan Pantai Kenjeran Surabaya. Modifikasi *stirring chamber* digunakan untuk membantu menurunkan kadar timbal pada kerang darah, menggunakan prinsip pengadukan dan suhu adsorpsi. Sampel diberi 9 perlakuan dengan 3 kali pengulangan. Kecepatan pengadukan di atur selama 15 menit pada 50 rpm, 150 rpm dan 250 rpm; suhu adsorpsi adalah 35°C, 50°C dan 65°C; dan menggunakan 50 gram adsorben cangkang telur ayam dalam 1 liter air olahan PDAM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata kadar timbal = 1,92 ppm, pada kelompok kontrol = 1,26 ppm dan pada kelompok perlakuan = 0,77 ppm. Penurunan kadar timbal pada kelompok perlakuan = 0,49 ppm, di mana kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi berkontribusi terhadap penurunan kadar timbal. Disimpulkan bahwa kadar timbal mengalami penurunan dengan adanya intervensi kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi.

Kata kunci: timbal; kerang darah; *stirring chamber*; kecepatan pengadukan; suhu adsorpsi

PENDAHULUAN

Perairan pantai merupakan salah satu perairan yang menjadi lokasi pembuangan akhir limbah cair yang dihasilkan dari aktivitas industri. Aktivitas manusia pada kegiatan industri, pertanian maupun dari kegiatan domestik memiliki kontribusi dalam mencemari laut melalui aliran air sungai. Jordao *et al* menyatakan bahwa kehadiran bahan pencemar di lingkungan terkait dengan pembuangan limbah ke sungai.⁽¹⁾ Penelitian Suryono, *et al* menjelaskan kandungan Hg dalam kerang darah (*Anadara granosa*) yang diperoleh Pantai Kenjeran Surabaya sebesar 0,620 ppm.⁽²⁾ Lebih lanjut dijelaskan dalam Narwati & Suryono, kadar Cd dalam kerang darah (*Anadara granosa*) diketahui sebesar 0,93 ppm.⁽³⁾ Kehadiran logam berat dalam kerang darah (*A. granosa*) mengindikasikan telah tercemarnya biota laut Pantai Kenjeran Surabaya. Bukti cemaran logam berat lain pada biota laut perairan Pantai Kenjeran juga ditunjukkan penelitian Hendrajaya, K, *et al* bahwa kadar timbal (Pb) pada kerang darah sebesar 8 bpj.⁽⁴⁾ Kehadiran logam berat pada bahan pangan khususnya yang berasal dari laut, memerlukan kewaspadaan agar tidak menjadi sumber terjadinya gangguan kesehatan. Pengawasan kualitas pangan diperlukan berdasarkan standar peraturan yang berlaku.

Regulasi batas maksimal kadar logam berat dalam pangan telah dimuat dalam SNI No. 7387 tahun 2009 dimana diketahui batas maksimum kadar logam berat Pb kerang darah sebesar 1,5 mg/kg. Artinya bahwa tiap 100 gram sampel kerang darah yang diuji maksimal diperkenankan mengandung kadar logam Pb 0,15 per 100 gram sampel. Bukan berarti bahwa kerang yang telah terkontaminasi logam Pb masih diperkenankan untuk dikonsumsi secara terus menerus, namun kadar tersebut memberikan petunjuk bagi konsumen dalam mengestimasi kadar toksik jika mengkonsumsi pangan yang terkontaminasi logam Pb dalam jangka waktu tertentu secara terus menerus. Dijelaskan oleh Al - Essa and Khalili, bahwa logam berat merupakan salah satu bahan yang bersifat toksik dan berbahaya walaupun dalam konsentrasi rendah karena tidak dapat diuraikan dan bersifat bioakumulasi.⁽⁵⁾ Berbagai metode yang digunakan untuk menghilangkan logam berat seperti oksidasi dan reduksi kimiawi, pertukaran ion, elektrodialisis, presipitasi elektro, ekstraksi cairan, mikrofiltrasi membutuhkan biaya mahal dan tidak seluruhnya dapat mengeliminasi logam.⁽⁶⁾ Satriani & Ningsih menjelaskan bahwa dengan penambahan 1

gram serbuk cangkang telur ayam ke dalam larutan yang mengandung Pb mengalami penurunan kadar Pb sebesar 98,91% dan waktu adsorpsi optimum adalah 30 menit.⁽⁷⁾ Penelitian ini mengindikasikan bahwa cangkang telur ayam berpotensi mengurangi cemaran logam Pb dalam larutan yang mengandung Pb dengan mekanisme adsorpsi. Potensi cangkang telur ayam ini belum sepenuhnya dilakukan pengembangan dalam pemanfaatannya khususnya dalam meminimasi cemaran logam dalam bahan pangan, sehingga diperlukan penelitian lanjutan terutama dikaitkan dengan variasi waktu kontak dan suhu pengadukan dengan massa tertentu dari serbuk cangkang telur ayam sebagai adsorben. Diduga bahwa dengan memberikan kombinasi intervensi berupa kalsinasi secara kimia dan aktivasi fisik berupa pemanasan pada cangkang telur ayam, akan meningkatkan kemampuan cangkang dalam mengadsorpsi kandungan Pb kerang darah. Dijelaskan kembali V. Gurav, R. Samant bahwa penurunan kadar Pb menggunakan cangkang telur ayam yang telah dikalsinasi sebagai biomaterial dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi cangkang telur ayam.⁽⁶⁾ Dasar inilah yang digunakan untuk pembuatan adsorben berbahan cangkang telur ayam dalam penelitian ini..

Tujuan penelitian untuk menganalisis penurunan kadar Pb kerang darah (*Anadara granosa*) melalui rekayasa kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi alat *Stirrer chamber* menggunakan serbuk cangkang telur ayam sebagai adsorben.

METODE

Jenis penelitian ini adalah studi eksperimen yang bertujuan mengetahui suatu gejala atau pengaruh yang timbul sebagai akibat dari adanya perlakuan tertentu, menggunakan pendekatan *one group pretest-posttest design* yang menggunakan 1 kelompok subyek yang diberi perlakuan (X) dimana pengukuran kadar Cd dan Pb kerang darah dilakukan sebelum (O1) dan setelah perlakuan (O2), hasil perlakuan dapat diketahui dengan lebih akurat karena dapat membandingkan kadar Pb sebelum dan setelah diberi perlakuan. Penelitian dilakukan di bulan Juli. Populasi Variabel penelitian meliputi kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi sebagai variabel bebas; kadar Pb kerang darah (*Anadara granosa*) merupakan variabel terikat dan waktu pengadukan serta konsentrasi adsorben sebagai variabel kontrol.

Populasi penelitian terdiri dari seluruh jenis kerang yang dijual pedagang Pantai Kenjeran Surabaya. Sampel terdiri dari kerang darah (*Anadara granosa*) yang dijual Nelayan Pantai Kenjeran Surabaya. Replikasi dilakukan 3 kali sehingga besar sampel sebanyak 54 dengan 9 perlakuan dan 2 kali pengamatan. Sampel diambil dengan teknik *purposive sampling*. Pertimbangan pemilihan sampel adalah:

- a. Jenis kerang darah dalam kondisi segar yang dijual Nelayan Pantai Kenjeran Surabaya.
- b. Kerang telah melalui proses pengupasan kulit kerang.
- c. Berat sampel kerang darah yang dibutuhkan dengan tiap perlakuan 250 gram

Alat-alat yang digunakan meliputi *stirrer chamber unit*, gelas kimia, gelas ukur, blender, alu dan mortar, ayakan 120 mesh, AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*), oven, timbangan analitik, *stopwatch*, gunting, sendok, saringan, nampan, baskom, ember bertutup. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkang telur ayam ras, HCl 0,1 M, aquades, aquabides, kertas saring, apron, sarung tangan, alat tulis, plastik sampel.

Prosedur penelitian yaitu:

1. Preparasi sampel
Daging kerang segar disisihkan dari cangkangnya. Kebutuhan daging kerang segar dalam penelitian ini sebanyak 250 gram setiap perlakuan. Replikasi sampel dilakukan sebanyak 3 kali sehingga jumlah keseluruhan yang perlu dipersiapkan untuk 54 sampel sebanyak 13,5 kg.
2. Persiapan adsorben
Cangkang telur ayam dikumpulkan dan dicuci bersih serta direbus untuk memudahkan dalam pelepasan membran dan kotoran yang melekat pada cangkang telur. Cangkang telur ayam kemudian dipisahkan dari membran dan dicuci kembali menggunakan air panas. Setelah bersih, kemudian dijemur hingga kering dan dihaluskan dengan menggunakan blender. Bubuk cangkang telur diayak menggunakan ayakan 120 mesh. Panaskan dengan oven selama 15 menit pada suhu 100 °C.
3. Aktivasi adsorben
Bubuk cangkang telur ayam yang telah melalui tahap pengeringan, direndam di dalam larutan HCl 0,1 M selama 48 jam, kemudian ditiriskan, disaring dan dicuci dengan aquades dan aquabides hingga pH-nya netral (pH=7). Setelah pH-nya netral, adsorben dioven selama 30 menit dengan suhu 100 °C.
4. Proses adsorpsi
Sebanyak 50 gram serbuk cangkang telur ayam yang telah melalui proses aktivasi dilarutkan dalam 1 liter aquadest. Masukkan air 1 liter yang mengandung 50 gram serbuk cangkang telur ayam ke dalam *stirring chamber modification*. Masukkan 250 gram sampel kerang darah dengan suhu adsorpsi 35°C, 55°C, 65°C dan kecepatan pengadukan 50 rpm, 150 rpm dan 250 rpm. Lakukan pengadukan selama 15 menit. Perlakuan ini dilakukan sebanyak 3 kali. Sampel kerang darah (*A. Granosa*) kemudian dianalisis dengan Spectrofotometre Serapan Atom untuk mengetahui kadar Pb.

Data diperoleh, dikumpulkan, diolah dan dianalisis menggunakan statistik. Analisis diskriptif dengan mentabulasikan data yang selanjutnya diuraikan secara deskriptif. Analisis statistik guna mengetahui perbedaan kadar Pb kerang darah pada perlakuan variasi suhu dan kecepatan pengadukan menggunakan uji Ancova melalui system SPSS Statistics 20.

HASIL

Tabel 1 menunjukkan kadar Pb tertinggi terdapat pada kode sampel AT1 dengan perlakuan kecepatan pengadukan 50 rpm dan suhu adsorpsi 35°C yakni sebesar 1,03 ppm. Rerata kadar Pb terendah ditunjukkan pada

kode sampel BT3 dan CT3, yakni pada perlakuan kecepatan pengadukan 150 rpm dan 250 rpm dengan suhu adsorpsi 65°C. Hal ini menunjukkan bahwa adanya intervensi kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi dapat memberikan kontribusi dalam penurunan kadar Pb kerang darah.

Tabel 1. Rerata Pb kerang darah setelah perlakuan pengadukan dan suhu adsorpsi

Kode sampel*	Kecepatan aduk	Suhu adsorpsi	Kadar Pb (mg/kg)
AT1	50	35	1,03
AT2		50	0,86
AT3		65	0,70
BT1		35	0,89
BT2	150	50	0,79
BT3		65	0,62
CT1		35	0,78
CT2	250	50	0,64
CT3		65	0,62
Jumlah			6,93
Rerata			0,77

Ket: A, B, C = kecepatan pengadukan; T = suhu adsorpsi

Tabel 2. Penurunan kadar Pb kerang darah setelah perlakuan pengadukan dan suhu adsorpsi

Kode Sampel	Penurunan kadar Pb	
	(mg/kg)	(%)
AT1	0,36	25,9
AT2	0,49	36,3
AT3	0,58	45,3
BT1	0,31	25,8
BT2	0,44	35,8
BT3	0,58	48,3
CT1	0,44	36,1
CT2	0,61	48,8
CT3	0,59	48,8
Jumlah	4,4	351,1
Rerata	0,49	38,89

Ket: A, B, C = kecepatan pengadukan; T = suhu adsorpsi

Tabel 2 menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi secara bersamaan tidak diikuti dengan penurunan kadar Pb dalam kerang darah, namun disisi lain adanya kecenderungan penurunan kadar Pb berdasarkan suhu adsorpsi, yakni semakin tinggi suhu adsorpsi akan diikuti penurunan kadar Pb kerang darah. Namun demikian walaupun penurunan kadar Pb kerang darah tidak mengikuti peningkatan kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi secara bersamaan, namun hasil uji statistik diperoleh variasi perlakuan pengadukan dan suhu adsorpsi memberikan perbedaan yang signifikan terhadap kadar Pb kerang darah.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini diperkuat oleh penelitian Syauqiyah, *et al.* yang menghasilkan kecepatan pengadukan 120 rpm dapat menurunkan kadar logam Fe yang lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan pengadukan 60 rpm dan 90 rpm.⁽⁹⁾ Penurunan kadar Pb dalam penelitian ini juga diduga disebabkan factor perlakuan aktivasi adsorben. Penambahan aktivator HCl dalam proses aktivasi cangkang telur ayam dapat membersihkan permukaan pori, membuang senyawa/ substansi pengotor (non karbon) serta mengatur kembali letak atom yang dipertukarkan. Dapat dikatakan bahwa prinsip aktivasi secara kimia adalah penambahan pereaksi tertentu untuk membersihkan dan memperluas permukaan cangkang telur ayam sehingga dapat dijadikan sebagai adsorben. Penelitian Furqon, A dan Hadisi, H membuktikan bahwa metode aktivasi kimia merupakan cara yang paling baik dilakukan terhadap adsorben dalam hal penyerapan suatu zat, dalam hal ini yang digunakan sebagai adsorben adalah zeolite yang memiliki kemampuan menyerap air 13,77% setelah dilakukan aktivasi kimia.⁽¹⁰⁾

Peningkatan kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi secara bersamaan tidak diikuti dengan penurunan kadar Pb dalam kerang darah, namun disisi lain adanya kecenderungan penurunan kadar Pb berdasarkan suhu adsorpsi, yakni semakin tinggi suhu adsorpsi akan diikuti penurunan kadar Pb kerang darah. Namun demikian walaupun penurunan kadar Pb kerang darah tidak mengikuti peningkatan kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi secara bersamaan, namun hasil uji statistik diperoleh variasi perlakuan pengadukan dan suhu adsorpsi memberikan perbedaan yang signifikan terhadap kadar Pb kerang darah. interaksi kecepatan pengadukan dengan suhu adsorpsi memberikan perbedaan yang signifikan terhadap kadar Pb kerang darah. Besarnya perbedaan kadar Pb kerang darah berdasarkan pengadukan dan suhu adsorpsi secara bersamaan ditunjukkan dengan nilai r square 0,981, sehingga dapat dikatakan besarnya perbedaan kedua variabel tersebut adalah 98,1% yang dikategorikan memiliki perbedaan sangat besar karena memiliki nilai yang mendekati nilai 100%.

Kecepatan pengadukan merupakan salah satu factor yang berkontribusi dalam proses penyerapan suatu zat. Asip, *et al.* menjelaskan bahwa kecepatan adsorpsi selain dipengaruhi oleh *film diffusion* dan *pore diffusion* juga dipengaruhi oleh faktor pengadukan. Hal berarti jika proses pengadukan relatif kecil maka adsorben sukar menembus lapisan *film* antara permukaan adsorben dan *film diffusion* yang merupakan faktor pembatas yang memperkecil kecepatan penyerapan. Sebaliknya jika pengadukan sesuai maka akan menaikkan *film diffusion* sampai titik *pore diffusion* yang merupakan factor pembatas dalam sistem batch dilakukan pengadukan yang tinggi. Dalam penelitian ini kecepatan pengadukan tertinggi 250 rpm yang menunjukkan kecepatan yang

digunakan tidak dikategorikan kecepatan maksimal, dimana kecepatan maksimal akan mempengaruhi partikel-partikel adsorben dalam proses adsorpsi yang akan berakibat struktur adsorben cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal.⁽¹¹⁾ Penelitian ini berbanding terbalik dengan hasil penelitian Syaunyah, *et al.* yang menganalisis kecepatan pengadukan pada proses adsorpsi limbah logam Fe dengan arang aktif. Penelitian Syaunyah, dkk menunjukkan hasil kecepatan 90 rpm dengan waktu pengadukan 60 menit dapat menurunkan kadar logam Fe lebih tinggi dibandingkan kecepatan pengadukan 60 rpm dan 120 rpm, yakni kandungan akhir Fe dalam sampel menunjukkan kadar 0,24 ppm. Penelitian ini membuktikan bahwa tidak selamanya kecepatan pengadukan yang semakin tinggi akan menurunkan suatu zat dalam larutan/ media pada proses adsorpsi semakin besar. Selanjutnya dijelaskan bahwa pengadukan yang cukup maka kecepatan difusi *film* akan meningkat, yang berarti kecepatan tersebut masih berkontribusi dalam proses adsorpsi suatu adsorben.⁽⁹⁾

Suhu adsorpsi juga memberikan kontribusi terhadap perbedaan kadar Pb kerang darah secara signifikan. Hasil penelitian ini tidak sejalan dengan pendapat Reynold, T.D, yang menyatakan adsorpsi yang merupakan reaksi eksoterm umumnya meningkat seiring dengan menurunnya suhu. Peneliti berpendapat hal ini disebabkan karena faktor lain yang diduga berkontribusi dalam mempengaruhi proses adsorpsi⁽¹²⁾. Sarsa menjelaskan bahwa beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi diantaranya adalah luas permukaan dan ukuran adsorben, waktu kontak, konsentrasi adsorben, serta pH. Semakin luas permukaan adsorben akan meningkatkan kapasitas adsorpsinya serta semakin kecilnya ukuran adsorben maka akan memperlambat difusi internal. Demikian halnya dengan waktu kontak, memberikan pengaruh terhadap proses adsorpsi yang semakin baik seiring lamanya waktu kontak.⁽¹³⁾ Lebih lanjut Reynold menjelaskan bahwa gaya adsorpsi molekul dari suatu zat terlarut akan meningkat apabila waktu kontak dengan karbon aktif makin lama. Waktu kontak yang lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih baik.⁽¹²⁾

Berkaitan dengan perlakuan suhu adsorpsi, Rais Ahmad *et al* dalam penelitiannya menjelaskan peningkatan kemampuan penyerapan IOESP (*Iron Oxide Coated Eggshell Powder*) dari 36 – 41,5 mg/g ketika temperature meningkat dari 30°C ke 50°C secara berurutan.⁽¹⁴⁾ Lebih lanjut dijelaskan oleh Cano, *et al.* bahwa kemampuan penyerapan oleh kulit telur meningkat pada temperature 15-35°C karena penyerapan merupakan proses endotermik.⁽¹⁵⁾

Adapun secara bersama interaksi antara kecepatan dengan suhu adsorpsi memiliki perbedaan bermakna baik terhadap kadar Pb kerang darah sesudah perlakuan. Interaksi kecepatan pengadukan dengan suhu adsorpsi secara bersama memberikan perbedaan bermakna atau signifikan baik terhadap kadar Pb kerang darah di mana besarnya perbedaan kedua variable sangat besar. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kecepatan pengadukan dan suhu berkontribusi dalam peningkatan kemampuan adsorben dalam mekanisme adsorpsi. Kedua perlakuan memberikan penguatan dalam proses adsorpsi. Lebih lanjut dijelaskan oleh Syaunyah, *et al* bahwa bahwa faktor kecepatan aduk berpengaruh lebih baik dalam proses adsorpsi logam berat dibandingkan dengan faktor waktu lama pengadukan sedangkan suhu merupakan faktor penting yang mempengaruhi proses adsorpsi karena dapat memperbesar pori-pori adsorben dan dapat mengaktifkan gugus aktif permukaan adsorben.⁽⁹⁾

Dijelaskan kembali oleh Chaudhry bahwa suhu merupakan factor penting yang mempengaruhi adsorpsi. Dijelaskan proses adsorpsi meningkat hampir semua konsentrasi Pb (II) ketika suhu dinaikkan dari suhu 27 hingga 40 °C. Hal ini mengindikasikan proses adsorpsi bersifat endotermik. Berbanding terbalik dengan penyerapan Zn (II), yang mengalami penurunan dengan meningkatnya suhu dalam suhu 27°C to 40 °C, sehingga proses mengarah pada tipe *exothermic* dan suhu tinggi tidak berkontribusi dalam proses penyerapan Zn (II). Penelitian Chaudhry, *et al.* ini menunjukkan reaksi/proses endotermik yang tidak konsisten dengan efek suhu (berbanding terbalik). Ini berarti lebih banyak energy adsorpsi yang dipasok pada suhu yang lebih tinggi untuk meningkatkan pengikatan ion Pb (II) ke bagian aktif dari adsorben MOCS. Kapasitas adsorpsi Pb meningkat dengan kenaikan suhu dan berbanding terbalik dengan adsorpsi Zn (II) yang sedikit menurun dari 116,28 ke 113,63 µg/g ketika suhu dinaikkan pada kisaran yang sama, mengindikasikan proses adsorpsi *exothermic*. Namun keduanya menghasilkan ikatan yang baik dari ion logam pada permukaan adsorben MOCS. Penjelasan penelitian ini menegaskan bahwa reaksi setiap logam berat terhadap perlakuan yang dikenakan. Demikian halnya hasil penelitian peneliti kemampuan adsorpsi kadar Pb cenderung kurang walaupun adanya intervensi kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi.⁽¹⁶⁾ Ini merupakan keterbatasan dalam penelitian ini sehingga diperlukan upaya yang dapat memberikan peningkatan daya adsorpsi bagi adsorben berbahan dasar cangkang telur ayam.

Keterbatasan dalam penelitian ini adalah belum memperoleh suhu dan kecepatan optimal dalam menurunkan kadar Pb, sehingga diperlukan keberlanjutan penelitian.

KESIMPULAN

Kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi dapat meningkatkan potensi cangkang telur ayam dalam menurunkan kadar Pb kerang darah melalui rekayasa alat *Stirring Chamber*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Pereira MG, Bellato CR, Pereira JL, Matos AT. Domestic and Industrial Sewages. Environ Monit Assess [Internet]. 2002;79:75–100. Available from: <https://doi.org/10.1023/A:1020085813555>
2. Suryono H, Narwati, Nugroho HSW. The Potention of Chicken Egg Shell (*Galus galus domesticus*) as Mercury Adsorbent for Blood Cockle (*Anadara granosa*) by Stirring Chamber Engineering. Indian J Public Heal Res Dev. 2018;9(5):238–44.
3. Narwati, Suryono H. Pengembangan Desain Alat “Stirring Chamber “ Dalam Meningkatkan Potensi Cangkang Telur Ayam Untuk Menurunkan Kadar Kadmium (Cd) Dan Timbal (Pb) Kerang Darah (*Anadara granosa*). Surabaya; 2018.
4. Hendrajaya K, Sumiyani R. Validasi Metode Analisis Cemarkan Logam Berat Kadmium (Cr), Timbal (Pb),

- dan Kadmium (Cd) pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) dan Kerang Darah (*Tegillarca nodifera*) dari Pantai Kenjeran Surabaya Secara Inductively Coupled Plasma Spectrometry. In: Konggres XX & Pertemuan Ilmiah Tahunan Ikatan Apoteker Indonesia 2018 [Internet]. Jakarta: Ikatan Apoteker Indonesia; 2018. p. 606–12. Available from: [http://repository.ubaya.ac.id/36532/1/Validasi metode Analisis_Materi - prosiding PIT IAI 2018 Kusuma.pdf](http://repository.ubaya.ac.id/36532/1/Validasi%20metode%20Analisis_Materi%20-%20prosiding%20PIT%20IAI%202018%20Kusuma.pdf)
5. Al - Essa K, Khalili FI. Sorption of Pb(II) Ions by Kaolinite Modified with Humic Acids. *J Environ Sci Eng A* [Internet]. 2016;5(8):416–31. Available from: <http://www.davidpublisher.org/index.php/Home/Article/index?id=28506.html>
 6. Nurul Aimi, Norhafizah binti Abd. Hadi WCS. Removal of Cu(II) from Water by Adsorption on Chicken Eggshell Nurul. *Int J Eng Technol IJET-IJENS*. 2013;13(01):40–5.
 7. Satriani D, Ningsih P. Serbuk Dari Limbah Cangkang Telur Ayam Ras Sebagai Adsorben Terhadap Logam Timbal (Pb). 2016;5(August):103–8.
 8. Gurav VL, Samant RA. Application of Waste Egg Shell for Adsorption of Cd(II) and Pb(II) Ions to Protect Environment: Equilibrium, Kinetic and Adsorption Studies. *Orient J Chem*. 2021;37(1):128–35.
 9. Syaunqiah I, Amalia M, Kartini HA. Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif. *Info Tek*. 2011;12(1):11–20.
 10. Affandi F, Hadisi H. Pengaruh Metode Aktivasi Zeolit Alam Sebagai Bahan Penurun Temperatur. 2011.
 11. Asip F, Mardhiah R, Husna. Uji Efektivitas Cangkang Telur Dalam Mengadsorpsi ion Fe dengan Proses Batch. *Tek Kim*. 2008;15(2):22–6.
 12. Reynolds TD, Richards PA. Unit Operations And Processes In Environmental Engineering. Second. Boston, US: PWS Publishing Company; 1982. 1–798 p.
 13. Suarsa IW. Adsorpsi Logam Berat Pb (II), Cr (VI), Zn (II), Cd (II), Cu (II) dan Ni (II) dengan Abu Sekam Padi. *Karya Tulis*. 2016;(li):31–55.
 14. Ahmad R, Kumar R, Haseeb S. Adsorption of Cu 2+ from aqueous solution onto iron oxide coated eggshell powder: Evaluation of equilibrium, isotherms, kinetics, and regeneration capacity. *Arab J Chem* [Internet]. 2012;5(3):353–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2010.09.003>
 15. Flores-cano JV, Leyva-ramos R, Mendoza-barron J, Labrada-delgado GJ, Guerrero-coronado RM, Aragón-pi A. Sorption mechanism of Cd (II) from water solution onto chicken eggshell. *Appl Surf Sci*. 2013;276:682–90.
 16. Chaudhry SA, Khan TA, Ali I. Adsorptive removal of Pb (II) and Zn (II) from water onto manganese oxide-coated sand : Isotherm , thermodynamic and kinetic studies. *Egypt J Basic Appl Sci* [Internet]. 2016; Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejbas.2016.06.002>