

Kode : 359/ Rumpun Ilmu: Kesehatan Lingkungan

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN HIBAH BERSAING**



**PENGEMBANGAN DESAIN ALAT “*STIRRING CHAMBER* “ DALAM
MENINGKATKAN POTENSI CANGKANG TELUR AYAM UNTUK
MENURUNAN KADAR KADMIUM (Cd) DAN TIMBAL (Pb)
KERANG DARAH (*ANADARA GRANOSA*)**

Narwati, S.Si., M.Kes/ NIP. 197307091999032002
Hadi Suryono, ST., MPPM/ NIP. 196209301985031004

POLITEKNIK KESEHATAN KEMENKES SURABAYA

2018

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN AKHIR PENELITIAN

Judul : Pengembangan Desain Alat “*Stirring Chamber* “ Dalam Meningkatkan Potensi Cangkang Telur Ayam Untuk Menurunkan Kadar Kadmium (Cd) Dan Timbal (Pb) Kerang Darah (*Anadara Granosa*)

Peneliti Utama

Nama Lengkap : Narwati, S.Si., M.Kes

NIP : 197307091999032002

Jabatan Fungsional : Lektor

Program Studi : Kesehatan Lingkungan Surabaya Poltekkes Kemenkes Surabaya

No. HP : 087854937887

Alamat E-mail : narwatisuprpto@gmail.com

Anggota 1

Nama Lengkap : Hadi Suryono, ST., MPPM

NIP : 196209301985031004

Program Studi : Kesehatan Lingkungan Surabaya Poltekkes Kemenkes Surabaya

Tahun Pelaksanaan : 2018

Sumber Dana : DIPA Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya

Biaya Penelitian : Rp. 30.000.000,- (Tiga Puluh Juta Rupiah)

Surabaya, September 2018

Menyetujui
Narasumber

Ketua Peneliti

PROF . DR. RIRIH YUDHASTUTI
NIP. 195912241987012001

NARWATI, S.SI., M.Kes
NIP. 197307091999032002

Unit PPM
Poltekkes Kemenkes Surabaya

Direktur
Poltekkes Kemenkes Surabaya

SETIAWAN, SKM., M.PSi
NIP. 196304211985031005

Drg.BAMBANG HADI SUGITO., M.Kes
NIP. 1962042919931002

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN AKHIR PENELITIAN	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRACT	xi
ABSTRAK	xii
PRAKATA	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.3.1. Tujuan Umum	4
1.3.2. Tujuan Khusus	4
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.4.1. Manfaat Teoritis	5
1.4.2. Manfaat Aplikatif	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Kerang Darah	7
2.2. Kadmium (Cd)	8
2.3. Timbal (Pb)	12
2.4. Potensi Kerang Menyerap Logam Berat	13
2.5. Kulit Telur dan Peranannya sebagai Adsorben	14
2.6. Adsorpsi	16
2.7. Media Penyerap (Adsorben).....	17
2.8. Faktor-faktor yang mempengaruhi Proses Adsorpsi.....	17
2.9. Pengaruh Suhu dan Proses Penyerapan.....	21
2.10. Pengaruh Pengadukan Terhadap Proses Penyerapan	22
2.11. Penelitian Terdahulu dan Keterkaitannya	22

2.12. Kerangka Konsep	23
2.13. Hipotesis.....	24
BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1. Rancangan Penelitian	25
3.2. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional	25
3.2.1. Variabel Penelitian	25
3.2.2. Definisi Operasional	25
3.3. Populasi dan Sampel	26
3.4. Besar Sampel.....	26
3.5. Teknik Pengambilan Sampel.....	27
3.6. Teknik Pengumpulan Data	28
3.6.1. Alat dan Bahan	28
3.6.2. Tahapan Penelitian	28
3.7. Bagan Alir Penelitian	30
3.8. Luaran Penelitian	33
3.9. Model <i>Stirring Chamber Modificatiion</i> Yang Digunakan.....	33
3.10. Analisis Data	34
BAB IV HASIL PENELITIAN	35
4.1 Kadar Cd dan Pb Kerang Darah Segar	35
4.2 Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Sebelum Perlakuan.....	36
4.3 Kadar Pb dan Cd Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Setelah Perlakuan	44
4.4 Penurunan Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>).....	54
BAB V PEMBAHASAN	63
5.1. Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Segar Perairan Pantai Kenjeran	63
5.2. Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Sebelum Perlakuan Pengadukan dan Suhu Adsorpsi.....	65
5.3. Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Sesudah Diberi Perlakuan Pengadukan dan Suhu Adsorpsi.....	67
5.4. Analisis Penurunan Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>).....	68
BAB VI KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	73
6.1. Kesimpulan	73
6.2. Rekomendasi	73

DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel II.1	Kandungan Gizi Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) 8
Tabel II.2	Keterkaitan dengan Penelitian Sebelumnya 22
Tabel III.1	Definisi Operasional Penelitian 26
Tabel IV.1.	Kadar Cd dan Pb Kerang Darah Segar di Perairan Pantai Kenjeran Surabaya Tahun 2018 35
Tabel IV.2.	Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum Pengadukan 50 rpm dan Suhu Adsorpsi 35°C Tahun 2018 36
Tabel IV.3.	Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum Pengadukan 50 rpm dan Suhu Adsorpsi 50°C Tahun 2018 37
Tabel IV.4.	Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum Pengadukan 50 rpm dan Suhu Adsorpsi 65°C Tahun 2018 38
Tabel IV.5.	Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum Pengadukan 150 rpm dan Suhu Adsorpsi 35°C Tahun 2018 39
Tabel IV.6.	Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum Pengadukan 150 rpm dan Suhu Adsorpsi 50°C Tahun 2018 39
Tabel IV.7.	Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum Pengadukan 150 rpm dan Suhu Adsorpsi 65°C Tahun 2018 40
Tabel IV.8.	Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum Pengadukan 250 rpm dan Suhu Adsorpsi 35°C Tahun 2018 41
Tabel IV.9	Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>A.granosa</i>) yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum Pengadukan 250 rpm dan Suhu Adsorpsi 50°C Tahun 2018 42
Tabel IV.10	Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum Pengadukan 250 rpm dan Suhu Adsorpsi 65°C Tahun 2018 42
Tabel IV.11	Rekapitulasi Rerata Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>A.granosa</i>) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum Pengadukan dan Suhu Adsorpsi Tahun 2018 43
Tabel IV.12.	Jumlah Penurunan Kadar Cd dan Pb Kerang darah Segar dan 44

	Kerang Darah Sebelum Perlakuan Pengadukan dan Suhu Adsorpsi	
Tabel IV.13.	Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam pada Pengadukan 50 rpm dan Suhu Adsorpsi 35°C Tahun 2018	45
Tabel IV.14.	Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam pada Pengadukan 50 Rpm dan Suhu Adsorpsi 50°C Tahun 2018	46
Tabel IV.15.	Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam pada Pengadukan 50 rpm dan Suhu Adsorpsi 65°C Tahun 2018	46
Tabel IV.16	Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam pada Pengadukan 150 rpm dan Suhu Adsorpsi 35°C Tahun 2018	47
Tabel IV.17	Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam pada Pengadukan 150 rpm dan Suhu Adsorpsi 50°C Tahun 2018	48
Tabel IV.18.	Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam pada Pengadukan 150 rpm dan Suhu Adsorpsi 65°C Tahun 2018	49
Tabel IV.19	Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam pada Pengadukan 250 rpm dan Suhu Adsorpsi 35°C Tahun 2018	50
Tabel IV.20.	Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam pada Pengadukan 250 rpm dan Suhu Adsorpsi 50°C Tahun 2018	51
Tabel IV.21	Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam pada Pengadukan 250 rpm dan Suhu Adsorpsi 65°C Tahun 2018	51
Tabel IV.22	Rekapitulasi Rerata Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Setelah Diberi Perlakuan Pengadukan dan Suhu Adsorpsi	52
Tabel IV.23.	Jumlah Penurunan Kadar Cd Kerang Darah (<i>A.granosa</i>) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum dan Setelah Diberi Perlakuan Pengadukan dan Suhu Adsorpsi	54
Tabel IV.24	Tests of Between-Subjects Effects	56
Tabel IV.25	Pairwise Comparisons	57
Tabel IV.26	Pairwise Comparisons	57

Tabel IV.27	Jumlah Penurunan Kadar Pb Kerang Darah (<i>A. granosa</i>) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum dan Setelah Diberi Pengadukan dan Suhu Adsorpsi	58
Tabel IV.27	Tests of Between-Subjects Effects	60
Tabel IV.28	Uji Pairwise Comparisons	61
Tabel IV.29.	Uji Pairwise Comparisons	62

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kerang Darah (<i>Andara granosa</i>)	7
Gambar 2.2 Kerangka Konsep	23
Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian	30
Gambar 3.2 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	32
Gambar 3.3 Model Pengembangan Alat “ <i>Stirring Chamber Modification</i> ”	34
Gambar 4.1 Grafik Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Setelah Diberi Perlakuan Variasi Kecepatan Pengadukan dan Suhu Adsorpsi	53
Gambar 4.2. Grafik Persentase Penurunan Kadar Cd Kerang darah (<i>A. granosa</i>) Setelah Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam dengan 3 Variasi Kecepatan Pengadukan dan Suhu Adsorpsi	55
Gambar 4.3 Grafik Persentase Penurunan Kadar Pb Kerang Darah <i>A. granosa</i>) setelah diberi 50 gram adsorben cangkang telur ayam dengan 3 variasi kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi	59

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Logbook Penelitian
- Lampiran 2 Hasil Laboratorium Pemeriksaan Cd dan Pb Kerang Darah
- Lampiran 3 Hasil Uji Statistik
- Lampiran 4 Persetujuan Etik

ABSTRACT

A study about chicken egg shells as an adsorbent to decrease Hg level in blood cockle (*Anadara granosa*) has been done by Hadi Suryono et al (2017), it results showed that chicken egg shells can decrease Hg level in blood cockle. The lowest level of Hg (0,545 ppm or 93,64%) was using 45 minutes of stirring process with 75 grams of chicken egg shells, there was a significant difference of Hg level in blood cockle before and after the process. The Hg level decrease from 0,582 ppm to 0,037 ppm. Those process include the use of chicken egg shells as adsorbent can not reduce all the level of Hg.

This study using One Group pre post test Design. Samples were blood cockle (*A. Granosa*). Stirring chamber was a food sanitation tool, it has ability to decrease heavy metal level such as Cd and Pb in blood cockle using the stirring and adsorbent temperature principles. Samples were taken using purposive sampling techniques. There were 9 treatment and 3 repetition. The stirring process was done in 15 minutes using 50 rpm, 150 rpm, and 250 rpm of speed. The adsorbent temperature were 35°C, 50°C dan 65°C , it used 50 grams of chicken egg shells (adsorbent) in 1 liter of water.

The results showed that blood cockle (*A. granosa*) which was taken from Kenjeran coastal area, Surabaya contain 0,93 ppm of Cd level and 1,92 ppm of Pb level in average. The level of Cd and Pb in the control group were 0,82 ppm and 1,26 ppm. While the average level of Cd and Pb in the blood cockle in the treatment groups were 0,15 ppm and 0,77 ppm. The amount of Cd level decreasing in treatment groups were 82,1% or 0,67 ppm while Pb level were 38,9% or 0,49ppm. The stirring speed and adsorbent temperature were contributed to give significant difference of Cd level and Pb level in blood cockle.

From the results we can conclude that the intervention stirring and adsorbent temperature can decreased Cd and Pb level. We suggest that societies can use stirring and heating using chicken egg shells as an adsorbent to control food contamination of Cd and Pb.

Keywords: Stirring chamber, stirring speed, adsorbent temperature, chicken egg shells

ABSTRAK

Penelitian terdahulu tentang potensi cangkang telur ayam sebagai adsorben dalam menurunkan logam Hg kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah dilakukan oleh Hadi Suryono, dkk (2017) dihasilkan bahwa cangkang telur ayam dapat menurunkan kadar Hg pada kerang darah (*Anadara granosa*). Penurunan kadar Hg tertinggi pada pengadukan 45 menit menggunakan 75 gram adsorben cangkang telur ayam, yakni sebesar 0,545 ppm (93,64%) dan ada perbedaan penurunan secara signifikan kadar Hg kerang darah antara sebelum dan sesudah perlakuan, yakni dari kadar 0,582 ppm ke kadar 0,037 ppm. Nilai penurunan tersebut masih menyisakan kadar logam yang belum sepenuhnya tereduksi oleh penambahan cangkang telur ayam sebagai adsorben.

Jenis penelitian ini adalah eksperimen dengan *One Group Pre-post test Design*. Sampel penelitian adalah kerang darah (*A. granosa*). *Stirring chamber* merupakan alat penyehatan makanan karena kemampuannya dalam membantu menurunkan kadar logam berat Cd dan Pb pada bahan pangan, kerang darah, dengan menggunakan prinsip pengadukan dan suhu adsorpsi. Pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling* dengan 9 perlakuan dan 3 kali pengulangan. Kecepatan pengadukan dilakukan selama 15 menit pada 50 rpm, 150 rpm dan 250 rpm dan suhu adsorpsi 35°C, 50°C dan 65°C dengan menggunakan 50 gram adsorben cangkang telur ayam dalam 1 liter air.

Hasil penelitian didapatkan kerang darah (*A.granosa*) segar yang diambil dari Perairan Pantai Kenjeran Surabaya mengandung kadar Cd rerata 0,93 ppm dan kadar Pb rerata 1,92 ppm. Kadar Cd dan Pb kerang darah (*A.granosa*) kelompok kontrol sebesar 0,82 ppm dan 1,26 ppm secara berurutan, sedangkan kadar Cd dan Pb rerata kerang darah (*A.granosa*) kelompok perlakuan 0,15 ppm dan 0,77 ppm secara berurutan. Jumlah penurunan kadar Cd kerang darah (*A. granosa*) kelompok perlakuan sebanyak 82,1% (0,67 ppm) dan penurunan kadar Pb sebesar 38,9% (0,49 ppm) dimana kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi berkontribusi memberikan perbedaan yang signifikan terhadap kadar Cd dan Pb kerang darah.

Disimpulkan bahwa kadar Cd dan Pb mengalami penurunan dengan adanya intervensi kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi. Disarankan bagi masyarakat untuk melakukan prapengolahan kerang melalui intervensi pengadukan dan pemanasan dalam larutan yang mengandung adsorben cangkang telur ayam sebagai pengendalian cemaran logam berat Cd dan Pb.

Kata Kunci : *Stirring chamber*, kecepatan pengadukan, suhu adsorpsi, cangkang telur ayam

PRAKATA

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan kegiatan penelitian hingga terselesaikannya penyusunan laporan akhir ini. Penelitian ini merupakan salah satu kegiatan Tri Darma Perguruan Tinggi yang wajib dilakukan bagi setiap dosen dalam meningkatkan mutu Pendidikan. Penelitian yang berjudul “ Pengembangan Desain Alat “*Stirring Chamber* “ Dalam Meningkatkan Potensi Cangkang Telur Ayam Untuk Menurunan Kadar Kadmium (Cd) Dan Timbal (Pb) Kerang Darah (*Anadara Granosa*)” ini berisi paparan yang bertujuan menjawab pertanyaan penelitian dan dapat diaplikasikan di masyarakat dalam meminimalisir paparan logam Cd dan Pb kerang darah saat dikonsumsi.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu dalam penyelesaian kegiatan penelitian ini antara lain :

1. Direktur Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya, yang telah memberikan kesempatan bagi peneliti melaksanakan kegiatan penelitian
2. Ketua Jurusan Kesehatan Lingkungan Surabaya, yang telah memberikan kesempatan dan menyediakan fasilitas bagi peneliti dalam melaksanakan kegiatan penelitian.
3. Teman sejawat yang ikutserta dalam membantu pelaksanaan kegiatan penelitian serta sumbangsih pikiran dan saran hingga terselesaikannya laporan penelitian ini.
4. Pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang turut serta membantu kelancaran proses penelitian ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan penelitian ini masih terdapat kekurangan, untuk itu penulis dengan keikhlasan menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kebaikan bersama.

Akhir kata semoga laporan penelitian ini memberikan manfaat bagi semua pihak dan dapat dijadikan acuan dalam pengembangan bagi penelitian selanjutnya.

Surabaya, September 2018

Penulis

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Masalah utama keamanan pangan satu diantaranya adalah masih ditemukannya peredaran pangan yang tidak memenuhi syarat kesehatan. Perlunya kesadaran bahwa upaya keamanan merupakan tanggung jawab bersama, baik pemerintah, industry, ataupun produsen pangan maupun konsumen (Purwiyatno Hariyadi dan Nuri Andarwulan, 2007).

Undang-Undang Pangan No. 18 tahun 2012 Bab VII Pasal 68 ayat 3 dinyatakan bahwa petani, nelayan, pembudi daya ikan, dan pelaku usaha pangan wajib menerapkan norma, standar, prosedur, dan kriteria keamanan pangan. Adapun dalam pasal 67 ayat 2 dijelaskan bahwa keamanan pangan dimaksudkan untuk mencegah kemungkinan cemaran biologis, kimia, dan benda lain yang dapat mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan manusia. Salah satu bahan pangan yang berpotensi tercemar logam berat adalah yang berasal dari laut.

Aktivitas manusia pada kegiatan industri, pertanian maupun dari kegiatan domestik memiliki kontribusi dalam mencemari laut melalui aliran air sungai. Jordao *et al*, 2002 menyatakan bahwa kehadiran bahan pencemar di lingkungan terkait dengan pembuangan limbah ke sungai (Jordao *et al.*, 2002). Disamping air dan biota yang hidup dalam perairan tercemar seng, aluminium, dan kromium, dalam penelitian tersebut ditemukan vegetasi yang tumbuh di dekat lingkungan perairan juga turut tercemar besi. Penelitian ini mengindikasikan bahwa perairan yang tercemar logam berat dapat berdampak pada biota baik yang hidup didalamnya maupun yang berada disekitar wilayah perairan tersebut.

Penelitian Hadi Suryono, dkk (2017) membuktikan keberadaan logam merkuri (Hg) dalam kerang darah (*Anadara granosa*) yang diambil dari perairan Pantai Kenjeran Surabaya. Hasil pemeriksaan laboratorium terhadap kadar Hg kerang darah tersebut

diketahui sebesar 0,620 ppm. Cemaran logam lainpun juga ditemukan pada biota laut yakni kerang hijau (*Mytilus viridus*). Penelitian Anita Trisnawati (2008) menemukan kadar Cd kerang hijau yang berasal dari Perairan Pantai Kenjeran pada insang sebesar 50,23 – 70,39 ppm, organ hati 31,08 – 44,53 ppm dan kadar Cd air laut sebesar 6,73 – 7,37 ppm. Bukti cemaran logam berat lain pada biota laut perairan Pantai Kenjeran juga ditunjukkan penelitian Merry Fransiska, *et al* (2012) bahwa kadar Pb pada kerang darah sebesar 0,76073 mg/kg. 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 Cd kerang darah sebesar 1 mg/kg dan kadar maksimal Pb sebesar 1,5 mg/kg. Hal ini berarti kadar tiap 100 gram sampel kerang darah yang diuji maksimal diperkenankan mengandung logam Cd sebesar 0,1 mg dan kadar Pb 0,15 per 100 gram sampel. Hal ini bukan berarti bahwa kerang yang telah terkontaminasi logam terutama Cd dan 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 Cd dan Pb dalam jangka waktu tertentu secara terus menerus. Bagaimanapun logam Cd dan Pb yang terkandung dalam kerang berpotensi memberikan dampak buruk bagi kesehatan manusia. Adapun dampak toksik yang ditimbulkan akibat mengkonsumsi pangan yang mengandung Cd dan Pb adalah merusak organ tubuh hingga menimbulkan kematian, sehingga terjadinya akumulasi logam Cd dan Pb perlu diwaspadai.

Berbagai metode yang digunakan untuk menghilangkan logam berat seperti oksidasi dan reduksi kimiawi, pertukaran ion, elektrodialisis, presipitasi elektro, ekstraksi cairan, mikrofiltrasi yang mahal dan tidak seluruhnya dapat mengeliminasi logam (Nurul Aimi, *et al*, 2013). Upaya sederhana yang tidak membutuhkan biaya mahal

diperlukan dalam menurunkan senyawa logam berat, salah satunya adalah dengan memanfaatkan cangkang telur ayam. Hasil Penelitian Hadi Suryono *et al* (2017) telah membuktikan penurunan kadar Hg tertinggi dengan penggunaan 75 gram serbuk cangkang telur ayam dengan lama pengadukan 45 menit melalui rekayasa alat *stirrer chamber* yaitu sebesar 93,64%. Dijelaskan oleh Nurul Aimi *et al* (2013) bahwa penurunan kadar Hg kerang darah ini dikaitkan dengan kandungan CaCO_3 dalam cangkang telur ayam yang memiliki kemampuan dalam menyerap logam.

Dalam penelitian yang dilakukan peneliti tahun 2017 tersebut disimpulkan terjadinya penurunan kadar Hg tertinggi pada sampel yang menggunakan 75 gram adsorben cangkang telur ayam dengan waktu pengadukan 45 menit dibandingkan dengan konsentrasi 25 gram dan 50 gram. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadinya penurunan Hg secara nyata diperlukan konsentrasi cangkang telur ayam yang tertinggi dan waktu pengadukan yang cukup lama. Berdasarkan hal tersebut diperlukan inovasi pengembangan metode untuk menurunkan logam berat terutama Cd dan Pb dengan memanfaatkan adsorben cangkang telur ayam pada kadar lebih rendah dari 75 gram dengan memodifikasi alat *stirring chamber* melalui metode pengaturan kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi sehingga diperlukan waktu lebih singkat dalam proses pengolahannya.

Menurut Asip *et al* (2008) bahwa kecepatan adsorpsi selain dipengaruhi oleh *film diffusion* dan *pore diffusion*, juga dipengaruhi oleh faktor pengadukan. Menurut Webber (1972) adsorpsi dibatasi terutama oleh proses *film diffusion* atau *pore diffusion*, tergantung besarnya pergolakan dalam sistem. Jika pergolakan akibat pengadukan yang terjadi relatif kecil maka lapisan *film* yang mengelilingi adsorben akan tebal dan menimbulkan perlambatan proses adsorpsi. Sebaliknya jika pengadukan dilakukan cukup maka kecepatan difusi *film* akan meningkat.

Selain kecepatan pengadukan, suhu juga memberikan pengaruh terhadap kecepatan adsorpsi. Penelitian Drastinawati dan Zultiniar (2013) membuktikan nilai konstanta

proses adsorpsi terbaik arang cangkang sawit terhadap logam Cu yakni pada suhu 35°C dengan kecepatan 500 rpm dibandingkan suhu 27°C dan 45°C pada kecepatan 200 rpm, 300 rpm dan 400 rpm. Penelitian ini menjelaskan bahwa suhu optimal proses adsorpsi mempengaruhi kecepatan adsorpsi suatu adsorben.

Hal-hal inilah yang mendasari pemikiran peneliti untuk mengembangkan desain alat *stirring chamber* yang dapat meningkatkan potensi cangkang telur ayam sebagai adsorben dalam menurunkan kadar Cd dan Pb kerang darah melalui penambahan komponen pengaturan suhu dan kecepatan pengadukan pada alat tersebut. Dasar pemikiran tersebut menjadi motivasi peneliti untuk menganalisis lebih lanjut tentang peningkatan potensi cangkang telur ayam dalam penurunan logam Cd dan Pb kerang darah melalui rekayasa penambahan komponen pengaturan kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi pada alat *stirring chamber*.

1.2. Perumusan Masalah

Dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini yaitu :

Bagaimana meningkatkan potensi cangkang telur ayam dalam menurunkan kadar Cadmium (Cd) dan Timbal (Pb) kerang darah (*Anadara granosa*) melalui rekayasa pengadukan dan suhu adsorpsi pada alat *Stirring Chamber*?

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan Umum

Menganalisis penurunan kadar Cadmium (Cd) dan Timbal (Pb) kerang darah (*Anadara granosa*) melalui rekayasa kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi alat *Stirring Chamber* menggunakan adsorben cangkang telur ayam.

1.3.2. Tujuan Khusus

- a. Mengukur kadar Cd dan Pb kerang darah (*Anadara granosa*) segar yang diambil dari Perairan Pantai Kenjeran dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer*.
- b. Mengukur kadar Cd dan Pb kerang darah (*Anadara granosa*) yang diberi 50 gram adsorben cangkang telur ayam sebelum diberi perlakuan pengadukan dan

pemaparan suhu adsorpsi (kelompok kontrol) menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer*

- c. Mengukur kadar Cd dan Pb kerang darah (*Anadara granosa*) sesudah diberi perlakuan pengadukan 50 rpm, 150 rpm dan 250 rpm pada suhu adsorpsi 35°C, 50°C dan 65°C menggunakan 50 gram adsorben cangkang telur ayam selama 15 menit dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer*.
- d. Menganalisis penurunan kadar Cd dan Pb kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah diberi adsorben cangkang telur ayam tanpa diberi perlakuan pengadukan dan pemaparan suhu adsorpsi (kelompok kontrol) dengan kelompok eksperimen yang diberi perlakuan pengadukan 50 rpm, 150 rpm dan 250 rpm pada suhu pemaparan 35°C, 50°C dan 65°C menggunakan 50 gram adsorben cangkang telur ayam selama 15 menit.

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan penelitian teknologi tepat guna di bidang penyehatan makanan. Dalam pengembangan pembelajaran berbasis riset kepada mahasiswa, maka penelitian ini sangat mendukung mata kuliah yang diampu peneliti yaitu penyehatan makanan dan minuman, baik dalam Program Studi Diploma 3 maupun Diploma 4 di Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Surabaya.

1.4.2. Manfaat Aplikatif

Penelitian ini dapat diaplikasikan masyarakat dalam pengolahan bahan makanan guna meminimalisir kandungan logam berat menggunakan alat *stirrer chamber* dengan pengembangan pengaturan kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi untuk meningkatkan potensi limbah cangkang telur sebagai adsorben.

Pemanfaatan teknologi tepat guna dalam bidang penyehatan makanan merupakan upaya rekayasa alat yang merupakan sumbangsih pemikiran dalam mengurangi risiko

pencemaran bahan pangan oleh logam Cd dan Pb sehingga dapat dimanfaatkan masyarakat luas karena mudah untuk diaplikasikan dalam skala rumah tangga ataupun usaha kecil menengah di bidang pangan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kerang Darah

Kerang darah (*Anadara granosa*) merupakan hewan moluska (binatang lunak) yang memiliki dua buah cangkang (bivalvia). Klasifikasi dan identifikasi kerang darah menurut Barnes (1989) adalah sebagai berikut :

Kingdom : Animalia

Sub Kingdom : Metazoa

Filum : Mollusca

Kelas : Bivalvia

Sub Kelas : Pteriomorphia

Ordo : Arcoida

Super Famili : Arcoidea/ Aracea

Famili : Archidae

Genus : *Anadara*

Species : *Anadara granosa*



Gambar 2.1. Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Kerang darah disebut *Anadara granosa* karena kelompok kerang ini memiliki pigmen darah merah (haemoglobin) yang disebut *bloody cockles*. Kerang ini memiliki cairan

haemoglobin yang berfungsi mengikat oksigen dalam daging kerang, sehingga kerang ini dapat hidup pada kondisi kadar oksigen yang relative rendah. Kerang darah masih bisa hidup setelah dipanen walaupun tanpa air (Nurjanah *et al* 2005).

Kerang darah merupakan salah satu jenis kerang yang bernilai ekonomis tinggi dan harganya terjangkau masyarakat. Kerang darah bermanfaat sebagai antioksidan dalam sistem pertahanan tubuh terhadap reaksi oksidasi radikal bebas. Kerang darah diduga memiliki komponen mineral tertentu yang berguna sebagai antioksidan, diantaranya adalah tembaga (Cu), zat besi (Fe), Seng (Zn) dan Selenium (Se). Cu dan Zn merupakan mineral penting pada berbagai sistem enzim dan hormon. Fe berperan penting untuk tubuh manusia. Apabila kekurangan Fe, maka akan menyebabkan anemia, sedangkan selenium merupakan mineral yang cukup esensial, sebagai enzim yang paling penting antioksidan. Kerang darah juga mengandung Ca yang berguna sebagai mineral untuk pembentukan tulang dan gigi terutama pada masa pertumbuhan dan ibu hamil (Nurjanah *et al* 2005).

Tabel II. 1. Kandungan Gizi Kerang Darah

<u>Kandungan Gizi</u>	<u>Jumlah (%)</u>
Protein	11,84
Lemak	0,60
Air	81,81
Kadar Abu	2

Sumber : Daluningrum (2009)

2.2 Kadmium (Cd)

Logam kadmium mempunyai berat atom 112,41 titik cair 321⁰C dan massa jenis 8,65 gr/ml. Keberadaan kadmium di alam berhubungan erat dengan hadirnya logam Pb dan Zn. Dalam industri pertambangan Pb dan Zn, proses pemurninya akan selalu memperoleh hasil samping kadmium yang terbuang dalam lingkungan, kadmium digunakan sebagai pigmen dalam pembuatan keramik (Palar, 2004). Logam Cd merupakan logam paling beracun setelah Hg. Limbah logam ini banyak dilepaskan di

daerah dekat tambang dan tempat peleburan logam-logam timbal (Pb) dan seng (Zn). Sumber lainnya yaitu dari penggunaan sisa lumpur kotor sebagai pupuk tanaman pangan. Kadmium digunakan sebagai pigmen dalam pembuatan keramik, penyepuhan listrik, pembuatan aloi dan baterai alkali (Hartanti, 1998).

Kadmium dan bentuk garamnya banyak digunakan pada beberapa jenis pabrik untuk proses produksinya. Industri pelapisan logam adalah pabrik yang paling banyak menggunakan Kadmium murni sebagai pelapis, begitu juga pabrik yang membuat Ni-Cd baterai. Bentuk garam Cd banyak digunakan dalam proses fotografi, gelas dan campuran perak, produksi foto elektrik, foto konduktor, dan fosforus. Kadmium asetat banyak digunakan pada proses industri porselen dan keramik. Kadmium dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan dan minuman yang terkontaminasi oleh Kadmium. Sekitar 5% dari diet cadmium diabsorpsi dalam tubuh. Sebagian besar Cd masuk melalui saluran pencernaan, tetapi keluar lagi melalui feses sekitar 3-4 minggu kemudian, dan sebagian kecil dikeluarkan melalui urin. Kadmium di dalam tubuh terakumulasi di dalam hati dan ginjal terutama terikat sebagai metalotionein. (Darmono, 2001).

Lebih lanjut Darmono (2001) menjelaskan bahwa keracunan kronis terjadi bila inhalasi Cd dosis kecil dalam waktu lama dan gejalanya juga berjalan kronis. Kadmium dapat menyebabkan nefrotoksisitas (toksik ginjal). Kasus keracunan Cd kronis juga menyebabkan gangguan kardiovaskuler dan hipertensi. Hal tersebut terjadi dikarenakan tingginya afinitas jaringan ginjal terhadap Cd, selain Cd juga dapat menyebabkan terjadinya gejala osteomalasea karena terjadi interferensi daya keseimbangan kandungan kalsium dan fosfat dalam ginjal. Darmono (2001) juga memberikan salah satu kasus keracunan kronis Cd yang terjadi di daerah Tayoman (daerah Jepang), dimana di sepanjang Sungai Jinzu, penduduk wanita yang berumur 40 tahun atau lebih terjangkit penyakit *itai-itai*, suatu nama penyakit yang disebabkan oleh Cd. Penyakit itai-itai atau dikenal dengan nama *osteomalasea* merupakan penyakit yang menyebabkan keadaan melunaknya tulang yang umumnya diakibatkan

kurangnya vitamin B yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan keseimbangan kandungan kalsium dan fosfat dalam ginjal. Kekurangan kalsium dapat menyebabkan osteoporosis sehingga orang tidak dapat berdiri dengan tegak tetapi membungkuk.

Dinas kesehatan setempat atau *Public Welfare Office of Toyama* (Dinas Kesejahteraan Masyarakat Toyama) mengidentifikasi area yang terpolusi Cd bahwa sejak tahun 1967, 97% dari 132 penduduk yang meninggal dunia adalah korban itai-itai disease (Kawano *et al*, 1984). Kasus keracunan kadmium ini terjadi di saat Jepang sedang gencar memproduksi senjata untuk kebutuhan militer. Penambangan yang dilakukan Mitsui Mining and Smelting Co., Ltd secara tidak langsung membuat penderitaan penduduk di Sungai Jinzu menjadi efek yang berkepanjangan. Karena efek yang akut, para pasien itai-itai disease merasakan rasa sakit luar biasa akibat keracunan kadmium selama akhir sisa umurnya. Banyak pula kasus meninggalnya pasien yang terkena penyakit ini setelah mengkonsumsi air sungai Jinzu serta memakan beras yang diirigasi oleh sungai tersebut (Nogawa dan Suwazono, 2011).

Selanjutnya Nogawa dan Suwazono (2011) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa penelitian tersebut menjadi titik terang bagaimana warga setempat teracuni logam berat kadmium, pada umumnya mereka mengkonsumsi padi hasil pertanian setempat. Hal ini juga menjadi simpulan dari artikel terdahulu bahwa keracunan kadmium memang dari oral (mulut) yang berlanjut ke pencernaan.

Kadmium adalah elemen yang sangat toksik dengan waktu paruh yang cukup lama. Bahan pangan merupakan sumber utama cadmium dari lingkungan. Kandungan kadmium dalam tanah meningkat akibat penggunaan pupuk fosfat dan pembuangan kotoran melalui pipa karena kedua bahan ini mengandung cadmium. Penimbunan cadmium terutama pada ginjal, hati, paru, dan pancreas. Hati adalah organ yang paling sensitive bila terpapar oleh cadmium berdosisi rendah dalam jangka pendek. (Arisman, 2012)

Chen (2009) menjelaskan bahwa kadmium memiliki efek yang sangat unik kepada anak-anak yakni dapat membantu perkembangan otak pada anak. Namun di sisi lain, kadmium memiliki efek yang tidak baik untuk manusia dewasa, diantaranya menaikkan resiko terjadinya kanker payudara, penyakit kardiovaskular atau paru-paru, dan penyakit jantung. Efek lain yang menunjukkan toksisitas kadmium adalah kegagalan fungsi ginjal, encok, pembentukan artritis, juga kerusakan tulang. Logam kadmium (Cd) akan mengalami proses biotransformasi dan bioakumulasi dalam organisme hidup (tumbuhan, hewan dan manusia). Dalam tubuh biota perairan jumlah logam yang terakumulasi akan terus mengalami peningkatan (biomagnifikasi) dan dalam rantai makanan biota yang tertinggi akan mengalami akumulasi kadmium (Cd) yang lebih banyak (Palar, 2004). Kadmium dapat terakumulasi dalam tubuh manusia serta baru dapat keluar dari dalam tubuh, tetapi dengan waktu tunggu berkisar antara 20-30 tahun lamanya. Efek dalam tubuh pun beragam, mulai dari hipertensi sampai kanker (Watts, 1997).

Bahan pencemar yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami tiga macam proses akumulasi, yaitu fisik, kimia, dan biologis. Buangan limbah industri yang mengandung bahan berbahaya dengan toksisitas yang tinggi dan kemampuan biota laut untuk menimbun logam-logam bahan pencemar langsung terakumulasi secara fisik dan kimia kemudian mengendap di dasar perairan. Metabolisme bahan berbahaya terjadi melalui rantai makanan secara biologis yang disebut bioakumulasi (Hutagalung, 1984).

Kadar logam berat yang terdapat dalam tubuh organisme perairan lebih tinggi jika dibandingkan dengan kadar logam berat yang terdapat dalam lingkungan hidupnya. Unsur-unsur logam berat dapat masuk ke dalam tubuh organisme dengan tiga cara, yaitu melalui rantai makanan, insang, dan difusi melalui permukaan kulit. Pengeluaran logam berat dari tubuh dan insang serta isi perut dan urine (Bryan, 1976). Akumulasi pada organisme terjadi karena kecenderungan logam berat untuk membentuk senyawa kompleks dengan zat-zat organik yang terdapat dalam tubuh

organisme sehingga logam berat terfiksasi dan tidak segera diekskresi oleh organisme yang bersangkutan (Waldichuk, 1974).

2.3. Timbal (Pb)

Timbal (Pb) adalah logam yang mendapat perhatian utama dalam segi kesehatan karena dampaknya pada sejumlah besar orang akibat keracunan makanan atau udara yang terkontaminasi Pb memiliki sifat toksik berbahaya (Retyoadhi dkk, 2005). Timbal (Pb) juga salah satu logam berat yang mempunyai daya toksitas yang tinggi terhadap manusia karena dapat merusak perkembangan otak pada anak-anak, menyebabkan penyumbatan sel-sel darah merah, anemia dan mempengaruhi anggota tubuh lainnya. Timbal dapat diakumulasi langsung dari air dan dari sedimen oleh organisme laut (Purnomo, 2009).

Logam berat timbal sangat beracun, mempunyai sifat bioakumulatif dalam tubuh organisme air, dan akan terus diakumulasi hingga organisme tersebut tidak mampu lagi mentolerir kandungan logam berat timbal dalam tubuhnya. Karena sifat bioakumulatif logam berat timbal, maka bisa terjadi konsentrasi logam tersebut dalam bentuk terlarut dalam air adalah rendah, dalam sedimen semakin meningkat akibat proses-proses fisika, kimia dan biologi perairan, dan dalam tubuh hewan air meningkat sampai beberapa kali lipat (Sitorus, 2004).

Logam berat secara langsung maupun tidak langsung dapat membahayakan manusia seperti Timbal (Pb) dapat mengakibatkan penghambatan sistem pembentukan hemoglobin (Hb) sehingga menyebabkan anemia, terganggunya sistem syaraf pusat dan tepi, sistem ginjal, sistem reproduksi, idiot pada anak - anak, sawan (epilepsi), cacat rangka dan merusak sel - sel somatik. Walaupun jumlah Timbal (Pb) yang diserap oleh tubuh hanya sedikit, logam ini ternyata menjadi sangat berbahaya. Hal ini disebabkan senyawa – senyawa Timbal (Pb) dapat memberikan efek racun terhadap banyak organ yang terdapat dalam tubuh (Palar, 2004).

Keberadaan Timbal sebagai Pb (II) dalam air, masuk ke rantai makanan dan terakumulasi dalam jaringan lunak tubuh. Ini merupakan racun metabolisme dan penghambat enzim yang terakumulasi dalam tulang, otak, ginjal dan otot dan menyebabkan berbagai masalah kesehatan seperti anemia, kerusakan sistem syaraf, mengurangi kesuburan baik pada pria maupun wanita, kegagalan ginjal, penyakit *Alzheimer* dan masalah tulang. (Acien A, Navas *et al*; 2007)

Selain dalam bentuk logam murni, timbal juga dapat ditemukan dalam bentuk senyawa anorganik dan organik. Semua bentuk timbal memiliki pengaruh yang sama terhadap toksisitas manusia. Timbal dalam tubuh terutama terikat dalam gugus-SH dalam molekul protein, hal ini menyebabkan hambatan pada aktivitas kerja sistem enzim. Timbal dapat mengganggu sistem sintesis Hb dengan jalan menghambat konversi delta aminolevulinik asid (delta-ALA) menjadi forfobilinogen dan dapat juga menghambat korporasi dari Fe ke dalam protoporfirin IX untuk membentuk Hb, dengan jalan menghambat enzim delta-aminolevulinik asid-dehidratase (delta-ALAD) dan ferokelatase. Hal ini mengakibatkan meningkatnya ekskresi koproporfirin dalam urin dan delta-ALA serta menghambat sintesis Hb (Darmono, 2001).

2.4. Potensi Kerang Menyerap Logam Berat

Disamping memiliki kelebihan dalam kandungan gizi, kerang juga memiliki kemampuan dalam mengakumulasi logam berat tertentu dalam skala yang lebih besar dibandingkan hewan laut lainnya, hewan ini dapat mengakumulasi Cd sampai 352 kali lebih tinggi daripada kadar Cd yang terdapat dalam airnya. Tingginya akumulasi ini berhubungan erat dengan sifat hidupnya sebagai binatang dasar yang mengambil makanan dengan cara menyaring air (*filter feeder*). Kerang memiliki sifat habitat yang menetap dan lambat dalam pergerakan, sehingga jenis kerang dijadikan sebagai indikator yang sangat baik dalam memonitoring suatu pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh logam berat tertentu (Darmono, 2001).

Dijelaskan oleh Sari (2005) bahwa tingginya kandungan logam Cd dalam kerang ini karena sifat kerang yang mobilitasnya rendah dan menetap dalam suatu habitat tertentu yaitu di sedimen atau dasar laut sehingga proses biokonsentrasi dan bioakumulasi terjadi secara lebih intensif. Disamping itu dilaporkan bahwa kandungan logam berat Cd dalam sedimen adalah sebesar 2,22 ppm lebih tinggi bila dibandingkan dengan tempat-tempat lain yang belum tercemar diberbagai bagian benua Afrika dan Asia. Kandungan logam Cd yang teridentifikasi adalah sebesar 0,01 -0,84ppm (Pikir, 1993)

2.5. Kulit Telur dan Peranannya sebagai Adsorben

Kulit telur merupakan lapisan terluar dari telur yang berfungsi untuk melindungi semua

bagian telur. Bila dilihat dengan mikroskop maka kulit telur terdiri dari 4 lapisan yaitu:

a. Lapisan kutikula

Lapisan kutikula merupakan protein transparan yang melapisi permukaan kulit telur. Protein ini terhidrolisa atau larut dalam asam. Kutikula menutupi pori-pori kulit telur sehingga dapat menghambat keluarnya gas CO₂ dan uap air serta masuknya bakteri dan kapang. Adanya kutikula dapat menghambat kerusakan ataupun penurunan mutu telur. Akan tetapi selama penyimpanan, kutikula akan mengalami kerusakan sehingga pori-pori telur semakin terbuka.

b. Lapisan busa/ bunga karang

Lapisan ini merupakan bagian terbesar dari lapisan kulit telur. Lapisan ini terdiri dari protein dan lapisan kapur yang terdiri dari kalsium karbonat, kalsium fosfat, magnesium karbonat dan magnesium fosfat.

c. Lapisan mamila

Lapisan ini merupakan lapisan ketiga dari kulit telur yang terdiri dari lapisan yang berbentuk kerucut dengan penampang bulat atau lonjong. Lapisan ini sangat tipis dan terdiri dari anyaman protein dan mineral, kalsium. Membran kulit yang juga tersusun dari keratin terdiri dari 2 lapisan yang terpisang pada ujung telur yang

tumpul dan membentuk kantung udara. Kantung udara terbentuk segera setelah telur dikeluarkan oleh induknya akibat terlepasnya gas-gas uap air karena perbedaan suhu.

d. Lapisan membran

Merupakan bagian lapisan kulit telur yang terdalam. Terdiri dari dua lapisan selaput yang menyelubungi seluruh isi telur. Tebalnya lebih kurang 65 mikron.

Menurut Umar (2000), cangkang telur mengandung hampir 95,1% terdiri atas garam-garam organik, 3,3% bahan organik (terutama protein), dan 1,6% air. Sebagian besar bahan organik terdiri atas persenyawaan Calcium karbonat (CaCO_3) sekitar 98,5% dan Magnesium karbonat (MgCO_3) sekitar 0,85%. Jumlah mineral didalam cangkang telur beratnya 2,25 gram yang terdiri dari 2,21 gram kalsium, 0,02 gram magnesium, 0,02 gram fosfor serta sedikit besi dan sulfur.

Dijelaskan kembali oleh Tien R Muchtadi *et al* (2010), bahwa kulit telur terdiri dari 94 – 97% kalsium karbonat (CaCO_3). Komponen lainnya 3 – 6% merupakan bahan-bahan organik dan pigmen. Pori-pori pada kulit telur yang bervariasi dalam jumlah dan ukuran, tetapi jumlahnya kira-kira 8000 per cangkang.

Penelitian yang dihasilkan oleh Chojnacka, K (2005) mengindikasikan adanya potensi adsorpsi cangkang telur terhadap konsentrasi ion Cr(III) dibawah batas ketetapan yakni pada suhu 40°C , dengan kadar awal ion logam 100 mg/ kg, pada konsentrasi sorben 15 g / l. Lebih lanjut Katarzyna menjelaskan bahwa cangkang telur yang hancur memiliki kapasitas penyerapan yang relatif tinggi, bila dibandingkan dengan *sorbent* (penyerap) lainnya. Penelitian tersebut juga menemukan terjadinya peningkatan kapasitas penyerapan (*sorption*) dengan meningkatnya konsentrasi Cr (III) , temperatur, dan konsentrasi penyerap (*sorbent*).

Daraei H., *et al* (2013) memperkuat hasil penelitian Chojnacka, K (2005) bahwa limbah kulit telur merupakan material limbah padat dari industri makanan, dapat

secara sangat efektif digunakan sebagai *sorbent* untuk menghilangkan ion krom (Cr) larutan.

2.6. Adsorpsi

Menurut Asip, *et al* (2008), adsorpsi adalah proses perpindahan massa pada permukaan pori-pori dalam butiran adsorben. Perpindahan massa yang terjadi melalui batas antara dua fasa yaitu: gas-padat, cair-padat. Proses yang terjadi selama adsorpsi yaitu perpindahan massa dari cairan ke permukaan butir, difusi dari permukaan butir ke dalam butir melalui pori, perpindahan massa dari cairan dalam pori ke dinding pori dan adsorpsi pada dinding pori.

Adsorpsi dapat terjadi karena adanya energi permukaan dan gaya tarik-menarik permukaan. Sifat dari masing-masing permukaan berbeda, tergantung pada susunan dalam molekul-molekul zat. Setiap molekul dalam interior dikelilingi oleh molekul-molekul lainnya, sehingga gaya tarik menarik antar molekul akan sama besar, setimbang ke segala bagian, sedangkan untuk molekul dipermukaan hanya mempunyai gaya tarik ke arah dalam (Asip, *et al*, 2008).

Penyerapan logam oleh adsorben terjadi di titik yang berbeda tergantung dari tipe struktur fungsional suatu adsorben (Pankaj Pandey, *et al.*, 2009). Penyerapan logam oleh adsorben tergantung bergantung pada banyak faktor, seperti dosis adsorben, jenis logam, dan kekuatan ion, pH, konsentrasi logam awal, dan lain-lain. Kemampuan adsorben untuk mengikat logam bergantung pada gugus fungsional dan afinitas. Kelompok ini untuk mengikat logam tertentu (Agwarambo *et al.*, 2016)

Lebih lanjut dijelaskan kembali oleh Setyaningsih (1995) bahwa penyerapan menggunakan karbon aktif paling efektif untuk menghilangkan logam berat. Proses adsorpsi pada arang aktif terjadi melalui 3 tahapan dasar yaitu; zat terjerap dibagian luar, kemudian bergerak menuju pori-pori arang dan terakhir zat terjerap kedinding bagian dalam dari arang.

2.7. Media Penyerap (Adsorben)

Adsorben adalah bahan padat dengan luas permukaan dalam yang sangat besar. Permukaan yang luas ini terbentuk karena banyaknya pori-pori yang halus pada padatan tersebut. Disamping luas spesifik dan diameter pori, maka kerapatan, distribusi ukuran partikel maupun kekerasannya merupakan data karakteristik yang penting dari suatu adsorben (Asip, *et al*, 2008).

2.8. Faktor-faktor yang mempengaruhi Proses Adsorpsi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi yaitu:

1. Proses pengadukan

Kecepatan adsorpsi selain dipengaruhi oleh *film diffusion* dan *pore diffusion* juga dipengaruhi oleh pengadukan. 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. Dan jika pengadukan sesuai maka akan menaikkan *film diffusion* sampai titik *pore diffusion* yang merupakan faktor pembatas dalam sistem batch dilakukan pengadukan yang tinggi.

2. Karakteristik adsorben

Adsorpsi dipengaruhi oleh dua sifat permukaan yaitu energi permukaan dan gaya tarik permukaan, oleh karena itu sifat fisik yaitu ukuran partikel dan luas permukaan merupakan sifat yang terpenting dari bahan yang akan digunakan sebagai adsorben.

3. Kelarutan adsorben

Proses adsorpsi terjadi pada molekul-molekul yang ada dalam larutan harus dapat berpisah dari cairannya dan dapat berikatan dengan permukaan adsorben. Sifat unsur yang terlarut mempunyai gaya tarik-menarik terhadap cairannya yang lebih kuat bila dibandingkan dengan unsur yang sukar larut. Dengan demikian unsur yang terlarut akan lebih sulit terserap pada adsorben bila dibandingkan dengan unsur yang tidak larut (Asip., *et al*, 2008).

Menurut Webber (1972) adsorpsi dibatasi terutama oleh proses *film diffusion* atau *pore diffusion*, tergantung besarnya pergolakan dalam sistem. Jika pergolakan yang terjadi relatif kecil maka lapisan *film* yang mengelilingi partikel akan tebal sehingga adsorpsi berlangsung lambat. Apabila dilakukan pengadukan yang cukup maka kecepatan difusi *film* akan meningkat.

Menurut Reynold (1982) adsorpsi adalah reaksi eksoterm. Maka dari itu tingkat adsorpsi umumnya meningkat seiring dengan menurunnya suhu. Waktu kontak merupakan hal yang menentukan dalam proses adsorpsi. 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.

Permukaan padatan yang kontak dengan suatu larutan cenderung untuk menghimpun lapisan dari molekul-molekul zat terlarut pada permukaannya akibat ketidakseimbangan gaya-gaya pada permukaan. Adsorpsi kimia menghasilkan pembentukan lapisan monomolekular adsorbat pada permukaan melalui gaya-gaya dari valensi sisa dari molekul-molekul pada permukaan. Adsorpsi fisika diakibatkan kondensasi molekular dalam kapiler-kapiler dari padatan. Secara umum, unsur-unsur dengan berat molekul yang lebih besar akan lebih mudah diadsorpsi.

Terjadi pembentukan yang cepat sebuah kesetimbangan konsentrasi antarmuka, diikuti dengan difusi lambat ke dalam partikel-partikel karbon. Laju adsorpsi keseluruhan dikendalikan oleh kecepatan difusi dari molekul-molekul zat terlarut dalam pori-pori kapiler dari partikel karbon. Kecepatan itu berbanding terbalik dengan kuadrat diameter partikel, bertambah dengan kenaikan konsentrasi zat terlarut, bertambah dengan kenaikan temperatur dan berbanding terbalik dengan kenaikan berat molekul zat terlarut. Weber (1972) menemukan bahwa laju adsorpsi bervariasi seiring dengan akar pangkat dua dari waktu kontak dengan adsorben. Kecepatan ini juga meningkat dengan menurunnya pH sebab perubahan muatan pada

permukaan karbon. Kapasitas adsorpsi dari karbon terhadap suatu zat terlarut tergantung pada dua-duanya, karbon dan zat terlarutnya. Kebanyakan limbah cair adalah kompleks dan bervariasi dalam hal kemampuan adsorpsi dari campuran-campuran yang ada. Struktur molekul, kelarutan dan sebagainya, semuanya berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsi. Derajat I kemungkinan adsorpsi akan terjadi dan menghasilkan hubungan kesetimbangan berkorelasi menurut hubungan empiris dari Freundlich, dan turunan Langmuir.

Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah sebagai berikut:

1. Luas permukaan

Semakin luas permukaan adsorben, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben. Penjelasan lebih lanjut dilansir oleh I,A, Oke., *et al* (2008) bahwa ukuran partikel kulit telur yang digunakan sebagai adsorben sebesar 63 μ m dapat mereduksi ion arsenic hingga 99,6% dari larutan buatan yang mengandung ion arsenic 1,5 mg/L. Ini berbeda dengan ukuran partikel kulit telur yang dinaikkan menjadi 75-150 μ m yang memiliki kemampuan mereduksi ion arsenic menurun hingga 98,4% dan 97,4% secara berurutan pada pH larutan optimal, 7,2.

2. Jenis adsorbat

Peningkatan polarisabilitas adsorbat akan meningkatkan kemampuan adsorpsi molekul yang mempunyai polarisabilitas yang tinggi (polar) memiliki kemampuan tarik menarik terhadap molekul lain dibandingkan molekul yang tidak dapat membentuk dipol (non polar); peningkatan berat molekul adsorbat dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi. Adsorbat dengan rantai yang bercabang biasanya lebih mudah diadsorpsi dibandingkan rantai yang lurus.

3. Struktur molekul adsorbat

Hidroksil dan amino mengakibatkan mengurangi kemampuan penyisihan sedangkan Nitrogen meningkatkan kemampuan penyisihan.

4. Konsentrasi Adsorbat

Semakin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben.

5. Temperatur

Pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka. Pemanasan yang terlalu tinggi menyebabkan rusaknya adsorben sehingga kemampuan penyerapannya menurun.

6. pH

pH larutan mempengaruhi kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi pada biosorben dan kompetisi ion logam dalam proses adsorpsi.

7. Kecepatan pengadukan

Menentukan kecepatan waktu kontak adsorben dan adsorbat. Bila pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi berlangsung lambat pula, tetapi bila pengadukan terlalu cepat kemungkinan struktur adsorben cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal.

8. Waktu Kontak

Penentuan waktu kontak yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kesetimbangan.

9. Waktu kesetimbangan dipengaruhi oleh:

- a. tipe biomasa (jumlah dan jenis ruang pengikatan),
- b. ukuran dan fisiologi biomasa (aktif atau tidak aktif),
- c. ion yang terlibat dalam sistem biosorpsi

d. konsentrasi ion logam.

Porositas adsorben juga mempengaruhi daya adsorpsi dari suatu adsorben. Adsorben dengan porositas yang besar mempunyai kemampuan menyerap yang lebih tinggi dibandingkan dengan adsorben yang memiliki porositas kecil. Untuk meningkatkan porositas dapat dilakukan dengan mengaktivasi secara fisika seperti mengalirkan uap air panas ke dalam pori-pori adsorben atau mengaktivasi secara kimia.

2.9. Pengaruh Suhu dan Proses Penyerapan

Perbedaan lama waktu perebusan membuat pori-pori yang terdapat pada permukaan adsorben dapat menarik ion logam dalam daging kerang darah akan tetapi dalam jumlah yang berbeda. Hal ini diperkuat oleh Wirawan (2010) bahwa waktu kontak yang cukup diperlukan arang aktif agar dapat mengadsorpsi logam secara optimal. Semakin lama waktu kontak, maka semakin banyak logam yang teradsorpsi karena semakin banyak kesempatan partikel arang aktif untuk bersinggungan dengan logam. Hal ini menyebabkan semakin banyak logam yang terikat di dalam pori-pori arang aktif. Pengurangan logam berat yang signifikan juga dipengaruhi oleh panas selama proses perebusan. Peranan suhu dalam proses adsorpsi sangat penting untuk mempengaruhi kecepatan reaksi. Hal ini diperkuat oleh pendapat Syauqiah (2011) bahwa suhu yang meningkat menyebabkan energi dan reaktivitas ion bertambah besar sehingga semakin banyak ion yang mampu melewati tingkat energi untuk melakukan interaksi secara kimia dengan situs-situs aktif di permukaan, sehingga lebih banyak ion yang mampu teradsorpsi pada permukaan.

Rais Ahmad *et al* (2012) 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. Ini mengindikasikan penyerapan bersifat endotermis. Peningkatan kapasitas adsorpsi karena adanya peningkatan frekuensi tumbukan antara adsorben dan ion Cu (II).

Lebih lanjut dijelaskan oleh Flores-cano J., *et al* (2013) bahwa kemampuan penyerapan oleh kulit telur meningkat pada temperature 15-35°C karena penyerapan merupakan proses endotermik. Penyerapan Cd (II) terjadi utamanya di dalam lapisan berkapur (yang mengandung CaCO₃) dan sedikit pada lapisan membrane. Hal ini menunjukkan bahwa penyerapan Cd (II) bersifat tidak reversible dan mekanisme penyerapan utama adalah presipitasi dan pertukaran ion.

2.10. Pengaruh Pengadukan Terhadap Proses Penyerapan

Penggunaan kecepatan aduk di atas 90 rpm akan membuat ikatan antar partikel adsorben dan adsorbat terlepas. Di samping itu terlalu cepatnya pengadukan membuat arang aktif tidak sempat membentuk ikatan yang kuat dengan partikel logam. Akibatnya hanya sedikit Fe yang mampu terserap. Dapat dikatakan kecepatan 90 rpm adalah kecepatan aduk yang efektif untuk adsorpsi Fe. (Isna Syauqiyah, *et al.*, 2011) . Penelitian tersebut menunjukkan bahwa bahwa faktor kecepatan aduk berpengaruh lebih baik dalam proses adsorpsi logam berat Fe dibandingkan dengan faktor waktu pengadukan.

2.11. Penelitian Terdahulu dan Keterkaitannya

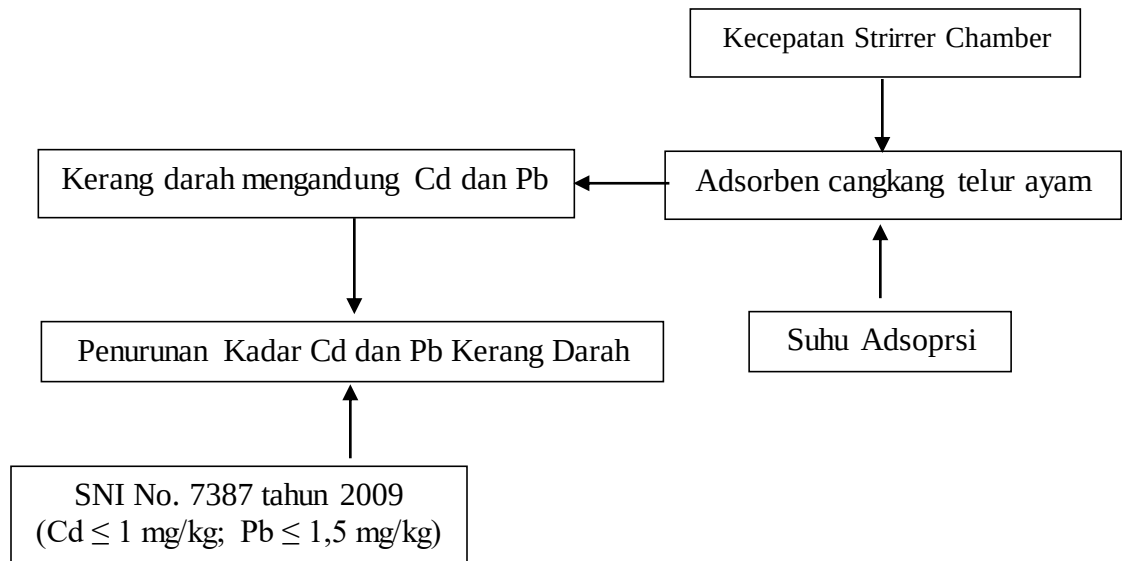
Penelitian yang berkaitan dengan upaya penurunan kadar logam berat dengan adsorben telah dilakukan oleh peneliti lain. Hal ini dapat ditunjukkan pada tabel berikut ini :

Tabel II.2. Keterkaitan dengan Penelitian Sebelumnya

No	Judul Penelitian /Tahun	Peneliti	Keterkaitan
1	2	3	4
1.	Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif ; 2011	Isna Syauqiah, Mayang Amalia, Hetty A. Kartini	Kecepatan pengadukan, lama waktu kontak dan pemanasan yang digunakan semakin meningkatkan penurunan kadar Fe dalam air.
2.	Evaluasi Sebaran Logam Hg, Cd, Cr Dan Co Dalam Cuplikan Air, Sedimen Dan Enceng Gondok Di Lokasi Perairan Surabaya III; 2003	Agus Taftazani, Sumining dan Muzakky	Lingkungan perairan di Surabaya telah tercemar Logam Cd

1	2	3	4
3.	<i>Heavy metals (mercury, arsenic, cadmium, plumbum) in selected marine fish and shellfish along the Straits of Malacca; 2012</i>	Alina, M., dkk	Biota laut juga telah tercemar logam berat Cd, Pb, selain Hg dan As.
4.	Efektivitas Adsorpsi Logam Pb^{2+} & Cd^{2+} Menggunakan Media Adsorben Cangkang Telur Ayam, 2016	Erna Wati Ibnu Hajar, dkk	Menggunakan cangkang telur sebagai adsorben untuk menurunkan kadar logam pada larutan standar.
5.	<i>Removal of Cu(II) from Water by Adsorption on Chicken Eggshell; 2013</i>	Nurul Aimi binti Rohaizar, Norhafizah binti Abd. Hadi, Wong Chee Sien	Kulit telur berpotensi digunakan sebagai adsorben untuk menyerap logam cu (II) dari air.
6.	<i>Effects Of Stirring Speed And Time On Water Absorption Performance Of Silica Aerogel/Epoxy Nanocomposite</i>	M. S. M. Basri; N. Mazlan, and F. Mustapha	tingkat penyerapan air dipengaruhi oleh kecepatan pengadukan, waktu dan penambahan filler.

2.12. Kerangka Konsep



Gambar 2.2. Kerangka Konsep

Keterangan :

----- : tidak diteliti

_____ : diteliti

Cemaran Cd dan Pb pada perairan laut satu diantaranya ditimbulkan dari limbah industri yang mengandung logam Cd dan Pb. Perairan laut yang tercemar Cd dan Pb mengalami proses bioakumulasi dan biomagnifikasi dalam jaringan tubuh hewan-hewan air termasuk kerang darah, sehingga kadar Cd dan Pb dapat mencapai level yang berbahaya bagi kesehatan manusia yang mengkonsumsi kerang. Upaya untuk meminimalisir kadar Cd dan Pb dalam kerang agar memenuhi SNI 7387 tahun 2009 dilakukan dengan cara meningkatkan potensi cangkang telur ayam sebagai adsorben melalui perangkat *Stirrer Chamber* yang telah dimodifikasi dengan pengaturan kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi. .

2.13. Hipotesis

Penurunan kadar Cd dan Pb kerang darah lebih tinggi setelah diberi perlakuan pengadukan dan suhu adsorpsi dengan penambahan adsorben cangkang telur ayam melalui rekayasa alat *Stirring Chamber*.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui suatu gejala atau pengaruh yang timbul sebagai akibat dari adanya perlakuan tertentu (Notoatmodjo, 2012). Ada tidaknya pengaruh perlakuan tertentu digunakan sebagai dasar untuk mencapai tujuan dalam penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi terhadap potensi cangkang telur ayam sebagai adsorben melalui alat stirring chamber dalam menurunkan logam Cd dan Pb kerang darah (*Anadara granosa*).

Desain penelitian ini melalui pendekatan *one group pretest-posttest design*, dimana 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 Cd dan Pb sebelum dan setelah diberi perlakuan.

Adapun bentuk rancangan ini dapat ditunjukkan sebagai berikut :

Pre test		Perlakuan		Posttest
O1	----- >	X	----- >	O2

3.2. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional

3.2.1. Variabel Penelitian

- Variabel bebas : kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi
- Variabel terikat : kadar Cd dan Pb kerang darah (*Anandara granosa*).
- Variabel kontrol : waktu pengadukan dan konsentrasi adsorben..

3.2.2. Definisi Operasional

Definisi operasional tiap variable dalam penelitian ini secara rinci dapat ditunjukkan pada tabel 3.1 berikut ini :

Tabel III.1. Definisi Operasional Penelitian

Variabel	Definisi Operasional	Kriteria	Skala Pengukuran
Kecepatan pengadukan	Waktu kontak yang diperlukan adsorben terhadap adsorbat dalam menurunkan kadar Hg kerang darah	50 ppm, 150 ppm dan 250 ppm	Interval
Suhu adsorpsi	Suhu larutan selama proses perlakuan terhadap kerang darah dalam menurunkan kadar Cd dan Pb menggunakan cangkang kerang darah dalam satuan °C.	35°C , 50°C dan 65°C	Interval
Kadar Cd dan Pb	Kandungan Cd atau Pb dalam kerang darah segar, diukur sebelum dan sesudah perlakuan menggunakan metode Spectrofotometri, dengan satuan mg/kg.	Memenuhi standar kualitas kadar Cd dan Pb dalam SNI No. 7389 tahun 2009 yakni Cd 1 mg/kg, Pb 1,5 mg/kg.	Rasio

3.3. Populasi dan Sampel

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.

3.4. Besar Sampel

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis keterkaitan antar variabel melalui penelitian eksperimental di laboratorium atau pengendalian variabel eksternal yang ketat, sehingga rumus yang digunakan dalam menentukan besar sampel adalah rumus Federer (Purnomo dan Taufan Bramantoro, 2002 : hal 37 - 38)

$$\text{Rumus Federer :} \quad (k - 1) (r - 1) \geq 15$$

Keterangan :

k = Jumlah kelompok perlakuan

r = Jumlah replikasi per kelompok

Untuk menentukan besar sampel minimal untuk penelitian ini berdasarkan rumus diatas adalah sebagai berikut :

$$(k - 1) (r - 1) \geq 15$$

$$(9 - 1) (r - 1) \geq 15$$

$$8 (r-1) \geq 15$$

$$8r - 8 \geq 15$$

$$8r \geq 15 + 8$$

$$r \geq 23/8 \text{ ----- } r \geq 2,9 \text{ ----- ditetapkan replikasi sebanyak 3 kali}$$

Dari rumus perhitungan diatas, diperoleh hasil pengulangan sebanyak 3 kali, dengan 9 kelompok perlakuan dilakukan 2 kali pengamatan sehingga besar sampel secara keseluruhan sebesar 54 sampel kerang darah.

3.5. Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel yang dilakukan yaitu dengan cara *purposive sampling*, dimana peneliti menentukan sampel dengan pertimbangan yang dibuat oleh peneliti sendiri berdasar pada tinjauan teori yang dapat mempresentasikan sampel (Notoatmojo, 2010). Adapun pertimbangan pemilihan sampel oleh peneliti adalah:

- a. Kerang yang diambil adalah jenis kerang darah dalam kondisi segar yang dijual nelayan Pantai Kenjeran Surabaya.
- b. Kerang darah yang diambil adalah kerang yang telah melalui proses pengupasan kulit kerang.
- c. Berat sampel kerang darah yang dibutuhkan dengan tiap perlakuan 250 gram untuk 2 parameter yang analisis secara kimia, sehingga diperoleh berat sampel secara keseluruhan adalah : 17,2 kg dengan rincian sebagai berikut :
 - 1) untuk kebutuhan data awal penelitian : 10 sampel x 250 g = 2500 g = 2,5 kg
 - 2) untuk penelitian : 54 sampel x 250 gram = 13.500 gram = 14 kg.

3) estimasi kesalahan 5 % = $14 \text{ kg} \times 0,05 = 0,7 \text{ kg}$ ----- $> 0,7 \text{ kg}$

3.6. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data primer dilakukan melalui pemeriksaan laboratorium terhadap sampel yang diteliti, yakni kadar Cd dan Pb kerang darah (*Anadara granosa*).

3.6.1. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *strirrer 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.

Stirrer chamber modifikasi yang digunakan dibuat dengan menyediakan bahan antara lain :

- a. Modul mikrokontroler
- b. Elemen kering
- c. Akrilik cutting
- d. Motor Gear box
- e. Besi pengaduk
- f. Engsel
- g. Solid state relay
- h. Sensor suhu
- i. LCD
- j. Rangkaian sensor suhu
- k. Kabel konektor

3.6.2. Tahapan Penelitian

- a. Preparasi Sampel

Menyisihkan daging kerang darah segar dari cangkangnya. Daging kerang darah yang dibutuhkan dalam pelaksanaan penelitian ini masing-masing perlakuan 250 gram. Jumlah keseluruhan yang perlu dipersiapkan untuk 54 sampel sebanyak 14 kg.

b. Pembuatan Adsorben

Cangkang telur ayam dicuci bersih dan dihilangkan dari membran dan kotoran yang melekat pada cangkang telur. Cangkang telur ayam kemudian direndam dengan air panas selama 15 menit kemudian dijemur hingga kering dan dihaluskan dengan menggunakan blender. Bubuk cangkang telur kemudian diayak menggunakan ayakan 120 mesh. Setelah diayak, kemudian dipanaskan dengan oven selama 15 menit pada suhu 100 °C.

c. Aktivasi Adsorben secara Kimia

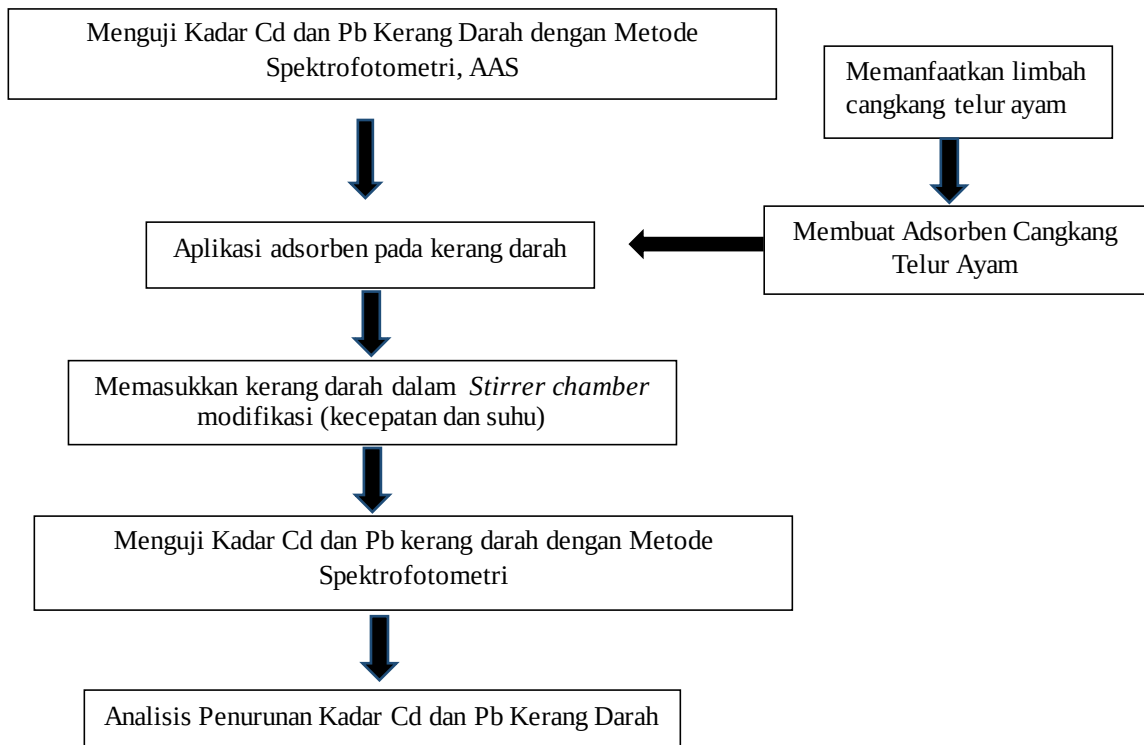
Bubuk cangkang telur ayam yang telah melalui tahap pengeringan, direndam di dalam larutan HCl 0,1 M selama 48 jam, kemudian ditiriskan, disaring dan dicuci dengan akuades dan aquabides hingga pH-nya netral (pH=7). Setelah pH-nya netral, adsorben dioven selama 30 menit dengan suhu 100 °C.

d. Proses Adsorpsi

Adsorben ditimbang sebanyak 50 gram larutkan ke dalam 1 liter aquadest. Siapkan kerang seberat 250 gram tiap-tiap perlakuan. Masukkan air 1 liter yang mengandung 50 gram adsorben ke dalam alat *stirring chamber*. Masukkan sampel berupa kerang darah seberat 250 gram ke dalam *stirring chamber* dengan suhu adsorpsi dan kecepatan pengadukan yang telah diatur terlebih dahulu. Lakukan pengadukan selama 15 menit. Sampel kemudian dianalisis dengan AAS untuk mengetahui kadar Cd dan Pb.

3.7. Bagan Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1. berikut ini :

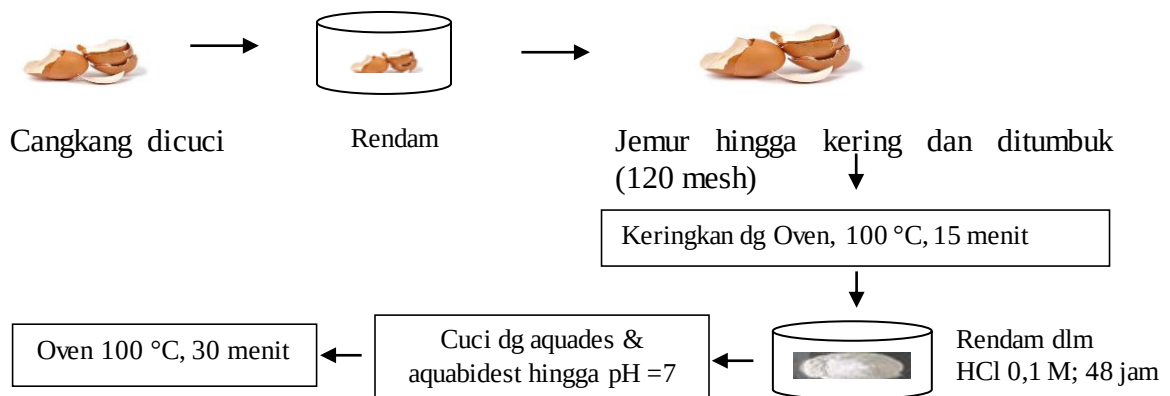


Gambar 3.1. Bagan Alur Penelitian

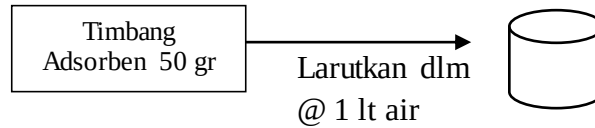
Untuk menjelaskan lebih khusus, bagan tahapan penelitian ini dapat ditunjukkan pada bagan 3.2 berikut ini :

TAHAP I : PERSIAPAN

A. PEMBUATAN ADSORBEN



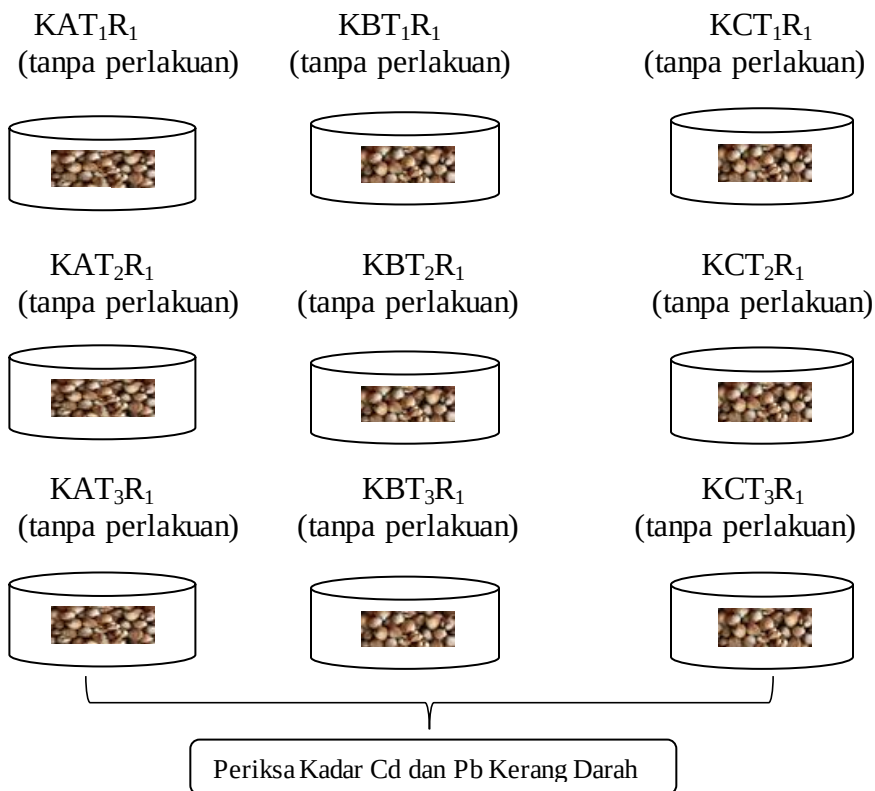
B. PEMBUATAN LARUTAN



TAHAP II : PELAKSANAAN UJI COBA

REPLIKASI 1 :

KELOMPOK 1 : TANPA PERLAKUAN PENGADUKAN DAN SUHU ADSORPSI



KELOMPOK 2 : PERLAKUAN

A. REPLIKASI I

A. Kecepatan Pengadukan 50 rpm (A)

$AT_1R_1 = 35^\circ\text{C}$

$AT_2R_1 = 50^\circ\text{C}$

$AT_3R_1 = 65^\circ\text{C}$



B. Kecepatan Pengadukan 150 rpm (B)

$BT_1R_1 = 35^\circ\text{C}$

$BT_2R_1 = 50^\circ\text{C}$

$BT_3R_1 = 65^\circ\text{C}$



C. Kecepatan Pengadukan 250 rpm (C)

$CT_1R_1 = 35^\circ\text{C}$

$CT_2R_1 = 50^\circ\text{C}$

$CT_3R_1 = 65^\circ\text{C}$



Cuci Kerang dengan air PDAM, tiriskan

- Periksa Kadar Hg Kerang Darah

Gambar 3.2. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Keterangan :

K = Kontrol

A, B, C = Kecepatan pengadukan (50 rpm, 150 rpm, 250 rpm).

$T_{1,2,3}$ = Suhu Adsorpsi 35°C , 50°C , 65°C

$R_1, \dots$ = Replikasi ke 1, dst

TAHAP III :

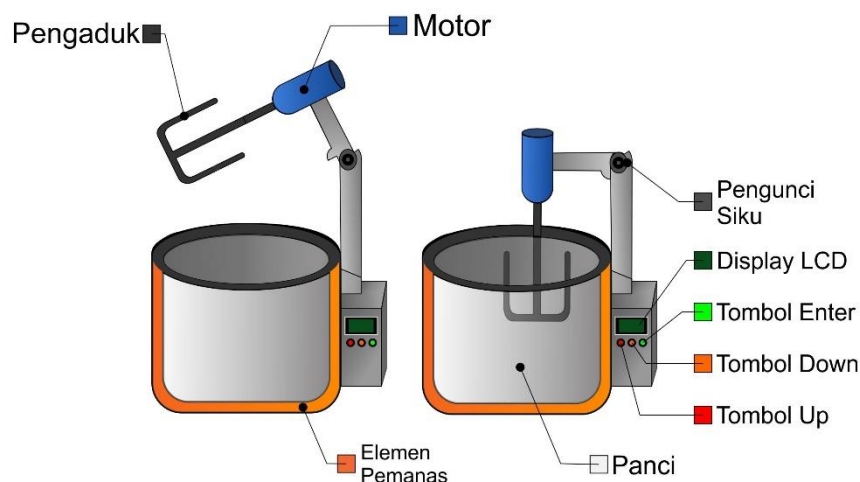
Lakukan Replikasi II s/d III seperti replikasi I baik pada kelompok I (sebelum perlakuan) maupun pada kelompok 2 (perlakuan).

3.8. Luaran Penelitian

Penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan penelitian teknologi tepat guna dibidang sanitasi makanan. Dalam pengembangan pembelajaran berbasis riset, maka penelitian ini sangat mendukung dalam mata kuliah yang diampu peneliti yaitu penyehatan makanan dan minuman, baik dalam program studi Diploma 3 maupun Diploma 4 di Jurusan Kesehatan Lingkungan. Secara terapan, penelitian ini dapat diaplikasikan di masyarakat dalam tahapan sebelum pengolahan bahan makanan melalui teknik pengadukan dan pemanasan dengan memanfaatkan limbah cangkang telur untuk mereduksi kandungan logam Cd dan Pb pada bahan makanan yang terkontaminasi logam berat melalui alat "*Stirring Chamber Modification*". Selain itu, luaran lain dari penelitian ini adalah disusunnya jurnal penelitian internasional yang mendukung eksistensi peneliti sebagai dosen dalam menunjang salah satu Tri Darma Perguruan Tinggi.

3.9. Model *Stirring Chamber Modificatiion* Yang Digunakan

Adapun model peralatan *Stirring Chamber Modification* yang digunakan dalam penelitian ini seperti yang terdapat pada gambar 3.3 berikut ini :



Gambar 3.3. Model Pengembangan Alat “*Stirring Chamber Modification*”

Prinsip Kerja Alat :

Pemanasan pada alat ini menggunakan suhu 35°C, 55°C, dan 65°C dan kecepatan mengaduk pada alat ini 50 rpm, 150 rpm, dan 250 rpm. Bahan dan air yang mengandung adsorben yang akan diolah dimasukkan ke dalam panci. Tepatkan posisi pengaduk ke dalam panci. Tekan tombol power , atur suhu dan kecepatan sesuai keperluan dengan cara menekan tombol *up-down*. Jika suhu dan kecepatan sudah sesuai tekan tombol **enter** untuk memulai proses pengolahan. Tunggu beberapa menit dan proses akan berhenti sendiri secara otomatis dan tekan tombol *power/off* untuk mematikan alat.

3.10. Analisis Data

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

BAB IV HASIL PENELITIAN

Penelitian ini memanfaatkan adsorben cangkang telur ayam yang telah melalui proses aktivasi secara kimia menggunakan larutan HCl dalam menurunkan kadar Cd dan Pb kerang darah. Adapun kerang darah (*A. granosa*) yang dijadikan sampel dalam penelitian ini diambil dari perairan Pantai Kenjeran Surabaya. Pengembangan peralatan alat *Stirrer chamber* yakni :1) Alat *stirrer chamber* telah dibuat dengan memperhatikan komponen pengaturan kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi. Pengaturan kecepatan pengadukan meliputi : 50 rpm, 150 rpm dan 250 rpm serta suhu adsorpsi : 35°C, 50°C dan 65°C. 2) Telah dilakukan pembuatan adsorben yang telah diaktivasi menggunakan HCL 0,1 M. 3) Telah dilakukan uji coba sampel melalui alat *stirring chamber* yang dibuat. 4) Telah dilakukan uji laboratorium terhadap kadar Cd dan Pb sampel kerang darah. Adapun hasil uji laboratorium sampel kerang darah ditunjukkan pada tabel IV.1 berikut ini :

4.1 Kadar Cd dan Pb Kerang Darah Segar

Pemeriksaan terhadap kadar Cd dan Pb pada kerang segar yang diperoleh dari perairan Pantai Kenjeran Surabaya diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel IV.1 Kadar Cd dan Pb Kerang Darah Segar di Perairan Pantai Kenjeran Surabaya Tahun 2018

Kode Sampel	Hasil Pemeriksaan	
	Cd (ppm)	Pb (ppm)
KAS1	0,91	1,82
KAS2	0,86	2,01
KAS3	1,02	1,94
Jumlah	2,79	5,77
Rerata	0,93	1,92

Sumber : Primer

Tabel IV.1 menunjukkan bahwa rerata kadar Pb dan Cd kerang darah segar 1,92 ppm dan 0,93 ppm secara berurutan. Kadar Pb kerang darah segar tertinggi sebesar 2,01 ppm dan terendah 1,82 ppm sedangkan kadar Cd tertinggi sebesar 1,02 ppm dan terendah 0,86 ppm.

4.2 Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) Sebelum Perlakuan

Berikut ini merupakan data pengukuran kadar Cd dan Pb kerang darah yang telah direndam dengan 50 gram Adsorben cangkang telur ayam sebelum dilakukan perlakuan pengadukan dan pemaparan suhu adsorpsi :

4.2.1 Kadar Cd dan Pb Sebelum Perlakuan Lama Pengadukan 50 rpm dengan variasi Suhu Adsorpsi 35°C, 50°C, dan 65°C

a. Kadar Cd dan Pb kerang darah (*Anadara granosa*) sebelum diberi perlakuan pengadukan 50 rpm pada suhu 35°C

Berikut ini merupakan tabel hasil pemeriksaan kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah direndam menggunakan 50 gram adsorben cangkang telur ayam sebelum dilakukan pengadukan dengan kecepatan 50 rpm dan suhu adsorpsi 35°C.

Tabel IV.2 Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum Pengadukan 50 rpm dan Suhu Adsorpsi 35°C Tahun 2018

Kode Sampel	Hasil Pemeriksaan	
	Cd (ppm)	Pb (ppm)
KAT1R1	1,02	1,36
KAT1R2	0,90	1,42
KAT1R3	0,86	1,38
Jumlah	2,78	4,16
Rerata	0,93	1,39

Sumber : Primer

Tabel IV.2 menunjukkan bahwa kadar Cd dan Pb kerang darah sebelum diberi perlakuan pengadukan 50 rpm dan suhu adsorpsi 35 °C setelah dibubuhkan cangkang telur ayam dengan replikasi sebanyak 3 kali didapatkan rerata 0,93 ppm dan 1,39 ppm secara berurutan.

- b. Kadar Cd dan Pb Kerang darah sebelum diberi perlakuan pengadukan 50 rpm pada suhu 50°C

Berikut ini merupakan tabel hasil pemeriksaan kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah direndam menggunakan 50 gram adsorben cangkang telur ayam sebelum dilakukan pengadukan dengan kecepatan 50 rpm dan suhu adsorpsi 50°C.

Tabel IV.3 Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum Pengadukan 50 rpm dan Suhu Adsorpsi 50°C Tahun 2018

Kode Sampel	Hasil Pemeriksaan	
	Cd (ppm)	Pb (ppm)
KAT2R1	0,90	1,32
KAT2R2	0,85	1,38
KAT2R3	0,87	1,35
Jumlah	2,62	4,05
Rerata	0,87	1,35

Sumber : Primer

Tabel IV.3 menunjukkan bahwa kadar Cd dan Pb kerang darah sebelum diberi perlakuan pengadukan 50 rpm dan suhu adsorpsi 50 °C setelah dibubuhkan cangkang telur ayam dengan replikasi sebanyak 3 kali didapatkan rerata 0,87 ppm dan 1,35 ppm secara berurutan.

- c. Kadar Cd dan Pb Kerang darah sebelum diberi perlakuan pengadukan 50 rpm pada suhu 65°C

Berikut ini merupakan tabel hasil pemeriksaan kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah direndam menggunakan 50 gram adsorben cangkang telur ayam sebelum dilakukan pengadukan dengan kecepatan 50 rpm dan suhu adsorpsi 65°C.

Tabel IV.4. Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum Pengadukan 50 rpm dan Suhu Adsorpsi 65°C Tahun 2018

Kode Sampel	Hasil Pemeriksaan	
	Cd (ppm)	Pb (ppm)
KAT3R1	0,72	1,29
KAT3R2	0,76	1,26
KAT3R3	0,78	1,28
Jumlah	2,26	3,83
Rerata	0,75	1,28

Sumber : Primer

Tabel IV.4 menunjukkan bahwa kadar Cd dan Pb kerang darah sebelum diberi perlakuan pengadukan 50 rpm dan suhu adsorpsi 65 °C setelah dibubuhkan cangkang telur ayam dengan replikasi sebanyak 3 kali didapatkan rerata 0,75 ppm dan 1,28 ppm secara berurutan

4.2.2 Kadar Cd dan Pb Sebelum Perlakuan Lama Pengadukan 150 rpm dengan variasi Suhu Adsorpsi 35°C, 55°C, dan 65°C.

- a. Kadar Cd dan Pb Kerang darah sebelum diberi perlakuan pengadukan 150 rpm pada suhu 35°C

Berikut ini merupakan tabel hasil pemeriksaan kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah direndam menggunakan 50 gram adsorben cangkang telur ayam sebelum dilakukan pengadukan dengan kecepatan 150 rpm dan suhu adsorpsi 35°C.

Tabel IV.5 Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum Pengadukan 150 rpm dan Suhu Adsorpsi 35°C Tahun 2018

Kode Sampel	Hasil Pemeriksaan	
	Cd (ppm)	Pb (ppm)
KBT1R1	0,81	1,21
KBT1R2	0,79	1,22
KBT1R3	0,78	1,18
Jumlah	2,38	3,61
Rerata	0,79	1,2

Sumber : Primer

Tabel IV.5 menunjukkan bahwa kadar Cd dan Pb kerang darah sebelum diberi perlakuan pengadukan 150 rpm dan suhu adsorpsi 35 °C setelah dibubuhkan cangkang telur ayam dengan replikasi sebanyak 3 kali didapatkan rerata 0,79 ppm dan 1,2 ppm secara berurutan

- b. Kadar Cd dan Pb kerang darah sebelum diberi perlakuan pengadukan 150 rpm pada suhu 50°C

Berikut ini merupakan tabel hasil pemeriksaan kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah direndam menggunakan 50 gram adsorben cangkang telur ayam sebelum dilakukan pengadukan dengan kecepatan 150 rpm dan suhu adsorpsi 50°C.

Tabel IV.6 Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum Pengadukan 150 rpm dan Suhu Adsorpsi 50°C Tahun 2018

Kode Sampel	Hasil Pemeriksaan	
	Cd (ppm)	Pb (ppm)
KBT2R1	0,83	1,20
KBT2R2	0,80	1,26
KBT2R3	0,78	1,23
Jumlah	2,41	3,69
Rerata	0,80	1,23

Sumber : Primer

Tabel IV.6 menunjukkan bahwa kadar Cd dan Pb kerang darah sebelum diberi perlakuan pengadukan 150 rpm dan suhu adsorpsi 50 °C setelah dibubuhkan cangkang telur ayam dengan replikasi sebanyak 3 kali didapatkan rerata 0,80 ppm dan 1,23 ppm secara berurutan

- c. Kadar Cd dan Pb Kerang darah sebelum diberi perlakuan pengadukan 150 rpm pada suhu 65°C

Berikut ini merupakan tabel hasil pemeriksaan kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah direndam menggunakan 50 gram adsorben cangkang telur ayam sebelum dilakukan pengadukan dengan kecepatan 150 rpm dan suhu adsorpsi 65°C.

Tabel IV.7. Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum Pengadukan 150 rpm dan Suhu Adsorpsi 65°C Tahun 2018

Kode Sampel	Hasil Pemeriksaan	
	Cd (ppm)	Pb (ppm)
KBT3R1	0,84	1,20
KBT3R2	0,81	1,19
KBT3R3	0,76	1,21
Jumlah	2,41	3,6
Rerata	0,8	1,2

Sumber : Primer

Tabel IV.7 menunjukkan bahwa kadar Cd dan Pb kerang darah sebelum diberi perlakuan pengadukan 150 rpm dan suhu adsorpsi 65 °C setelah dibubuhkan cangkang telur ayam dengan replikasi sebanyak 3 kali didapatkan rerata 0,8 ppm dan 1,2 ppm secara berurutan.

4.2.3 Kadar Cd dan Pb Sebelum Perlakuan Lama Pengadukan 250 rpm dengan variasi Suhu Adsorpsi 35°C, 55°C, dan 65°C

- a. Kadar Cd dan Pb kerang darah sebelum diberi perlakuan pengadukan 250 rpm pada suhu 35°C

Berikut ini merupakan tabel hasil pemeriksaan kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah direndam menggunakan 50 gram adsorben cangkang telur ayam sebelum dilakukan pengadukan dengan kecepatan 250 rpm dan suhu adsorpsi 35°C.

Tabel IV.8 Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum Pengadukan 250 rpm dan Suhu Adsorpsi 35°C Tahun 2018

Kode Sampel	Hasil Pemeriksaan	
	Cd (ppm)	Pb (ppm)
KCT1R1	0,83	1,22
KCT1R2	0,78	1,20
KCT1R3	0,85	1,24
Jumlah	2,46	3,66
Rerata	0,82	1,22

Sumber : Primer

Tabel IV.8 menunjukkan bahwa kadar Cd dan Pb kerang darah sebelum diberi perlakuan pengadukan 250 rpm dan suhu adsorpsi 35 °C setelah dibubuhkan cangkang telur ayam dengan replikasi sebanyak 3 kali didapatkan rerata 0,82 ppm dan 1,22 ppm secara berurutan.

- b. Kadar Cd dan Pb Kerang darah sebelum diberi perlakuan pengadukan 250 rpm pada suhu 50°C

Berikut ini merupakan tabel hasil pemeriksaan kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah direndam menggunakan 50 gram adsorben cangkang telur ayam sebelum dilakukan pengadukan dengan kecepatan 250 rpm dan suhu adsorpsi 50°C.

Tabel IV.9 Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*A.granosa*) yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum Pengadukan 250 rpm dan Suhu Adsorpsi 50°C Tahun 2018

Kode Sampel	Hasil Pemeriksaan	
	Cd (ppm)	Pb (ppm)
KCT2R1	0,82	1,21
KCT2R2	0,78	1,29
KCT2R3	0,85	1,24
Jumlah	2,45	3,74
Rerata	0,82	1,25

Sumber : Primer

Tabel IV.9 menunjukkan bahwa kadar Cd dan Pb kerang darah sebelum diberi perlakuan pengadukan 250 rpm dan suhu adsorpsi 50 °C setelah dibubuhkan cangkang telur ayam dengan replikasi sebanyak 3 kali didapatkan rerata 0,82 ppm dan 1,25 ppm secara berurutan

- c. Kadar Cd dan Pb kerang darah sebelum diberi perlakuan pengadukan 250 rpm pada suhu 65°C

Berikut ini merupakan tabel hasil pemeriksaan kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah direndam menggunakan 50 gram adsorben cangkang telur ayam sebelum dilakukan pengadukan dengan kecepatan 250 rpm dan suhu adsorpsi 65°C.

Tabel IV.10 Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum Pengadukan 250 rpm dan Suhu Adsorpsi 65°C Tahun 2018

Kode Sampel	Hasil Pemeriksaan	
	Cd (ppm)	Pb (ppm)
KCT3R1	0,77	1,20
KCT3R2	0,80	1,23
KCT3R3	0,79	1,21
Jumlah	2,36	3,64
Rerata	0,79	1,21

Sumber : Primer

Tabel IV.10 menunjukkan bahwa kadar Cd dan Pb kerang darah sebelum diberi perlakuan pengadukan 250 rpm dan suhu adsorpsi 65 °C setelah dibubuhkan cangkang telur ayam dengan replikasi sebanyak 3 kali didapatkan rerata 0,79 ppm dan 1,21 ppm secara berurutan

4.2.4 Rekapitulasi Rerata Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum Pengadukan dan Suhu Adsorpsi

Berikut ini merupakan tabel rekapitulasi rerata kadar Cd dan Pb Kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah diberi 50 gram adsorben cangkang telur ayam sebelum dilakukan pengadukan dan pemaparan suhu adsorpsi.

Tabel IV.11 Rekapitulasi Rerata Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum Pengadukan dan Suhu Adsorpsi Tahun 2018

Kode Sampel	Kecepatan	Suhu	Hasil Pemeriksaan	
	Aduk	Adsorpsi	Cd (ppm)	Pb (ppm)
KAT1	50	35	0,93	1,39
KAT2		50	0,87	1,35
KAT3		65	0,75	1,28
KBT1	150	35	0,79	1,20
KBT2		50	0,80	1,23
KBT3		65	0,80	1,20
KCT1	250	35	0,82	1,22
KCT2		50	0,82	1,25
KCT3		65	0,79	1,21
Jumlah			7,37	11,33
Rerata			0,82	1,26

Sumber : Primer

Tabel IV.11 menunjukkan bahwa rerata kadar Cd dan Pb kerang darah sebelum dilakukan perlakuan pengadukan dan pemaparan suhu adsorpsi sebesar 0,82 ppm dan 1,26 ppm secara berurutan. Rerata kadar Cd tertinggi kerang darah yang telah direndam dengan larutan 50 gram cangkang telur

sebesar 0,93 ppm dan terendah 0,75 ppm. Rerata kadar tertinggi Pb kerang darah yang telah direndam dalam larutan 50 gram cangkang telur ayam sebesar 1,39 ppm dan terendah sebesar 1,20 ppm.

Perbedaan kadar Cd dan Pb antara kerang darah segar dan kerang darah yang telah direndam dengan 50 gram adsorben cangkang telur ayam dalam 1 liter air sebelum perlakuan pengadukan dan suhu adsorpsi dapat ditunjukkan pada tabel IV.12 berikut ini :

Tabel IV.12 Jumlah Penurunan Kadar Cd dan Pb Kerang darah Segar dan Kerang Darah Sebelum Perlakuan Pengadukan dan Suhu Adsorpsi

KAS (ppm)		KTR (ppm)		Jumlah Penurunan (ppm)		Jumlah Penurunan (%)	
Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb
0,93	1,92	0,82	1,26	0,11	0,66	11,83	34,38

Sumber : Primer

Tabel IV.12 menjelaskan kadar Cd dan Pb kerang darah yang telah direndam dengan adsorben dari cangkang telur ayam sebelum perlakuan pengadukan dan suhu adsorpsi cenderung mengalami penurunan. Besarnya penurunan kadar Cd dan Pb masing-masing sebesar 11,83% dan 34,38% secara berurutan

4.3 Kadar Pb dan Cd Kerang Darah (*Anadara granosa*) Setelah Perlakuan

Berikut ini merupakan data hasil pemeriksaan kerang darah setelah melalui proses perlakuan pengadukan dengan berbagai variasi kecepatan antara lain 50 rpm, 150 rpm dan 250 rpm dengan suhu adsorpsi 35°C, 50°C, dan 65°C. Adapun hasil pemeriksaan sebagai berikut :

4.3.1 Kadar Cd dan Pb Berdasarkan Lama Pengadukan 50 rpm dengan Variasi Suhu Adsorpsi 35°C, 50°C, dan 65°C.

- a. Kadar Cd dan Pb kerang darah (*Anadara granosa*) yang diberi perlakuan pengadukan 50 rpm pada suhu 35°C

Berikut ini merupakan tabel hasil pemeriksaan Cd dan Pb kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah direndam menggunakan 50 gram adsorben cangkang telur ayam dan telah dilakukan pengadukan dengan kecepatan 50 rpm dan suhu adsorpsi 35°C.

Tabel IV.13. Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam pada Pengadukan 50 rpm dan Suhu Adsorpsi 35°C Tahun 2018

Kode Sampel	Hasil Pemeriksaan	
	Cd (ppm)	Pb (ppm)
AT1R1	0,48	1,05
AT1R2	0,50	1,01
AT1R3	0,46	1,04
Jumlah	1,44	3,10
Rerata	0,48	1,03

Sumber : Primer

Tabel IV.13 menunjukkan bahwa kadar Cd dan Pb kerang darah yang diberi perlakuan pengadukan 50 rpm dan suhu adsorpsi 35 °C setelah dibubuhkan cangkang telur ayam dengan replikasi sebanyak 3 kali didapatkan rerata 0,48 ppm dan 1,03 ppm secara berurutan.

- b. Kadar Cd dan Pb Kerang darah yang diberi perlakuan pengadukan 50 rpm pada suhu 50°C

Berikut ini merupakan tabel hasil pemeriksaan Cd dan Pb kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah direndam menggunakan 50 gram adsorben cangkang telur ayam dan telah dilakukan pengadukan dengan kecepatan 50 rpm dan suhu adsorpsi 50°C.

Tabel IV.14 Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam pada Pengadukan 50 rpm dan Suhu Adsorpsi 50°C Tahun 2018

Kode Sampel	Hasil Pemeriksaan	
	Cd (ppm)	Pb (ppm)
AT2R1	0,32	0,90
AT2R2	0,30	0,88
AT2R3	0,31	0,81
Jumlah	0,93	2,59
Rerata	0,31	0,86

Sumber : Primer

Tabel IV.14 menunjukkan bahwa kadar Cd dan Pb kerang darah yang diberi perlakuan pengadukan 50 rpm dan suhu adsorpsi 55 °C setelah dibubuhkan cangkang telur ayam dengan replikasi sebanyak 3 kali didapatkan rerata 0,31 ppm dan 0,86 ppm secara berurutan.

- c. Kadar Cd dan Pb Kerang darah yang diberi perlakuan pengadukan 50 rpm pada suhu 65°C

Berikut ini merupakan tabel hasil pemeriksaan Cd dan Pb kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah direndam menggunakan 50 gram adsorben cangkang telur ayam dan telah dilakukan pengadukan dengan kecepatan 50 rpm dan suhu adsorpsi 65°C.

Tabel IV.15 Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam pada Pengadukan 50 rpm dan Suhu Adsorpsi 65°C Tahun 2018

Kode Sampel	Hasil Pemeriksaan	
	Cd (ppm)	Pb (ppm)
AT3R1	0,16	0,72
AT3R2	0,13	0,70
AT3R3	0,15	0,69
Jumlah	0,44	2,11
Rerata	0,15	0,70

Sumber : Primer

Tabel IV.15 menunjukkan bahwa kadar Cd dan Pb kerang darah yang diberi perlakuan pengadukan 50 rpm dan suhu adsorpsi 65 °C setelah dibubuhkan cangkang telur ayam dengan replikasi sebanyak 3 kali didapatkan rerata 0,15 ppm dan 0,70 ppm secara berurutan.

4.3.2 Kadar Cd dan Pb Kerang darah yang diberi perlakuan pengadukan 150 rpm pada suhu 35°C, 50°C, dan 65°C

a. Kadar Cd dan Pb Kerang darah yang diberi perlakuan pengadukan 150 rpm pada suhu 35°C

Berikut ini merupakan tabel hasil pemeriksaan Cd dan Pb kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah direndam menggunakan 50 gram adsorben cangkang telur ayam dan telah dilakukan pengadukan dengan kecepatan 150 rpm dan suhu adsorpsi 35°C.

Tabel IV.16 Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam pada Pengadukan 150 rpm dan Suhu Adsorpsi 35°C Tahun 2018

Kode Sampel	Hasil Pemeriksaan	
	Cd (ppm)	Pb (ppm)
BT1R1	0,12	0,91
BT1R2	0,11	0,90
BT1R3	0,13	0,86
Jumlah	0,36	2,67
Rerata	0,12	0,89

Sumber : Primer

Tabel IV.16 menunjukkan bahwa kadar Cd dan Pb kerang darah yang diberi perlakuan pengadukan 150 rpm dan suhu adsorpsi 35 °C setelah dibubuhkan adsorben cangkang telur ayam 50 gr dengan replikasi

sebanyak 3 kali didapatkan rerata 0,12 ppm dan 0,89 ppm secara berurutan.

- b. Kadar Cd dan Pb Kerang darah yang diberi perlakuan pengadukan 150 rpm pada suhu 50°C

Berikut ini merupakan tabel hasil pemeriksaan Cd dan Pb kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah direndam menggunakan 50 gram adsorben cangkang telur ayam dan telah dilakukan pengadukan dengan kecepatan 150 rpm dan suhu adsorpsi 50°C.

Tabel IV.17 Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam pada Pengadukan 150 rpm dan Suhu Adsorpsi 50°C Tahun 2018

Kode Sampel	Hasil Pemeriksaan	
	Cd (ppm)	Pb (ppm)
BT2R1	0,10	0,81
BT2R2	0,08	0,78
BT2R3	0,09	0,79
Jumlah	0,27	2,38
Rerata	0,09	0,79

Sumber : Primer

Tabel IV.17 menunjukkan bahwa kadar Cd dan Pb kerang darah yang diberi perlakuan pengadukan 150 rpm dan suhu adsorpsi 50 °C setelah dibubuhkan cangkang telur ayam dengan replikasi sebanyak 3 kali didapatkan rerata 0,09 ppm dan 0,79 ppm secara berurutan.

- c. Kadar Cd dan Pb Kerang darah yang diberi perlakuan pengadukan 150 rpm pada suhu 65°C

Berikut ini merupakan tabel hasil pemeriksaan Cd dan Pb kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah direndam menggunakan 50 gram

adsorben cangkang telur ayam dan telah dilakukan pengadukan dengan kecepatan 150 rpm dan suhu adsorpsi 35°C.

Tabel IV.18. Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam pada Pengadukan 150 rpm dan Suhu Adsorpsi 65°C Tahun 2018

Kode Sampel	Hasil Pemeriksaan	
	Cd (ppm)	Pb (ppm)
BT3R1	0,08	0,62
BT3R2	0,09	0,61
BT3R3	0,07	0,64
Jumlah	0,24	1,87
Rerata	0,08	0,62

Sumber : Primer

Tabel IV.18 menunjukkan bahwa kadar Cd dan Pb kerang darah yang diberi perlakuan pengadukan 150 rpm dan suhu adsorpsi 65 °C setelah dibubuhkan cangkang telur ayam dengan replikasi sebanyak 3 kali didapatkan rerata 0,08 ppm dan 0,62 ppm secara berurutan.

4.3.3 Kadar Cd dan Pb kerang darah yang diberi perlakuan pengadukan 250 rpm pada suhu 35°C, 50°C, dan 65°C

- a. Kadar Cd dan Pb kerang darah yang diberi perlakuan pengadukan 250 rpm pada suhu 35°C

Tabel IV.19 berikut ini merupakan hasil pemeriksaan Cd dan Pb kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah direndam menggunakan 50 gram adsorben cangkang telur ayam dan telah dilakukan pengadukan dengan kecepatan 250 rpm dan suhu adsorpsi 35°C.

Tabel IV.19 Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam pada Pengadukan 250 rpm dan Suhu Adsorpsi 35°C Tahun 2018

Kode Sampel	Hasil Pemeriksaan	
	Cd (ppm)	Pb (ppm)
CT1R1	0,06	0,81
CT1R2	0,07	0,77
CT1R3	0,07	0,75
Jumlah	0,20	2,33
Rerata	0,07	0,78

Sumber : Primer

Tabel IV.19 menunjukkan bahwa kadar Cd dan Pb kerang darah yang diberi perlakuan pengadukan 250 rpm dan suhu adsorpsi 35 °C setelah dibubuhkan cangkang telur ayam dengan replikasi sebanyak 3 kali didapatkan rerata 0,07 ppm dan 0,78 ppm secara berurutan.

- b. Kadar Cd dan Pb kerang darah yang diberi perlakuan pengadukan 250 rpm pada suhu 50°C

Berikut ini merupakan tabel hasil pemeriksaan Cd dan Pb kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah direndam menggunakan 50 gram adsorben cangkang telur ayam dan telah dilakukan pengadukan dengan kecepatan 250 rpm dan suhu adsorpsi 50°C.

Tabel IV.20 Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam pada Pengadukan 250 rpm dan Suhu Adsorpsi 50°C Tahun 2018

Kode Sampel	Hasil Pemeriksaan	
	Cd (ppm)	Pb (ppm)
CT2R1	0,03	0,63
CT2R2	0,05	0,65
CT2R3	0,04	0,63
Jumlah	0,12	1,91
Rerata	0,04	0,64

Sumber : Primer

Tabel IV.20 menunjukkan bahwa kadar Cd dan Pb kerang darah yang diberi perlakuan pengadukan 250 rpm dan suhu adsorpsi 50°C setelah dibubuhkan cangkang telur ayam dengan replikasi sebanyak 3 kali didapatkan rerata 0,04 ppm dan 0,64 ppm secara berurutan.

- c. Kadar Cd dan Pb Kerang darah yang diberi perlakuan pengadukan 250 rpm pada suhu 65°C

Berikut ini merupakan tabel hasil pemeriksaan Cd dan Pb kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah direndam menggunakan 50 gram adsorben cangkang telur ayam dan telah dilakukan pengadukan dengan kecepatan 250 rpm dan suhu adsorpsi 65°C.

Tabel IV.21 Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam pada Pengadukan 250 rpm dan Suhu Adsorpsi 65°C Tahun 2018

Kode Sampel	Hasil Pemeriksaan	
	Cd (ppm)	Pb (ppm)
CT2R1	0,03	0,62
CT2R2	0,02	0,62
CT2R3	0,04	0,61
Jumlah	0,09	1,85
Rerata	0,03	0,62

Sumber : Primer

Tabel IV.21 menunjukkan bahwa kadar Cd dan Pb kerang darah yang diberi perlakuan pengadukan 250 rpm dan suhu adsorpsi 65°C setelah dibubuhkan cangkang telur ayam dengan replikasi sebanyak 3 kali didapatkan rerata 0,03 ppm dan 0,62 ppm secara berurutan

4.3.4 Rekapitulasi rerata kadar Cd dan Pb kerang darah yang telah direndam dalam 50 gram larutan cangkang telur ayam setelah diberi perlakuan pengadukan dan suhu adsorpsi

Berikut ini merupakan tabel hasil rekapitulasi rerata kadar Cd dan Pb kerang darah yang telah direndam dalam 50 gram larutan cangkang telur ayam setelah diberi perlakuan pengadukan dan suhu adsorpsi

Tabel IV.22 Rekapitulasi Rerata Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Setelah Diberi Perlakuan Pengadukan dan Suhu Adsorpsi

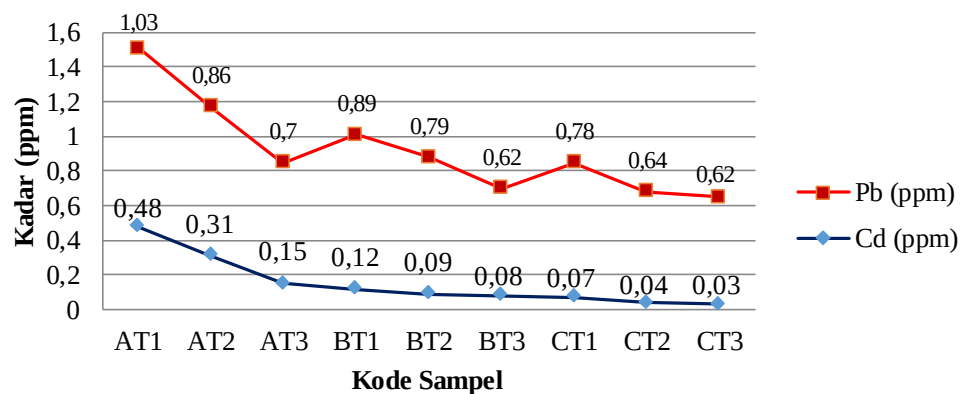
Kode Sampel	Kecepatan	Suhu	Hasil Pemeriksaan	
	Aduk	Adsorpsi	Cd (ppm)	Pb (ppm)
AT1	50	35	0,48	1,03
AT2		50	0,31	0,86
AT3		65	0,15	0,70
BT1	150	35	0,12	0,89
BT2		50	0,09	0,79
BT3		65	0,08	0,62
CT1	250	35	0,07	0,78
CT2		50	0,04	0,64
CT3		65	0,03	0,62
Jumlah			1,37	6,93
Rerata			0,15	0,77

Sumber : Primer

Tabel IV.22 menunjukkan rerata kadar Cd dan Pb tiap-tiap perlakuan. Kadar Cd dan Pb tertinggi terdapat pada kode sampel AT1 dengan perlakuan kecepatan

pengadukan 50 rpm dan suhu adsorpsi 35°C yakni sebesar 0,48 ppm dan 1,03 ppm secara berurutan. Rerata kadar Cd terendah ditunjukkan pada kode CT3 dengan perlakuan kecepatan pengadukan 250 rpm dan suhu adsorpsi 65°C sedangkan 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.

Berikut grafik yang menggambarkan rerata kadar Cd dan Pb kerang darah (*Anadara granosa*) setelah diberi adsorben 50 gram dan perlakuan 3 variasi pengadukan dan 3 variasi suhu adsorpsi.



Gambar 4.1. Grafik Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) Setelah Diberi Perlakuan Variasi Kecepatan Pengadukan dan Suhu Adsorpsi

Grafik gambar 4.1 menjelaskan rerata kadar Cd dan Pb dalam kerang darah masing-masing perlakuan kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi. Kadar Cd maupun kadar Pb tertinggi dijumpai pada kode sampel AT1 dengan perlakuan kecepatan pengadukan 50 rpm dan suhu adsorpsi 35°C yakni 0,48 ppm dan 1,03 ppm secara berurutan.

4.4 Penurunan Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*)

4.4.1 Penurunan Kadar Cd Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Berikut ini merupakan tabel IV.23 yang memaparkan penurunan kadar Cd kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah diberi adsorben cangkang telur ayam tanpa diberi perlakuan pengadukan dan pemaparan suhu adsorpsi (kelompok kontrol) dengan kelompok eksperimen yang diberi perlakuan pengadukan 50 rpm, 150 rpm dan 250 rpm pada suhu adsorpsi 35°C, 50°C dan 65°C, kedua kelompok menggunakan larutan 50 gram adsorben cangkang telur ayam sebagai larutan perendam dengan waktu perendaman selama 15 menit.

Tabel IV.23. Jumlah Penurunan Kadar Cd Kerang Darah (*A.granosa*) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum dan Setelah Diberi Perlakuan Pengadukan dan Suhu Adsorpsi

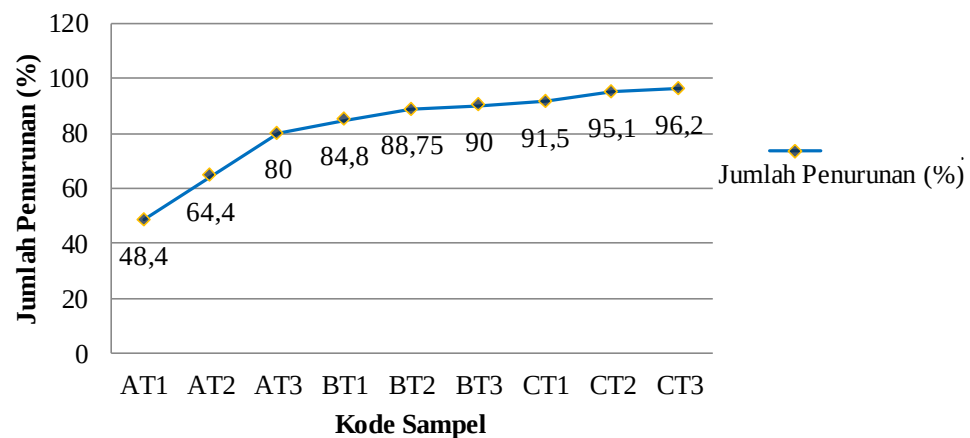
Kode Sampel	Kecepatan Pengadukan (ppm)	Suhu Adsorpsi (°C)	Hasil Pemeriksaan Cd (ppm)		Jumlah Penurunan (ppm)	Jumlah Penurunan (%)
			Sebelum	Sesudah		
AT1	50	35	0,93	0,48	0,45	48,4
AT2		50	0,87	0,31	0,56	64,4
AT3		65	0,75	0,15	0,60	80,0
BT1	150	35	0,79	0,12	0,67	84,8
BT2		50	0,80	0,09	0,71	88,75
BT3		65	0,80	0,08	0,72	90,0
CT1	250	35	0,82	0,07	0,75	91,5
CT2		50	0,82	0,04	0,78	95,1
CT3		65	0,79	0,03	0,76	96,2
Jumlah			7,37	1,37	6,00	739,2
Rerata			0,81	0,15	0,67	82,1

Sumber : Primer

Tabel IV.23 diatas menunjukkan bahwa jumlah penurunan kadar Cd kerang darah yang tertinggi terdapat pada kode sampel CT3 yang telah melalui tahap perlakuan pengadukan 250 rpm dan suhu adsorpsi 65°C yakni sebesar 0,76 ppm (96,2%), sedangkan penurunan terendah terdapat pada kode sampel AT1

yang telah melalui tahap pengadukan 50 rpm dengan suhu adsorpsi 35°C yakni sebesar 0,45 ppm (48%). Rerata kadar Cd sebelum perlakuan pengadukan dan suhu adsorpsi sebesar 0,81 ppm dan sesudah perlakuan sebesar 0,15 ppm sehingga diperoleh penurunan 0,67 ppm atau sebesar 82,1%.

Berikut grafik yang mengilustrasikan persentase penurunan kadar Cd kerang darah (*A. granosa*) setelah diberi adsorben 50 gram dan perlakuan 3 variasi pengadukan dan 3 variasi suhu adsorpsi.



Gambar 4.2. Grafik Persentase Penurunan Kadar Cd Kerang darah (*Anaara granosa*) Setelah Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam dengan 3 Variasi Kecepatan Pengadukan dan Suhu Adsorpsi

Grafik garis yang ditunjukkan dalam gambar IV.3 diketahui bahwa penurunan kadar Cd berkorelasi positif terhadap kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi, ini artinya bahwa semakin tinggi kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi, akan mengarah pada semakin besar pula penurunan kadar Cd kerang darah (*A. granosa*).

Uji Ancova dalam menilai perbedaan variasi kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi serta besarnya perbedaan bersama keduanya ditinjau dari kadar Cd

sebelum perlakuan terhadap kadar Cd sesudah perlakuan dapat dilihat pada tabel IV.24 berikut ini :

Tabel IV.24 Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Kadar Cd Sesudah Perlakuan

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^b
Kecepatan	.163	2	.081	568.125	.000	.985	1136.250	1.000
Suhu Adsorpsi	.084	2	.042	293.468	.000	.972	586.937	1.000
Kecepatan * Suhu Adsorpsi	.072	4	.018	125.149	.000	.967	500.595	1.000

a. R Squared = .995 (Adjusted R Squared = .993)

b. Computed using alpha = .05

Tabel IV.24 diatas memaparkan variasi kecepatan pengadukan sesudah perlakuan memberikan kontribusi perbedaan yang signifikan terhadap kadar Cd sebelum perlakuan (control). Tampak bahwa nilai *p-value* $0,000 < 0,05$ maka H_0 ditolak yang berarti menerima H_1 sehingga variasi kecepatan pengadukan memiliki perbedaan bermakna atau signifikan terhadap kadar Cd kerang darah (*Anadara granosa*). Ditinjau dari variabel suhu adsorpsi, nilai *p-value* $0,000 < 0,05$ maka H_0 ditolak yang berarti menerima H_1 sehingga variasi suhu adsorpsi juga memiliki perbedaan yang signifikan terhadap kadar Cd kerang darah antara sebelum perlakuan (control) dan sesudah perlakuan.

Adapun interaksi kedua variasi kecepatan dengan suhu secara bersamaan juga memberikan perbedaan bermakna terhadap kadar Cd kerang darah sesudah perlakuan jika dibandingkan dengan kadar Cd kontrol (sebelum perlakuan). Besarnya perbedaan kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi secara bersama-sama terhadap kadar Cd kerang darah ditunjukkan dengan nilai *r square* 0,995, sehingga besarnya perbedaan kedua variable tersebut adalah 99,5% yang dikategorikan memiliki perbedaan kadar Cd yang sangat besar karena memiliki nilai yang mendekati nilai 100%.

Untuk mengetahui perbedaan yang terbesar kadar Cd kerang darah berdasarkan variasi kecepatan pengadukan, maka uji lanjutan *Pairwise Comparisons* dapat ditunjukkan dalam tabel IV.25 berikut ini :

Tabel IV.25 Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Kadar Cd Sesudah Perlakuan

(I) Kecepatan Pengadukan	(J) Kecepatan Pengadukan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
50 RPM	150 RPM	.222 [*]	.010	.000	.201	.243
	250 RPM	.272 [*]	.008	.000	.254	.289
150 RPM	50 RPM	-.222 [*]	.010	.000	-.243	-.201
	250 RPM	.049 [*]	.006	.000	.037	.062
250 RPM	50 RPM	-.272 [*]	.008	.000	-.289	-.254
	150 RPM	-.049 [*]	.006	.000	-.062	-.037

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Tabel IV.25 menunjukkan *p-value* < 0,05 yang berarti ada perbedaan signifikan kadar Cd pada setiap variasi kecepatan pengadukan. Perbedaan tertinggi terlihat pada kadar Cd setelah memperoleh perlakuan kecepatan pengadukan 250 rpm, yakni sebesar 0,272*, sedangkan untuk mengetahui perbedaan yang terbesar kadar Cd kerang darah berdasarkan suhu adsorpsi, maka uji lanjutan *Pairwise Comparison* dapat ditunjukkan dalam tabel IV.26 berikut ini :

Tabel IV. 26. Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Kadar Cd Sesudah Perlakuan

(I) Suhu Adsorpsi	(J) Suhu Adsorpsi	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
35 °C	55 °C	.075 [*]	.006	.000	.063	.087
	65 °C	.137 [*]	.006	.000	.125	.148
55 °C	35 °C	-.075 [*]	.006	.000	-.087	-.063
	65 °C	.061 [*]	.006	.000	.049	.073
65 °C	35 °C	-.137 [*]	.006	.000	-.148	-.125
	55 °C	-.061 [*]	.006	.000	-.073	-.049

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Tabel IV.26 menunjukkan p value < 0,05 yang berarti ada perbedaan signifikan kadar Cd setiap variasi suhu adsorpsi. Perbedaan tertinggi terlihat pada kadar Cd setelah memperoleh perlakuan suhu adsorpsi 65 °C, yakni sebesar 0,137*.

4.4.2. Penurunan Kadar Pb Kerang darah (*Anadara granosa*)

Tabel IV.27 berikut ini memaparkan jumlah penurunan kadar Pb kerang darah (*A. granosa*) pada kedua kelompok yang telah direndam dalam 1 liter larutan mengandung 50 gram adsorben cangkang telur ayam selama 15 menit. Kelompok dibagi menjadi 2 yakni kelompok kontrol dengan tanpa diberi perlakuan pengadukan dan pemaparan suhu adsorpsi (kelompok kontrol) dan kelompok eksperimen yang diberi perlakuan pengadukan 50 rpm, 150 rpm dan 250 rpm pada suhu pemaparan 35°C, 50°C dan 65°C.

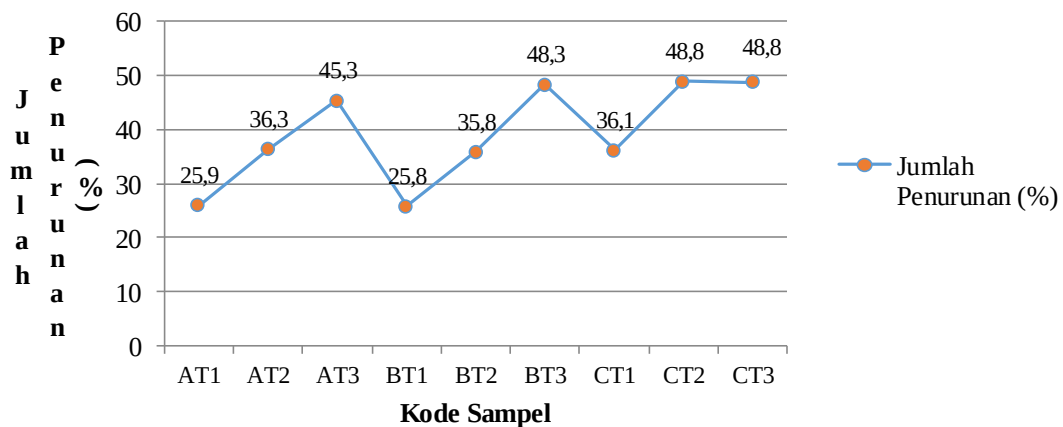
Tabel IV.27 Jumlah Penurunan Kadar Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) Yang Diberi 50 Gram Adsorben Cangkang Telur Ayam Sebelum dan Setelah Diberi Pengadukan dan Suhu Adsorpsi

Kode Sampel	Kecepatan Pengadukan	Suhu Adsorpsi	Hasil Pemeriksaan Pb (ppm)		Jumlah Penurunan	Jumlah Penurunan
	(ppm)	(°C)	Sebelum	Sesudah	(ppm)	(%)
AT1	50	35	1,39	1,03	0,36	25,9
AT2		50	1,35	0,86	0,49	36,3
AT3		65	1,28	0,70	0,58	45,3
BT1	150	35	1,20	0,89	0,31	25,8
BT2		50	1,23	0,79	0,44	35,8
BT3		65	1,20	0,62	0,58	48,3
CT1	250	35	1,22	0,78	0,44	36,1
CT2		50	1,25	0,64	0,61	48,8
CT3		65	1,21	0,62	0,59	48,8
Jumlah			11,33	6,93	4,4	351,1
Rerata			1,26	0,77	0,49	38,9

Sumber : Primer

Tabel IV.27 menunjukkan bahwa penurunan kadar Pb kerang darah (*A. granosa*) terendah pada kode sampel BT1 dengan perlakuan kecepatan pengadukan 150 rpm pada suhu adsorpsi 35°C yakni sebesar 0,31 ppm (25,8%). Persentase penurunan tertinggi ditunjukkan pada kode sampel CT2 dan CT3 dengan perlakuan kecepatan pengadukan 250 rpm pada suhu adsorpsi 50°C dan 65°C yakni sebesar 48,8% (0,61 ppm dan 0,59 ppm secara berurutan. Rerata kadar Pb sebelum perlakuan pengadukan dan suhu adsorpsi sebesar 1,26 ppm dan sesudah perlakuan sebesar 0,77 ppm sehingga diperoleh penurunan 0,49 ppm atau sebesar 38,9%.

Berikut grafik yang menggambarkan persentase penurunan kadar Pb kerang darah (*A.granosa*) setelah diberi adsorben 50 gram dan perlakuan 3 variasi pengadukan dan 3 variasi suhu adsorpsi.



Gambar 4.3 Grafik Persentase Penurunan Kadar Pb Kerang Darah *Anadara granosa*) setelah diberi 50 gram adsorben cangkang telur ayam dengan 3 variasi kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi

Grafik garis yang ditunjukkan dalam gambar IV.4 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.

Uji statistic dilakukan untuk menganalisis penurunan kadar Pb kerang darah (*A. granosa*) akibat perlakuan kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi menggunakan uji Ancova. Adapun hasil uji Ancova untuk menilai seberapa besarnya kontribusi variasi kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi serta kontribusi bersama keduanya terhadap perbedaan kadar Pb sebelum perlakuan terhadap kadar Pb sesudah perlakuan dapat dilihat pada tabel IV.27 berikut ini :

Tabel IV.27 Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Kadar Pb Sesudah Perlakuan								
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^b
Kecepatan	.044	2	.022	39.852	.000	.824	79.704	1.000
Suhu Adsorpsi	.102	2	.051	92.313	.000	.916	184.627	1.000
Kecepatan * Suhu Adsorpsi	.023	4	.006	10.540	.000	.713	42.159	.998

a. R Squared = .981 (Adjusted R Squared = .971)

b. Computed using alpha = .05

Tabel IV.27 menunjukkan bahwa kecepatan memberikan kontribusi yang bermakna terhadap perbedaan kadar Pb sesudah perlakuan. Tampak bahwa nilai *p value* $0,000 < 0,05$ maka H_0 ditolak yang berarti menerima H_1 sehingga kecepatan pengadukan berkontribusi dalam memberikan perbedaan yang signifikan terhadap kadar Pb kerang darah (*Anadara granosa*). Ditinjau dari variabel suhu adsorpsi, nilai *p-value* $0,000 < 0,05$ maka H_0 ditolak yang berarti menerima H_1 sehingga suhu adsorpsi memberikan kontribusi yang signifikan terhadap perbedaan kadar Pb.

Adapun interaksi antara kecepatan dengan suhu memberikan perbedaan yang signifikan terhadap kadar Pb sesudah perlakuan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *p value* $0,000 < 0,05$ maka H_0 ditolak yang berarti menerima H_1 sehingga interaksi kecepatan pengadukan dengan suhu adsorpsi memberikan perbedaan yang signifikan terhadap kadar Pb kerang darah. Besarnya perbedaan kadar Pb kerang darah

berdasarkan kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi secara bersamaan ditunjukkan dengan nilai r^2 0,981, sehingga dapat dikatakan besarnya perbedaan kedua variable tersebut adalah 98,1% yang dikategorikan memiliki perbedaan sangat besar karena memiliki nilai yang mendekati nilai 100%.

Untuk mengetahui perbedaan yang terbesar berdasarkan variasi kecepatan pengadukan terhadap kadar Pb kerang darah, maka dilakukan uji lanjutan *Pairwise Comparisons* yang ditunjukkan tabel IV.28 berikut ini :

Tabel IV.28 Uji Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Kadar Pb Sesudah Perlakuan

(I) Kecepatan Pengadukan	(J) Kecepatan Pengadukan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
50 RPM	150 RPM	.153 [*]	.045	.003	.059	.248
	250 RPM	.248 [*]	.047	.000	.149	.346
150 RPM	50 RPM	-.153 [*]	.045	.003	-.248	-.059
	250 RPM	.095 [*]	.011	.000	.071	.119
250 RPM	50 RPM	-.248 [*]	.047	.000	-.346	-.149
	150 RPM	-.095 [*]	.011	.000	-.119	-.071

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons:Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Tabel IV.28 menunjukkan kadar Pb tiap variasi kecepatan pengadukan p -value <0,05 yang berarti kadar Pb kerang darah memiliki perbedaan yang signifikan berdasarkan variasi kecepatan pengadukan. Perbedaan tertinggi terlihat pada kadar Pb setelah memperoleh perlakuan kecepatan pengadukan 250 rpm, yakni sebesar 0,248*. Uji *Pairwise comparisons* selanjutnya dilakukan untuk mengetahui perbedaan yang terbesar variasi suhu adsorpsi terhadap kadar Pb kerang darah, dapat ditunjukkan dalam tabel IV.29 berikut ini :

Tabel IV.29 Uji Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Kadar Pb Sesudah Perlakuan

(I) Suhu Adsorpsi	(J) Suhu Adsorpsi	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
35 °C	55 °C	.170 [*]	.029	.000	.108	.231
	65 °C	.286 [*]	.028	.000	.226	.346
55 °C	35 °C	-.170 [*]	.029	.000	-.231	-.108
	65 °C	.116 [*]	.011	.000	.092	.139
65 °C	35 °C	-.286 [*]	.028	.000	-.346	-.226
	55 °C	-.116 [*]	.011	.000	-.139	-.092

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Tabel IV.29 menunjukkan kadar Pb setiap variasi suhu pengadukan yakni *p value* <0,05 yang berarti tiap variasi suhu adsorpsi memberikan perbedaan yang signifikan terhadap kadar Pb kerang darah. Perbedaan tertinggi terlihat pada kadar Pb setelah memperoleh perlakuan suhu adsorpsi 65 °C, yakni sebesar 0,286*.

BAB V PEMBAHASAN

5.1. Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) Segar Perairan Pantai Kenjeran

Kerang darah (*Anadara granosa*) segar yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Perairan Pantai Kenjeran Surabaya. Salah satu persyaratan kriteria makanan yang aman dikonsumsi adalah berasal dari bahan pangan yang aman yakni bebas dari pencemaran kimia. Hasil uji laboratorium menunjukkan kerang darah segar mengandung kadar Cd dan Pb dengan rerata masing-masing 0,93 ppm dan 1,92 ppm secara berurutan. Mengacu pada SNI nomor 7387 tahun 2009, kadar Cd maupun kadar Pb dalam kerang darah dari Perairan Pantai Kenjeran Surabaya masih berada dibawah nilai ambang batas maksimum yang diperkenankan. Kadar maksimum Cd kerang darah yang masih diperkenankan menurut SNI nomor 7387 tahun 2009 sebesar 1 ppm sedangkan kadar Pb telah melampaui batas yang diperkenankan yakni sebesar 1,5 ppm. Namun demikian, perlu dipertimbangkan dampak yang ditimbulkan jika pengkonsumsian kerang darah tersebut dilakukan secara terus menerus terlebih dilakukan dalam waktu singkat.

Akumulasi logam berat pada hewan laut dapat terjadi dan mengalami peningkatan melalui siklus rantai makanan. Palar (2004) menjelaskan bahwa dalam tubuh biota perairan, jumlah logam yang terakumulasi akan terus mengalami peningkatan atau biomagnifikasi di dalam rantai makanan, dimana biota pada tingkatan tertinggi dalam rantai makanan akan mengalami akumulasi yang lebih banyak. Diperjelas kembali oleh pernyataan Waldichuk (1974) bahwa akumulasi pada organisme terjadi karena kecenderungan logam berat untuk membentuk senyawa kompleks dengan zat-zat organik yang terdapat dalam tubuh organisme sehingga logam berat terfiksasi dan tidak segera diekskresi oleh organisme yang bersangkutan. Menurut Wats RJ (1997) kadmium dalam tubuh

manusia baru dapat diekskresikan dari tubuh membutuhkan waktu tunggu berkisar 20-30 tahun lamanya. Efek dalam tubuhpun beragam, mulai dari hipertensi sampai ke kanker.

Demikian halnya kandungan Pb kerang darah (*Anadara granosa*) juga berdampak bagi kesehatan manusia, terlebih jika dikonsumsi dalam jangka waktu yang lama. Logam berat timbal sangat beracun, mempunyai sifat bioakumulatif dalam tubuh organisme air, dan akan terus diakumulasi hingga organisme tersebut tidak mampu lagi mentolerir kandungan logam berat timbal dalam tubuhnya atau dapat dikatakan hingga mencapai titik jenuh dalam tubuhnya. Karena sifat bioakumulatif logam berat timbal, maka dapat terjadi rendahnya konsentrasi logam yang terlarut dalam air, namun dalam sedimen semakin meningkat akibat proses-proses fisika, kimia dan biologi perairan, dan dalam tubuh hewan air meningkat sampai beberapa kali lipat (Sitorus, 2004).

Timbal (Pb) dikatakan merupakan salah satu logam berat yang mempunyai daya toksitas yang tinggi terhadap manusia karena dapat merusak perkembangan otak pada anak-anak, menyebabkan penyumbatan sel-sel darah merah, anemia dan mempengaruhi anggota tubuh lainnya. Timbal dapat diakumulasi langsung dari air dan dari sedimen oleh organisme laut (Purnomo, 2009). Dijelaskan kembali oleh Palar (2004) bahwa logam Pb dapat mengakibatkan penghambatan sistem pembentukan hemoglobin (Hb) sehingga menyebabkan anemia, terganggunya sistem syaraf pusat dan tepi, sistem ginjal, sistem reproduksi, idiot pada anak-anak, sawan (epilepsi), cacat rangka dan merusak sel-sel somatik. Walaupun jumlah timbal (Pb) dalam penelitian ini masih dibawah nilai ambang batas yang masih ditolelir di dalam bahan pangan khususnya jenis kerang-kerangan, namun jika diserap oleh tubuh secara terus menerus walau hanya sedikit, maka dalam jangka waktu tertentu logam ini dapat berpotensi menjadi sangat berbahaya. Hal ini disebabkan senyawa – senyawa Pb dapat memberikan efek racun terhadap banyak organ yang terdapat dalam tubuh.

Selain dalam bentuk logam murni, timbal juga dapat ditemukan dalam bentuk senyawa anorganik dan organik. Darmono (2001) menjelaskan bahwa semua bentuk timbal memiliki pengaruh yang sama terhadap toksisitas manusia. Timbal dalam tubuh terutama terikat dalam gugus-SH dalam molekul protein yang menyebabkan hambatan pada aktivitas kerja system enzim. Timbal dapat mengganggu system sintesis Hb dengan jalan menghambat konversi delta aminolevulinik asid (delta-ALA) menjadi forfobilinogen dan dapat juga menghambat korporasi dari Fe ke dalam protoporfirin IX untuk membentuk Hb, dengan jalan menghambat enzim delta-aminolevulinik asid-dehidratase (delta-ALAD) dan ferokelatase. Hal ini berakibat meningkatnya ekskresi koproporfirin dalam urin dan delta-ALA serta menghambat sintesis Hb yang dapat mengganggu system metabolisme sel tubuh.

5.2. Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) Sebelum Perlakuan Pengadukan dan Suhu Adsorpsi

Kerang darah yang telah direndam selama 15 menit dalam larutan yang mengandung 50 gram adsorben cangkang telur ayam tanpa melalui perlakuan pengadukan dan suhu adsorpsi memiliki kadar Cd dan Pb kerang darah (*Anadara granosa*) masing-masing dengan rerata sebesar 0,82 ppm dan 1,26 ppm. Jika ditilik dari perbedaan kadar Cd dan Pb antara kerang darah segar dan kerang darah yang telah diberi perendaman adsorben cangkang telur ayam tanpa perlakuan pengadukan dan suhu adsorpsi, maka terdapat perbedaan sebesar 0,11 ppm atau terjadi penurunan 11,83% kadar Cd kerang darah dan 0,66 ppm atau terjadi penurunan sebesar 34,38% pada kadar Pb kerang darah.

Penurunan ini membuktikan ada potensi pengaruh cangkang telur ayam sebagai adsorben logam berat kerang darah. Penelitian Hadi Suryono., *et al* (2018) telah membuktikan potensi cangkang telur ayam sebagai adsorben dalam menurunkan kadar Hg kerang darah. Penurunan kadar Hg ini diindikasikan karena kemampuan cangkang telur ayam yang telah diaktivasi sebagai adsorben, sehingga memiliki kemampuan dalam menyerap logam berat. Dijelaskan oleh Napitapulu (2009)

dengan aktivasi fisika cangkang telur ayam dapat memperbesar pori yaitu dengan memecahkan ikatan kimia atau mengoksidasi molekul permukaan sehingga luas permukaan bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Penambahan aktivator HCl dalam proses aktivasi cangkang telur ayam bertujuan untuk 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 Affandi dan Hendri Hadisi (2011) 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. Berdasarkan hasil uji daya serap cangkang telur yang dilakukan oleh Fitriyana dan Eka Safitri (2015) dalam Jurnal yang berjudul “ Pemanfaatan Cangkang Telur Ayam Sebagai Adsorben Untuk Meningkatkan Kualitas Jelantah “ dihasilkan bahwa hasil uji daya serap terhadap iod diperoleh pada cangkang telur nonaktivasi menghasilkan 18,73% sedangkan pada cangkang telur yang diaktivasi fisika menghasilkan 31%. Ini mengindikasikan bahwa cangkang telur yang melalui aktivasi memiliki kemampuan dalam menyerap ion lebih tinggi dibandingkan dengan non aktivasi.

Pengaruh aktivasi terhadap adsorben juga diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Novi Nur Aida (2013) bahwa adsorben yang dilakukan aktivasi secara kimia yang menggunakan pelarut HCl selama 80 menit mampu menurunkan kadar kalsium yang paling tinggi sebesar 78,99%. Dijelaskan kembali bahwa penambahan asam mengakibatkan terjadinya pertukaran kation dengan H^+ sehingga memperbesar rongga dalam kerangka adsorben (zeolite) dan meningkatkan daya adsorbnya akibat meningkatnya porositas adsorben tersebut. Disisi lain penurunan kadar Cd dan Pb kerang darah pada kelompok kontrol diduga akibat adanya ikatan kimia dengan ion baik Cd maupun Pb sehingga

terjadi mekanisme adsorpsi. Dijelaskan oleh Prilina (2014) dalam penelitiannya bahwa hasil analisis FTIR menunjukkan cangkangtelur memiliki senyawa organik dengan gugus hidroksil (O-H). Gugus-gugus fungsi ini dapat berikatan kimia dengan ion Pb sehingga terjadi mekanisme adsorpsi. Diuraikan kembali oleh Tangio (2013) bahwa mekanisme adsorpsi ion ini terjadi pada saat gugus karboksilat (COOH) pada asam amino mengalami deprotonasi akibat hadirnya ion hidroksida (OH^-) sehingga gugus karboksilat berubah menjadi bermuatan negatif (COO^-) yang sangat reaktif untuk berikatan dengan Pb^{2+} . Mekanisme adsorpsi ion Pb ini diduga juga berlaku pada logam Cd yang juga memiliki valensi +2, dimana lapisan kulit telur yakni lapisan kutikula yang mengandung sebagian besar pigmen cangkang telur yang tersusun atas lapisan film tipis kristal hidroksiapatit terdapat lapisan palisade yang memiliki pori-poti yang berfungsi sebagai adsorben dalam menyerap logam. (Wanatabe, ., *et al*, 2004).

5.3. Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*) Sesudah Diberi Perlakuan Pengadukan dan Suhu Adsorpsi

Tabel IV.22 menunjukkan rerata tiap-tiap perlakuan. Kadar Cd dan Pb tertinggi terdapat pada kode AT1 dengan perlakuan kecepatan pengadukan 50 rpm dan suhu adsorpsi 35°C yakni sebesar 0,48 ppm dan 1,03 ppm secara berurutan. Rerata kadar Cd terendah ditunjukkan pada kode CT3 dengan perlakuan kecepatan pengadukan 250 rpm dan suhu adsorpsi 65°C sedangkan 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. Nilai ini menunjukkan dengan meningkatnya kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi, maka kadar Cd maupun Pb akan menurun. Pengadukan menimbulkan pergolakan cairan yang mengandung adsorben. Semakin cepat pengadukan akan menimbulkan pergolakan semakin besar sehingga akan membuat lapisan film yang mengelilingi partikel adsorben akan tipis yang membuat proses adsorpsi berlangsung cepat.

Menurut Webber (1972) adsorpsi dibatasi terutama oleh proses *film diffusion* atau *pore diffusion*, tergantung besarnya pergolakan dalam sistem. Jika pergolakan yang terjadi relatif kecil maka lapisan *film* yang mengelilingi partikel akan tebal sehingga adsorpsi berlangsung lambat. Apabila dilakukan pengadukan yang cukup maka kecepatan difusi *film* akan meningkat. Namun bila pengadukan terlalu cepat berpotensi akan merusak struktur adsorben, sehingga proses adsorpsi kurang optimal.

Suhu merupakan salah satu factor yang berperan dalam proses adsorpsi khususnya terhadap kecepatan reaksi. Hal ini diperkuat pendapat Syauqiyah, ., *et al* (2011) bahwa suhu yang meningkat menyebabkan energi dan reaktivitas ion bertambah besar sehingga semakin banyak ion yang mampu melewati tingkat energi untuk melakukan interaksi secara kimia dengan situs-situs aktif dipermukaan, sehingga lebih banyak ion yang mampu teradsorpsi pada permukaan. Pemberian perlakuan pemanasan pada proses dalam penelitian ini untuk meningkatkan kemampuan adsorben dalam menurunkan kadar logam berat khususnya Cd dan Pb kerang darah. Menurut Weber (1972) pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka. Namun, pemanasan yang terlalu tinggi menyebabkan rusaknya adsorben sehingga kemampuan penyerapannya menurun.

5.4. Analisis Penurunan Kadar Cd dan Pb Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Analisis penurunan kadar Cd dan Pb menunjukkan bahwa kecepatan pengadukan memberikan perbedaan bermakna terhadap kadar Cd dan Pb sesudah perlakuan dengan membandingkan kadar Cd dan Pb kerang darah sebelum perlakuan. Analisis perbedaan kadar Cd dan Pb kerang darah berdasarkan variasi kecepatan pengadukan menunjukkan adanya perbedaan bermakna. Tampak bahwa nilai *p value* $0,000 < 0,05$ untuk kedua kadar logam sehingga H_0 ditolak yang berarti menerima H_1 maka dapat dikatakan variasi kecepatan pengadukan memiliki

perbedaan bermakna atau signifikan terhadap kadar Cd dan Pb kerang darah (*Anadara granosa*).

Kecepatan pengadukan merupakan salah satu factor yang berkontribusi dalam proses penyerapan suatu zat. Dijelaskan oleh Asip., *et al* (2008) bahwa kecepatan adsorpsi selain dipengaruhi oleh *film diffusion* dan *pore diffusion* juga dipengaruhi oleh pengadukan. 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. Dan 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. Penelitian ini berbanding terbalik dengan hasil penelitian Isna Syauqiyah, dkk (2011) yang menganalisis kecepatan pengadukan pada proses adsorpsi limbah logam Fe dengan arang aktif. Penelitian Isna syauqiyah, dkk (2011) 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. Dikatakan Webber (1972) bahwa apabila dilakukan pengadukan yang cukup maka kecepatan difusi *film* akan meningkat, yang berarti kecepatan tersebut masih berkontribusi dalam proses adsorpsi suatu adsorben.

Analisis perbedaan kadar Cd dan Pb ditinjau dari suhu adsorpsi diperoleh masing-masing nilai $p\text{-value}$ $0,000 < 0,05$ maka H_0 ditolak yang berarti menerima H_1 sehingga suhu adsorpsi memberikan kontribusi terhadap perbedaan kadar Cd dan Pb kerang darah secara signifikan.

Hasil penelitian ini tidak sejalan dengan pendapat Reynold (1982) 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. Dijelaskan dalam I Wayan Suarsa (2016) 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. Lebih lanjut Reynold (1982) 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.

Berkaitan dengan perlakuan suhu adsorpsi, Rais Ahmad *et al* (2012) 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. Lebih lanjut dijelaskan oleh Flores-cano J., *et al* (2013) bahwa kemampuan penyerapan oleh kulit telur meningkat pada temperature 15-35°C karena penyerapan merupakan proses endotermik. Penyerapan Cd (II) terjadi utamanya di dalam lapisan berkapur (yang mengandung CaCO_3) dan sedikit pada lapisan membrane. Hal ini

menunjukkan bahwa penyerapan Cd (II) bersifat irreversible dan mekanisme penyerapan utama adalah presipitasi dan pertukaran ion.

Adapun secara bersama interaksi antara kecepatan dengan suhu adsorpsi memiliki perbedaan bermakna baik terhadap kadar Cd maupun kadar Pb kerang darah sesudah perlakuan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai p value $0,000 < 0,05$ yang berarti menerima H_1 sehingga interaksi kecepatan pengadukan dengan suhu adsorpsi secara bersama memberikan perbedaan bermakna atau signifikan baik terhadap kadar Cd maupun kadar Pb kerang darah dimana 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 Isna Syauqiyah, *et al.*, (2011) 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.

Dijelaskan kembali oleh Saif A. Chaudhry., *et al* (2016) bahwa suhu merupakan factor penting yang mempengaruhi adsorpsi. Untuk mempelajari pengaruh suhu pada studi ini menggunakan suhu 27°C, 35°C dan 40 °C. 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 Saif A Chaudhry., *et al* (2016) 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 to 113.63 $\mu\text{g/g}$ 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 terhadap Cd cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan Pb dengan adanya perlakuan kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi. Ini merupakan keterbatasan dalam penelitian ini sehingga diperlukan upaya yang dapat memberikan peningkatan daya adsorpsi bagi adsorben berbahan dasar cangkang telur ayam.

BAB VI KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

6.1. Kesimpulan

- a. Kerang darah (*A.granosa*) segar yang diambil dari Perairan Pantai Kenjeran mengandung kadar Cd rerata 0,93 ppm dan kadar Pb rerata 1,92 ppm.
- b. Kadar Cd dan Pb kerang darah (*A.granosa*) kelompok kontrol masing-masing 0,82 ppm dan 1,26 ppm secara berurutan.
- c. Kadar Cd dan Pb rerata kerang darah (*A.granosa*) kelompok perlakuan 0,15 ppm dan 0,77 ppm secara berurutan .
- d. Penurunan kadar Cd dan Pb kerang darah (*A. granosa*) kelompok perlakuan sebanyak 82,1% (0,67 ppm) dan 38,9% (0,49 ppm) dimana kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi berkontribusi memberikan perbedaan yang signifikan terhadap kadar Cd dan Pb kerang darah (*A. granosa*).
- e. Kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi dapat meningkatkan potensi cangkang telur ayam dalam menurunkan kadar Cd dan Pb kerang darah melalui rekayasa alat *Stirring Chamber*.

6.2. Rekomendasi

- a. Disarankan bagi masyarakat untuk melakukan prapengolahan kerang melalui intervensi pemanasan dan pengadukan dalam larutan yang mengandung adsorben cangkang telur ayam dalam meminimasi cemaran logam berat Cd dan Pb
- b. Penelitian lanjutan terhadap kecepatan dan suhu optimal untuk mengetahui terjadinya keseimbangan proses adsorpsi adsorben cangkang telur ayam terhadap logam berat.
- c. Penelitian lanjutan dalam meningkatkan potensi cangkang telur ayam dengan mensinergiskan bahan alami lain yang memiliki karakteristik menurunkan pH sebagai upaya dalam memberikan kontribusi penyehatan makanan minuman.

DAFTAR PUSTAKA

- Adel, Fisli dan Hery Haerudin, 2003, “Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Oksida Mangan dengan Pendukung Bentonit Berpilar Alumina untuk Oksidasi Gas CO“, Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan.
- Affandi Furqon dan Hadisi Hendri, 2011. Pengaruh Metode Aktivasi Zeolit Alam Sebagai Bahan Penurun Temperatur Campuran Beraspal Hangat. *Pusat Litbang Jalan dan Jembatan*. <http://www.pu.go.id/uploads/services/service20130717142124.pdf>. Diakses : 16 Juni 2018, 16.15 WIB.
- Agus Taftazani, Sumining dan Muzakky. Evaluasi Sebaran Logam Berat Dalam Cuplikan Air, Sedimen, Ikan Krapu Dan Kerang Hijau Di Perairan Pantai Kenjeran Surabaya Ii. Ganendra Majalah Iptek Nuklir. Vol IV. No.1. Januari 2001. Puslitbang Teknologi Maju. Batan, Jogjakarta.
- Ahmad Rais., Kumar R., and Haseeb S. 2012. Adsorption of Cu^{2+} from Aqueous Solution onto Iron Oxide Coated Eggshell Powder : Evaluation of Equilibrium, Isotherms, Kinetics, and Regeneration
- Aimi, Nurul binti Rohaizar, Norhafizahbinti Abd. Hadi, Wong CheeSien, 2013. Removal of Cu(II) from Water by Adsorption on Chicken Eggshell, *International Journal of Engineering and Technology*, Vol:13, No:01, pp40-45, 2013.
- Alina, M.,Azrina, A., Mohd Yunus, A.S., Mohd Zakiuddin, S., Mohd Izuan Effendi, H. and Muhammad Rizal, R. 2012. Heavy metals (mercury, arsenic, cadmium, plumbum) in selected marine fish and shellfish along the Straits of Malacca. *International Food Research Journal* 19: x-x .
- Arisman. 2008. Keracunan Makanan : *Buku Ajar Ilmu Gizi*. EGC, Jakarta.
- Asip, F., Mardhiah, R., dan Husna, 2008. Uji Efektivitas Cangkang Telur dalam Mengadsorpsi Ion Fe dengan Proses Batch. *Jurnal Teknik Kimia*, Volume 15 (2), pp. 22-26.
- Basri M,S,M., Mazlan, N., and Mustapha, F. 2015. Effects Of Stirring Speed And Time On Water Absorption Performance Of Silica Aerogel/Epoxy Nanocomposite. *Journal Of Engineering And Applied Sciences*. Vol. 10, No. 21. ISSN 1819-6608. Pages 9982-9991.
- Bryan, G.W., 1976. *Heavy Metal Contamination in the Sea*. Di dalam: Johnston R., editor. Marine Polution. New York: Academic Press.

- Cano J Flores., Ramos R Leyva., barron J Mendoza., Coronado R Guerrero., Pina A Aragon., and Delgado G Lebrada. 2013. Sorption Mechanism of Cd (II) from Water Solution Onto Chicken Eggshell. *Journal of Applied Surface Science*, Vol. 276, pp : 682-690.
- Chen, Dr., Klassen, C.D., 2009. *Cadmium Toxicity*. Environmental Health Perspective Dec. 2009.
- Chojnacka, K. 2005. Biosorption of Cr(III) ions by eggshells. *Journal of Hazardous Materials*, Volume 121, Issues 1–3, 20 May 2005, Pages 167-173
- Daluningrum, I.P.W. 2009. Penapisan Awal Komponen Bioaktif Dari Kerang Darah (*Anadara granosa*) Sebagai Senyawa Antibakteri. Skripsi Program Studi Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.
- Daraei, H., Mittal A., Noorisepehr, M., & Mittal, J. 2015. Separation of chromium from water samples using eggshell powder as a low-cost sorbent: kinetic and thermodynamic studies. *Journal Desalination and Water Treatment Volume 53, 2015 - Issue 1*.
- Darmono, 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemarannya, Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam. UI Press, Jakarta.
- Drastinawati1 dan Zultiniar. 2013. Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Temperatur terhadap Konstanta Kecepatan Adsorpsi Cu^{2+} dengan Arang Aktif Cangkang Sawit Sisa Pembuatan Asap Cair. *Jurnal Teknobiologi*, IV(1) 2013: 47 – 53 ISSN : 2087 – 5428, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Fitriyana, Eka Safitri, 2015. Pemanfaatan Cangkang Telur Ayam sebagai Adsorben untuk Meningkatkan Kualitas Minyak Jelantah. *Jur. Teknik Kimia Universitas Samarinda. Konversi*, Volume 4 No. 1, April 2015
- Fransiska, Merry., Arief, Muhammad., dan Cahyoko, Yudi. 2012. Studi Logam Berat Timbal (Pb) pada Udang Putih (*Penaeus merguensis*) dan Kerang darah (*Anadara graanosa*) di Perairan Pantai Kenjeran Surabaya dan Perairan Saronggi Sumenep. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, Vol. 1/ No. 3. ISSN 2301-7309.
- Hariyadi P dan Andarwulan N, 2007. Menghentikan Peredaran Pangan Bermasalah di Pasar (Konsolidasi Sistem Keamanan Pangan di Indonesia).Piramedia, Depok.
- Hartanti. 1998. Analisa Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg), Kadmium (Cd), Timbal (Pb), Arsen (As) dan Tembaga (Cu), dalam Tubuh Kerang Konsumsi Serta Upaya Penurunannya. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. Bogor

- Hutagalung, H.P., Hamidah. 1982. Pengamatan Pendahuluan Kadar Pb dan Cd dalam Air dan Biota di Estuaria Muara Angke. Aseanologi di Indonesia, No. 15: Jakarta: LION LIPI.
- Jordao, C. P., Pereira, M. G., Bellato, C. R., Pereira, J. L. and Matos, A. T. 2002. Assessment of water systems for contaminants from domestic and industrial sewages. *Environmental Monitoring Assessment* 79(1): 75-100.
- Kawano, S., Nakagawa, H., Okumura, Y., Tsujikawa, K., 1984. "A Mortality Study of Patients with Itai-itai Disease". *Environmental Research* 40, 98-102 (1986).
- Lestari, Wahyu F, 2015. Analisis Kadar Logam Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada Teripang Terung (*Phyllophorus sp*) Asal Pantai Kenjeran Surabaya Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).
- Lovell Odili E. Agwaramgbo., Renata Fraga Cardoso and Taynara Simão Matos. 2016. Copper and Zinc Removal from Contaminated Water Using Coffee Waste. *Journal of Scientific Research & Reports* 12(6): 1-9, 2016; Article no.JSRR.31118 ISSN: 2320-0227
- Muchtadi R.Tien., Sugiono., dan A. Fitriyono, 2010. Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan. Alfabeta Bandung.
- Napitupulu,A. 2009. Impregnasi Karbon Aktif dengan Sulfida untuk Mengikat Ion Tembaga(II) dan Kadmium(II) di dalam Air," Tesis, Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2009, hal 10-20
- Navas-Acien A, Guallar E, Silbergeld KE, Rothenberg JS. Lead exposure and cardiovascular disease-a systematic review. *Environmental Health Perspectives* 2007;115:3, 472–482.
- Nogawa, K., Suwazono, Y., 2011. "Itai-itai Disease". *Encyclopedia of Environmental Health Itai-itai Disease* Vol. Issue 2011.
- Notoatmodjo, Soekidjo, 2002. Edisi Revisi : Metodologi Penelitian Kesehatan. Jakarta, Rineka Cipta.
- Nur Aidha, Novi. 2013. Aktivasi Zeolit Secara Fisika Dan Kimia Untuk Menurunkan Kadar Kesadahan (Ca Dan Mg) Dalam Air Tanah. *J. Kimia Kemasan, Vol.35 No.1 April 2013* : 58-64
- Nurjanah., Zulhamsyah., dan Kustiyariyah. (2005). Kandungan Mineral dan Proksimat Kerang Darah (*Anadara granosa*) yang Diambil Dari Kabupaten Boalemo, Gorontalo. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan*. Vol. VIII. No. 2. Hal. 21

- Oke, I, A., Olarinoye, N.O., and Adewusi, S,R,A. 2008. Adsorption Kinetics For Arsenik Removal from Aqueous Solutions by Untreated Powered. *In* : Adsorption, Vol. 14, Issue I, pp. 73-83.
- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.
- Pankaj Pandey, Sambi SS, Sharma SK, Surinder Singh. Batch adsorption studies for the removal of Cu (II) Ions by zeolite-NaX from aqueous stream. Proceedings of the World Congress on Engineering; 2009
- Pikir,S.1993. *Studi tentang Logam Berat dalam Sedimen dan dalam Kupang di daerah Estuari Dekat Muara kali Surabaya*. Laporan Penelitian. Lembaga Penelitian Universitas Airlangga : Surabaya.
- Prilina, B.M.Y . 2014. Karakterisasi FTIR poliblend adsorben serbuk biji buah kelor (*moringa oleifera*) dan cangkang telur ayam ras untuk pengolahan air gambut di daerah Palu Barat. Skripsi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tadulako Palu
- Purnomo, Windhu dan Taufan Bramantoro, 2002. 36 Langkah Praktis Sukses Menulis Karya Tulis Ilmiah. Surabaya, PT. Revka Petra Medika
- Purnomo, D. 2009. Logam berat sebagai penyumbang pencemaran air laut. Di Unggah kembali dari [http:// masdony.wordpress. com/2009/04/19/ logam-berat-sebagai-penyumbang-pencemaran-air-laut/](http://masdony.wordpress.com/2009/04/19/logam-berat-sebagai-penyumbang-pencemaran-air-laut/)diakses tanggal : 2 Pebruari 2018.
- Retyoadhi, Y. A., Susanto, T., Martati, E. 2005. Kajian Cemarkan Logam Timbal (Pb), Total Mikrobial Dan E.coli Pada Kerang Darah (*Anadara Granosa Linn*) Segar di Kabupaten Sidoarjo. Jurnal Teknologi Pertanian, 6(3), 203-211.
- Reynold, T.D., 1982, *Unit Operation and Process in Environmental Engineering*. Texas , Woods Worths Inc.
- Saif A. Chaudhry., Tabrez A. Khan., and Imran Ali . 2016. Adsorptive removal of Pb(II) and Zn(II) from water onto manganese oxide-coated sand: Isotherm, thermodynamic and kinetic studies. Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences 3 (2016) 287–300
- Sari, Fitri Indah dan Soedjajadi, Keman. 2005. Efektivitas Larutan Asam Cuka untuk Menurunkan Kandungan Logam Berat Cadmium dalam daging Kerang Bulu. Jurnal Kesehatan Lingkungan, Vol.1, No.2., Januari 2005.

<http://journal.unair.ac.id/filerPDF/KESLING-1-2-03.pdf>, Diakses : 2 Pebruari 2018, pukul 14.52 WIB.

- Satriani, Dewi., Ningsih Purnama., dan Ratman. 2016. Serbuk dari Limbah Cangkang Telur Ayam Ras sebagai Adsorben Terhadap Logam Timbal (Pb). *Jurnal Akademika Kimia*, Vol. 5, No. 3, 103-108.
- Setyaningsih, H. 1995. Pengolahan limbah batik dengan proses kimia dan adsorpsi karbon aktif . Tesis. Universitas Indonesia.
- Sitorus, H. 2004. Analisis beberapa karakteristik lingkungan perairan yang mempengaruhi akumulasi logam berat timbal dalam tubuh kerang darah di perairan pesisir timur Sumatera Utara. *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, 11(1), 53-60.
- Suarsa, I Wayan, 2016. Adsorpsi Logam Berat Pb (II), Cr (VI), Zn (II), Cu (II), dan Ni (II) dengan Abu Sekam Padi. Laporan Karya Tulis. Universitas Udayana, Bali.
- Syauqiah Isna., Amalia M., dan Kartini HA. 2011. Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif. *Info Teknik, Volume 12 No. 1, Juli 2011. Unlam Banjarmasin*
- Suryono, Hadi., Narwati., dan Nugroho HSW. 2018. The Potention of Chicken Egg Shell (*Galus-galus domesticus*) as Mercury Adsorbent for Blood Cockle (*Anadara granosa*) by Stirring Chamber Engineering. *Indian Journal of Public Health Research & Development*, Vol. 9, Number 5, May 2018. Scopus
- Tangio, J, S. 2013. Adsorpsi logam Timbal (Pb) dengan menggunakan biomassa enceng gondok (*Eichhorniacrassipes*). *Jurnal Entropi*, VIII (I), 500-506.
- Trisnawati, Anita (2008). Studi Kandungan Logam Berat cadmium pada Kerang Hijau (*Mytilus viridus*) di Perairan Kawasan Pantai Kenjeran Surabaya. Tesis, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Umar, M.M, Sundari S, dan A.M Fuah, 2000. Kualitas Fisik Telur Ayam Kampung Segar di Pasar Tradisional, Swalayan, dan Peternak di Kotamadya Bogor. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Waldichuk M. 1974. Some Biological Concern in Heavy Metals Pollution. *Pollution and Physiology of Marine Organism*. Editor KJ Vernberg dan WB Vernberg. New York: Academic Press.
- Wanatabe, Y., Moriyosi, Y., Suetsugu, Y., Ikoma, T., Kasama, T., Hashimoto, T., Yamada, H, & Tanaka,J. 2004. Hydrothermal formation of hydroxyapatite

layers on the surface of type-a zeolite. *Journal of American Ceramic Society*, 87 (7), 1395-1397.

Watts, R.J. 1997. *Hazardous Waste Sources, Pathways, Receptors*. New York: John Wiley and Sons, Inc.

Webber, 1972, *Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics*, Queensland: Imperial College Press

Wirawan, T. 2010. Pemanfaatan Arang Aktif dari Tempurung *Jatropha curcas* Yang Termodifikasi Sebagai Adsorben Logam Tembaga (Cu). *Jurnal Kimia Mulawarman* Volume 8 Nomor 1. Universitas Mulawarman. Samarinda.

Catatan Harian Penelitian (Logbook)

No	Tanggal	Kegiatan
1	2	3
1.	5 April 2018	Seminar Protokol Penelitian Hibah Bersaing
2.	13 - 20 April 2018	Catatan : Pengumpulan, pembersihan dan pengeringan Cangkang Telur Ayam Dokumen Pendukung : 
2.	21 – 23 April 2018	Penghancuran dan pengayakan cangkang telur ayam Dokumen Pendukung :  
3.	24-26 April 2018	Aktivasi dan penimbangan cangkang telur ayam Dokumen Pendukung :  

1	2	3
4.	13 April - 23 Mei 2018	Catatan : Pembuatan alat Stirrer Chamber Modifikasi Dokumen Pendukung : 
5.	23 April 2018	Persetujuan Etik Penelitian Dokumen : 
6.	7 Juni 2018	Perlakuan terhadap sampel dengan Stirrer chamber modifikasi Pengiriman sampel ke laboratorium Dokumen Pendukung : a. Penyiapan sampel b. Penimbangan Sampel  

		c. Perlakuan Sampel	d. Pengiriman sampel
			
7.	26 Juli 2018	Presentasi Laporan Tengah	
8.	26 September 2018	Presentasi Laporan Akhir	

Hasil Laboratorium Pemeriksaan Cd dan Pb Kerang Darah

BALAI PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI
LABORATORIUM
PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI
SURABAYA – JAWA TIMUR

REPORT

Certificate of Analysis

No : 07229 KI/VI-2018
 Code : Penelitian
 Sample Sender : Poltekkes Surabaya
 Sample Name : Kerang darah
 Test : Pb-Cd
 Sample Brand :
 Sample Identity : Pedatan lunak kemerahan
 Sample Accepted : 7 Juni 2018

Chemical laboratory test result is :

Kode	Pb, ppm	Cd, ppm	Kode	Pb, ppm	Cd, ppm
KAS 1	1,82	0,01	KCT3R 1	1,20	0,77
2	2,01	0,06	2	1,23	0,80
3	1,94	1,02	3	1,21	0,79
KAT1R 1	1,36	0,90	AT1R 1	1,05	0,48
2	1,42	0,06	2	1,01	0,50
3	1,78	0,89	3	1,04	0,46
KAT2R 1	1,32	0,90	AT2R 1	0,90	0,32
2	1,33	0,05	2	0,88	0,30
3	1,35	0,87	3	0,81	0,31
KAT3R 1	1,29	0,72	AT3R 1	0,72	0,16
2	1,26	0,76	2	0,70	0,13
3	1,23	0,78	3	0,69	0,15
KBT1R 1	1,21	0,81	BT1R 1	0,91	0,12
2	1,22	0,79	2	0,90	0,11
3	1,18	0,78	3	0,86	0,13
KBT2R 1	1,20	0,83	BT2R 1	0,81	0,10
2	1,26	0,80	2	0,78	0,08
3	1,23	0,78	3	0,79	0,09
KBT3R 1	1,20	0,84	BT3R 1	0,62	0,08
2	1,19	0,81	2	0,61	0,09
3	1,21	0,76	3	0,64	0,07
KCT1R 1	1,22	0,83	CT1R 1	0,81	0,06
2	1,20	0,78	2	0,77	0,07
3	1,24	0,85	3	0,75	0,07
KCT2R 1	1,21	0,82	CT2R 1	0,63	0,03
2	1,21	0,78	2	0,65	0,05
3	1,24	0,85	3	0,63	0,05

Surabaya, 26 Juni 2018
 Chemical Laboratory Researcher
 M. Fatoni, M.S.

Laboratory Office Jl. Ketintang Baru XVII no 14
 Telp 08155151337, Bank BCA – Bank Jatim
 Surabaya

BALAI PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI
LABORATORIUM
PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI
SURABAYA – JAWA TIMUR



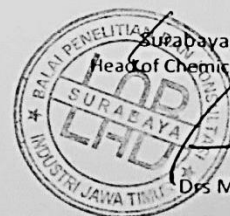
REPORT

Certificate of Analysis

No : 07220/KIT/IT-2018
Code : lanjutan
Sample Sender : Poltekkes Surabaya
Sample Name : Kerang Darah
Test : Pb-Cd
Sample Brand :
Sample Identity : Padatan lunak kemerahan
Sample Accepted : 7 Juni 2018

Chemical laboratory test result is :

Kode	Pb, ppm	Cd, ppm
CT3 R1	0,62	0,03
2	0,62	0,02
3	0,61	0,04



Surabaya, 26 Juni 2018
Head of Chemical Laboratory Researcher

Drs M. Fatoni, M.S.

Laboratory Office Jl. Ketintang Baru XVII no 14
Telp 08155151337, Bank BCA – Bank Jatim
Surabaya



KEMENTERIAN KESEHATAN
POLITEKNIK KESEHATAN KEMENKES SURABAYA
KOMISI ETIK PENELITIAN KESEHATAN
No Reg: 054/KNEPK/2014
Jl Pucang Jajar Tengah No 56 Surabaya
Email: komisietiklitkes@poltekkesdepkes-sby.ac.id

PERSETUJUAN ETIK (*ETHICAL APPROVAL*)

Nomor :128/S/KEPK/IV/2018

Yang bertanda tangan di bawah ini, Ketua Komisi Etik Penelitian Kesehatan Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Surabaya, setelah dilaksanakan pembahasan dan penilaian dengan ini memutuskan protokol penelitian yang berjudul:

**"PENGEMBANGAN DESAIN ALAT "*STIRRING CHAMBER*" DALAM
MENINGKATKAN POTENSI CANGKANG TELUR AYAM UNTUK MENURUNAN
KADAR KADMIUM (CD) DAN TIMBAL (PB) KERANG DARAH
(*Anadara granosa*)"**

yang mengikutsertakan manusia sebagai subyek penelitian, dengan Ketua Pelaksana/Peneliti Utama:

NARWATI, S.Si., M.Kes

dapat disetujui pelaksanaannya. Persetujuan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan sampai dengan batas waktu pelaksanaan penelitian seperti tertera dalam protokol.

Pada akhir penelitian, laporan pelaksanaan penelitian harus diserahkan kepada KEPK-Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya. Jika ada perubahan protokol dan atau perpanjangan penelitian, harus mengajukan kembali permohonan kajian etik penelitian (amandemen protokol)

Surabaya, 23 April 2018

Ketua
Komisi Etik Penelitian Kesehatan
Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya



Dr. R. Yuwono, dr., DTM&H, MARS
NIP. 19530523 198003 1006

