

Hadi Suryono, ST, MPPM.
Narwati, S.si, M.Kes

Rancang Bangun Alat Stirring Chamber

untuk Menurunkan Kadar Hg Kerang Darah
Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Ayam

ISBN : 978-602-17208-6-8

editor:
Dr. Khambali, ST, MPPM.



HAKU Provinsi Jawa Timur

ISBN : 978-602-17208-6-8

Rancang Bangun Alat Stirring Chamber

untuk Menurunkan Kadar Hg Kerang Darah
Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Ayam

vi, 48 hal, 18.2cm x 25.7cm

**Hadi Suryono, ST, MPPM.
Narwati, S.si, M.Kes**

Editor:

Dr. Khambali, ST, MPPM

Tata Letak/Tata Muka:

Tommy Soesanto, ST

Tahun 2018, Edisi 1-07



Penerbit: HAKLI Provinsi Jawa Timur
Himpunan Ahli Kesehatan Lingkungan Indonesia
HAKLI Provinsi Jawa Timur
Jl. Patmosusastro No. 36 Surabaya
telp, 031-5020696

KATA PENGANTAR

Patut kiranya penyusun mengawali dengan menyebut nama Allah, Tuhan yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Seraya mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga Monograf ini dapat disusun dan diselesaikan dengan baik.

Monograf ini disusun untuk memperkaya konsep teoritis, tetapi mengedepankan segi praktisnya, sehingga bisa digunakan oleh para praktisi bidang kesehatan lingkungan. Monograf ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan dan materi perkuliahan maupun penelitian lanjutan.

Penyusun menyadari masih banyak kekurangan dari Monograf ini, oleh karena itu kritik, tegur dan saran dari pembaca, sejawat yang dapat memperbaiki dan menyempurnakan isi monograf ini, sehingga monograf ini lebih memberikan manfaat bagi yang memerlukan.

Akhirnya, hanya ungkapan rasa terima kasih yang bisa penyusun sampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan konstibusi baik moral maupun material sehingga Monograf ini bisa diselesaikan. Besar harapan kami bahwa Monograf ini bermanfaat dan memberikan kemudahan kepada semuanya. Semoga Allah SWT senantiasa melindungi dan meridhoi upaya kita untuk menjadikan kehidupan yang lebih sehat dan sejahtera.

Surabaya, Juli 2018

DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Kata Pengantar	
Daftar Isi	
Abstract	

BAB I PENDAHULUAN

1.1.	Latar Belakang	1
1.2.	Pembatasan Masalah	2
1.3.	Perumusan Masalah	2
1.4.	Tujuan Penelitian	2
1.5.	Manfaat Penelitian	3
1.6.	Urgensi Penelitian	3
1.7.	Temuan/ Inovasi Penelitian	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1.	Kerang Darah	5
2.2.	Merkuri	6
2.3.	Bentuk Merkuri dan Sifatnya	8
2.4.	Kulit Telur	8
2.5.	Adsorpsi	9
2.6.	Media Penyerap (Absorben)	9
2.7.	Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi	9
2.8.	Penelitian Terdahulu dan Keterkaitannya	11
2.9.	Kerangka Konsep dan Hipotesis	12

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1.	Jenis Penelitian	13
3.2.	Variabel Penelitian dan Definisi Operasional	13
3.3.	Populasi dan Sampel	14
3.4.	Besar Sampel	14
3.5.	Teknik Pengambilan Sampel	14
3.6.	Teknik Pengumpulan Data	15
3.7.	Kerangka Operasional Penelitian	16
3.8.	Analisis Data	20

BAB IV HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1.	Hasil Analisis	21
4.2.	Pembahasan	37

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1.	Kesimpulan	41
5.2.	Saran	41

Daftar Pustaka

Lampiran

ABSTRACT

RANCANG BANGUN ALAT *STIRRING CHAMBER* UNTUK MENURUNKAN KADAR Hg KERANG DARAH MENGGUNAKAN ADSORBEN CANGKANG TELUR AYAM

Hadi Suryono

Alibaba

Kerang darah (*Anadara Granosa*) merupakan jenis kerang yang banyak dikonsumsi masyarakat terutama yang tinggal di daerah pantai atau wilayah sekitarnya, tidak terkecuali Surabaya. Kandungan logam Hg dalam kerang darah menjadi permasalahan kesehatan khususnya bagi manusia. Bukti nyata pengaruh kandungan merkuri (Hg) terhadap kesehatan manusia adalah kasus “Minamata Diseases” di Jepang dan kasus teluk Muara Angke Jakarta yang menimbulkan banyak korban. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis potensi cangkang telur ayam sebagai adsorben dalam menurunkan kadar Hg kerang darah (*Anadara granosa*) melalui rekayasa alat *Stirring Chamber*.

Jenis penelitian ini adalah eksperimen dengan *One Group Pre-post test Design*. Objek penelitian adalah cangkang telur ayam yang digunakan sebagai adsorben pada “*Stirring chamber*”. *Stirring chamber* merupakan alat penyehatan makanan karena kemampuannya dalam membantu menurunkan kadar logam berat Hg pada bahan pangan, kerang darah, dengan menggunakan prinsip pengadukan. Pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling* dengan lima kali perlakuan. Kadar adsorben sebanyak 25 gram, 50 gram dan 75 gram dalam 1 liter air yang diaduk selama 15 menit, 30 menit dan 45 menit menggunakan alat *Stirring Chamber*.

Berdasarkan hasil yang diperoleh terbukti kadar Hg pada kerang darah semakin menurun seiring meningkatnya kadar adsorben dan lama waktu pengadukan. Penurunan kadar Hg yang paling besar terjadi pada pengadukan terlama yaitu 45 menit dengan kadar adsorben tertinggi yaitu 75 gram, yakni sebesar 0,545 ppm (93,64%) dari kadar Hg sebelum perlakuan 0,582 ppm dan sesudah perlakuan menjadi 0,037 ppm.

Disimpulkan bahwa semakin lama waktu pengadukan yang dilakukan dan semakin tinggi kadar adsorben cangkang telur yang digunakan akan semakin rendah kandungan Hg pada kerang darah. Disarankan kepada masyarakat sebelum mengkonsumsi kerang darah sebaiknya melakukan pengadukan kerang darah dengan memanfaatkan adsorben cangkang telur ayam sebelum kerang tersebut dimasak. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menurunkan kadar Hg dengan menambahkan variable lain misalnya suhu, kecepatan pengadukan, dan variasi diameter adsorban.

Kata Kunci : *Stirring Chamber*, kerang darah, mercury, cangkang telur ayam

I. PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Kerang Darah (*Anadara granosa*) merupakan salah satu hasil laut yang memiliki nilai ekonomis karena mengandung nilai gizi yang tinggi. Potensi nilai gizi yang tinggi inilah membuat kerang darah menjadi salah satu bahan pangan yang diminati di rumah makan atau restoran di Indonesia (Beby Sekarsari, 2016). Mengingat hal tersebut, kualitas kerang darah dari kontaminasi logam berat perlu diwaspadai agar tidak menjadi sumber terjadinya gangguan kesehatan. Pengawasan kualitas pangan diperlukan berdasarkan standar peraturan yang berlaku.

Adanya regulasi yang mengatur kadar logam berat dalam pangan telah dimuat dalam SNI No. 7387 tahun 2009 dimana diketahui batas maksimum kandungan Hg dalam produk kerang adalah 1 mg/kg, ini berarti tiap 100 gram sampel kerang yang diuji maksimal diperkenankan mengandung logam Hg sebesar 0,1 mg. Hal ini bukan berarti bahwa kerang yang telah terkontaminasi Hg masih diperkenankan untuk dikonsumsi secara terus menerus. Namun kadar tersebut memberikan petunjuk bagi konsumen dalam mengestimasi kadar toksik jika mengkonsumsi pangan yang terkontaminasi logam Hg dalam jangka waktu tertentu secara terus menerus. Bagaimanapun logam Hg yang terkandung dalam kerang berpotensi memberikan dampak buruk bagi kesehatan manusia. Dampak toksik yang ditimbulkan akibat mengkonsumsi pangan yang mengandung Hg adalah merusak organ tubuh hingga menimbulkan kematian seperti kejadian Minamata di Jepang, sehingga terjadinya akumulasi logam Hg perlu diwaspadai. Menurut World Health Organization (WHO), 1986 nilai ambang batas (NAB) batas normal kadar Hg dalam darah adalah berkisar antara 5µg/l -10 µg/l.

Kehadiran logam berat Hg di lingkungan perairan khususnya laut, umumnya diperoleh dari kontribusi kegiatan industri dan pertanian (Jordao *et al.*, 2002). Laut Pantai Kenjeran merupakan salah satu wilayah kelautan di pesisir Surabaya. Cemaran yang terjadi di perairan Kenjeran berasal dari sungai-sungai yang terkontaminasi logam Hg yang bermuara di Laut Pantai Kenjeran. Keberadaan logam Hg di perairan laut Kenjeran telah dibuktikan oleh Agus Tafzarani (2001) dalam penelitiannya bahwa air Pantai Kenjeran telah tercemar logam berat Hg dan Cr, cuplikan kerang dan sedimen telah tercemar logam berat Hg, Cr, Cd dan Co, serta ikan telah tercemar dua unsur Hg dan Cr. Cemaran Hg pada kerang darah (*Anadara granosa*) yang berasal dari Pantai Kenjeran Surabaya telah diteliti oleh Amalia Indrakusuma (2008) bahwa diketahui adanya kandungan Hg sebesar 0,032 mg/kg berat kering pada otot dan 0,01615 mg/kg berat kering pada insang kerang darah.

Salah satu upaya yang dilakukan dalam menurunkan kadar logam berat adalah dengan memanfaatkan cangkang telur ayam. Pemanfaatan cangkang telur ayam selain mudah diperoleh, juga didasari oleh anggapan masyarakat bahwa cangkang telur ayam merupakan sampah yang masih belum sepenuhnya dimanfaatkan dan umumnya dibuang begitu saja. Pemanfaatan cangkang telur ayam yang dijumpai hanya sebatas bahan dasar kerajinan tangan dan sebagai adsorben dalam air. Adanya kandungan senyawa Calcium Carbonat (CaCO₃) sekitar 98,5% dan Magnesium Carbonat (MgCO₃) sekitar 0,85% dari sebagian besar bahan organik cangkang telur merupakan dasar pemikiran dalam memanfaatkannya sebagai bahan adsorben dalam meminimasi kandungan logam Hg dalam kerang darah. Selain kandungan senyawa CaCO₃ dan MgCO₃, keberadaan pori-pori kulit telur ayam juga berpotensi mensinergiskan kemampuannya sebagai adsorben. Banyaknya pori-pori menunjukkan semakin luasnya permukaan adsorben. Hal ini didasari bahwa semakin luas permukaan adsorben maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben. (Reynold, 1982).

Proses adsorpsi suatu adsorben dalam mengikat senyawa tertentu dalam suatu larutan dipengaruhi factor waktu kontak. Penelitian yang dilakukan oleh Isna Syauqiah (2011) dihasilkan semakin lama waktu kontak yang digunakan semakin meningkatkan penurunan kadar Fe karena proses penyerapan adsorbat lebih baik. Prinsip ini mendasari pemikiran jika kontak antara adsorben dengan adsorbat diberikan perlakuan pengadukan maka hal ini akan meningkatkan proses adsorpsi pada suatu larutan. Penelitian Erna Wati, dkk (2016) memanfaatkan cangkang telur ayam sebagai adsorben dalam menurunkan kadar Pb dan Cd dalam air. Hasil penelitian menunjukkan % efektivitas penyerapan Pb^{2+} dan Cd^{2+} tertinggi dihasilkan dari adsorben cangkang telur ayam dengan berat 9 gram dengan waktu kontak 15 menit yaitu 91,1242% dan 99,9515% secara berurutan.

Hal ini dinyatakan dalam Asip (2008) bahwa kecepatan adsorpsi selain dipengaruhi oleh *film diffusion* dan *pore diffusion*, juga dipengaruhi oleh factor 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 apabila pengadukan yang dilakukan dalam penelitian terlalu cepat, maka terjadi kemungkinan butiran-butiran adsorben tidak dapat kontak terhadap kerang dengan sempurna sehingga mengakibatkan efisiensi penurunan kandungan Hg dalam kerang darah tidak maksimal. Sebaiknya pengadukan dilakukan cukup, maka kecepatan difusi *film* akan meningkat dan mengakibatkan penurunan kadar kerang yang lebih baik. Hal ini yang mendasari peneliti untuk membuat rancang bangun alat pengaduk (*Stirring Chamber*) untuk mendukung prinsip kerja percepatan adsorpsi Cangkang Telur Ayam Sebagai Adsorben Logam Hg Kerang Darah (*Anadara granosa*). Melalui Rekayasa Alat *Stirring Chamber*.

1.2. Pembatasan Masalah

Kajian penelitian ini dibatasi pada penanganan logam berat (Hg) dalam kerang darah menggunakan adsorben dari cangkang telur ayam melalui rancang bangun alat pengaduk *Stirring Chamber* sebagai upaya menurunkan logam berat (Hg) agar layak dikonsumsi masyarakat.

1.3. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini yaitu “Bagaimana potensi cangkang telur ayam sebagai adsorben dalam menurunkan kadar Hg kerang darah melalui rekayasa rancang bangun alat *Stirring Chamber*?”

1.4. Tujuan Penelitian

1.4.1 Tujuan Umum

Membuat rekayasa/ rancang bangun alat *Stirring Chamber* dalam mendukung penurunan kadar Hg kerang darah menggunakan cangkang telur ayam sebagai adsorben.

1.4.2 Tujuan Khusus

- a. Membuat rancang bangun/ rekayasa alat *Stirring Chamber* untuk proses pengadukan adsorben cangkang telur ayam dan kerang darah.
- b. Membuktikan perbedaan kadar Hg kerang darah (*Anadara granosa*) sebelum dan sesudah perlakuan pengadukan selama 15 menit, 30 menit dan 45 menit melalui alat *stirring chamber* menggunakan adsorben cangkang telur ayam dengan dosis 25 gr, 50 gr, dan 75 gr dalam 1 liter air.
- b. Menganalisis pengaruh lama pengadukan dan dosis adsorben cangkang telur ayam terhadap kadar Hg kerang darah (*Anadara granosa*).

1.5. Manfaat Penelitian

Secara teoritik, penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan penelitian teknologi tepat guna dibidang lingkungan yaitu membuat alat pengaduk untuk menurunkan kadar Hg dalam kerang darah (*Anadara Granosa*) menggunakan adsorben cangkang telur ayam. Dalam pengembangan pembelajaran berbasis riset, maka penelitian ini sangat mendukung dalam mata kuliah yang diampu peneliti yaitu Dasar-Dasar Pemecahan Masalah Kesehatan Lingkungan dan Penyehatan Makanan dan Minuman, baik dalam Program Studi Diploma 3 maupun Diploma 4. Secara terapan, penelitian ini dapat diaplikasikan kepada masyarakat dalam pengolahan bahan makanan dengan memanfaatkan limbah cangkang telur dalam menurunkan kadar logam Hg pada bahan makanan yang terkontaminasi logam berat.

1.6. Urgensi Penelitian

Secara umum penelitian ini dimaksudkan untuk melakukan evaluasi terhadap alat ” *Stirring chamber*” untuk mempercepat penurunan kadar Hg pada bahan pangan khususnya kerang darah (*Anadara granosa*) dengan memanfaatkan limbah kulit telur ayam sebagai adsorben, dimana limbah kulit telur ayam selama ini hanya digunakan sebagai bahan baku kerajinan tangan.

Urgensi dari penelitian ini adalah dapat menjadi bahan rekomendasi dalam mengatasi persoalan kontaminasi logam berat pada bahan makanan dengan memanfaatkan limbah kulit telur sebagai adsorben menggunakan rekayasa alat berprinsip *Stirring/* pengadukan untuk mempercepat proses absorpsi logam serta sebagai pengembangan teknologi tepat guna dengan memanfaatkan barang bekas yang memiliki prinsip menghasilkan energi gerak dari energi listrik untuk diaplikasikan sebagai alat rekayasa dalam menurunkan logam berat pada bahan pangan melalui proses pengadukan dengan bahan adsorben kulit telur.

1.7. Temuan/ Inovasi yang Ditargetkan serta Penerapannya Dalam rangka Menunjang Pembangunan dan Pengembangan Ilmu Pengetahuan

Temuan penelitian ini yang ditargetkan adalah menghasilkan karya berupa peralatan sederhana yang memiliki kemampuan dalam menurunkan kadar logam berat pada bahan pangan dengan memanfaatkan cangkang telur ayam sebagai adsorben sehingga dapat diaplikasikan ke masyarakat luas, khususnya para konsumen yang langsung memanfaatkan bahan pangaan tersebut untuk dikonsumsi. Konsumen harus memahami pentingnya dilakukan upaya preparasi bahan pangan sebelum diolah untuk meminimalisasi kandungan logam berat di dalamnya mengingat dampak toksik yang ditimbulkan oleh Hg sangat merugikan bagi kesehatan terutama bahan pangan yang berasal dari laut. Salah satu fenomena yang telah dibuktikan akibat efek toksik Hg adalah minamata disease yang merupakan penyakit gangguan sistem syaraf pusat akibat keracunan metil merkuri dan tidak dijumpai akibat Hg pada organ lain (Martono, 2005).

Sistem syaraf pusat merupakan target organ dari toksisitas metil merkuri tersebut, sehingga gejala yang terlihat erat hubungannya dengan kerusakan sistem syaraf pusat. Gejala yang timbul adalah sebagai berikut:

1. Gangguan syaraf sensori: paraesthesia, kepekaan menurun dan sulit menggerakkan jari tangan dan kaki, penglihatan menyempit, daya pendengaran menurun, serta timbul rasa nyeri pada lengan dan paha.
2. Gangguan syaraf motorik: lemah, sulit berdiri, mudah jatuh, ataksia, tremor, gerakan lambat dan sulit bicara.
3. Gangguan lain: gangguan mental, sakit kepala dan hipersalivasi (Alfian, 2006).

Kebaharuan dari penelitian ini adalah diketahuinya efektivitas kerja alat dan kemampuan absorben dalam menurunkan kadar Hg pada kerang darah. Disamping itu, penelitian ini menggunakan bahan baku limbah kulit telur sebagai absorben yang selama ini belum dimanfaatkan dalam mengatasi masalah penurunan kontaminan logam Hg pada bahan pangan. Kebaharuan lain dari penelitian ini dengan memanfaatkan motor penggerak dari barang bekas yang memiliki prinsip mengubah energi listrik menjadi energi gerak, dimana kebutuhan listrik yang digunakan masih dalam kategori kecil sehingga masih bisa ditolelir dalam penggunaannya di masyarakat dibandingkan dengan manfaat yang diperolehnya. Pemanfaatan teknologi tepat guna dalam bidang penyehatan makanan merupakan upaya rekayasa alat yang merupakan sumbangsih pemikiran dalam mengurangi risiko pencemaran bahan pangan oleh logam Hg sehingga dapat dimanfaatkan masyarakat luas karena mudah dan murah.

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 2. 1. Kandungan Gizi Kerang Darah

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

Sumber : Daluningrum (2009)

2.2 Merkuri (Hg)

Sebagian besar merkuri yang terdapat di alam ini dihasilkan oleh sisa industri dalam jumlah \pm 10.000 ton setiap tahunnya. Penggunaan merkuri sangat luas di mana \pm 3.000 jenis kegunaan dalam industri pengolahan bahan-bahan kimia, proses pembuatan obat-obatan yang digunakan oleh manusia serta sebagai bahan dasar pembuatan insektisida untuk pertanian.

Diantara berbagai macam logam berat, merkuri digolongkan sebagai pencemar paling berbahaya. Disamping itu, ternyata produksinya cukup besar dan penggunaannya di berbagai bidang cukup luas. Djajosoebagio (1978) di dalam Putranto TT (2011) mengatakan bahwa pencemaran yang disebabkan oleh logam-logam berat yang juga merupakan unsur-unsur langka (seng, timah, kadnium, merkuri, arsen, nikel, vanadium dan berilium) merupakan masalah yang serius dewasa ini.

Adanya kemampuan mengakumulasi merkuri di dalam tubuh biota laut dapat membahayakan kehidupan biota yang bersangkutan maupun biota lainnya misalnya melalui rantai makanan atau *food chain* (Putranto TT, 2011).

Tabel 2.2 : Logam-logam hasil pertambangan di dalam sungai yang dibuang ke laut (Putranto TT, 2011)

Elemen	Geological rate (pada sungai)	Man induced rate (tambang)
Ribuan Metrik ton/tahun		
Besi	25000	319000
Nitrogen	8500	9800
Mangan	440	1600
Tembaga	375	4460
Seng	370	3430
Nikel	300	358
Lead	180	2330
Phosfor	180	6500
Molybenum	13	57
Perak	5	7
Merkuri	3	7
Timah	1.5	166
Antimonium	1.3	40

Sumber : Putranto TT , 2011

Merkuri yang terdapat dalam limbah atau *waste* di perairan umum diubah oleh aktifitas mikroorganismen menjadi komponen *methyl* merkuri (CH₃-Hg) yang memiliki sifat racun dan daya ikat yang kuat disamping

kelarutannya yang tinggi terutama dalam tubuh hewan air. Hal tersebut mengakibatkan merkuri terakumulasi melalui proses bioakumulasi dan biomagnifikasi dalam jaringan tubuh hewan-hewan air, sehingga kadar merkuri dapat mencapai level yang berbahaya baik bagi kehidupan hewan air maupun kesehatan manusia, yang makan hasil tangkap hewan-hewan air tersebut. Sanusi (1980) di dalam Putranto (2011) mengemukakan bahwa terjadinya proses akumulasi merkuri di dalam tubuh hewan air, karena kecepatan pengambilan merkuri (*uptake rate*) oleh organisme air lebih cepat dibandingkan dengan proses ekresi.

Semua bentuk merkuri baik dalam bentuk metil maupun dalam bentuk alkil yang masuk ke dalam tubuh manusia secara terus-menerus akan menyebabkan kerusakan permanen pada otak, hati dan ginjal (Ahmad Roger, 2004). Ion merkuri menyebabkan pengaruh toksik, karena terjadinya proses presipitasi protein menghambat aktivitas enzim dan bertindak sebagai bahan yang korosif. Merkuri juga terikat oleh gugus sulfhidril, fosforil, karboksil, amida dan amina, di mana dalam gugus tersebut merkuri dapat menghambat fungsi enzim.

Bentuk organik seperti metil-merkuri, sekitar 90% diabsorpsi oleh dinding usus, hal ini jauh lebih besar daripada bentuk anorganik (HgCl_2^-) yang hanya sekitar 10%. Akan tetapi bentuk merkuri anorganik ini kurang bersifat korosif daripada bentuk organik. Bentuk organik tersebut juga dapat menembus barrier darah dan plasenta sehingga dapat menimbulkan pengaruh teratogenik dan gangguan syaraf (Darmono, 2001).

Diagnosis toksisitas Hg tidak dapat dilakukan dengan tes biokimiawi. Indikator toksisitas Hg hanya dapat didiagnosis dengan analisis kadar Hg dalam darah atau urine dan rambut (Alfian, 2006). Kadar threshold value metil merkuri untuk dapat menimbulkan gejala klinis bagi orang dewasa yang peka adalah:

1. Konsentrasi merkuri total dalam darah sebesar 20 – 50 mikrogram/100mL.
2. Konsentrasi pada rambut sebesar 50 – 125 mikrogram/g² (Ramade F dalam Martono, 2005).

Merkuri merupakan logam yang sangat toksik terhadap organisme, dalam penggunaan atau aktivitas tertentu merkuri akan disebarkan ke lingkungan baik berupa bahan pertanian, obat-obatan, cat, kertas, pertambangan serta sisa buangan industri. Semua bentuk merkuri, baik dalam bentuk unsur, gas maupun dalam bentuk garam organik adalah beracun.

Darmono (1995) menyatakan daftar urutan toksisitas logam paling tinggi ke paling rendah terhadap manusia yang mengkonsumsi ikan adalah Hg^{2+} , Cd^{2+} , Ag^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , As^{2+} , Cr^{2+} , Sn^{2+} , Zn^{2+} . Menurut Kementerian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (1990) dalam Marganof (2003), logam berat yang bersifat toksik tinggi terdiri dari atas unsur-unsur Hg, Cd, Pb, Cu, dan Zn.

Alkil merkuri merupakan komponen yang paling beracun karena mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. Alkil merkuri dengan mudah melakukan penetrasi dan terkumpul di dalam jaringan otak karena komponen ini mudah menembus membran biologi.
2. Alkil merkuri mempunyai waktu retensi yang lama di dalam tubuh sehingga konsentrasi di dalam tubuh semakin lama semakin tinggi, meskipun dosis yang masuk ke dalam tubuh makin rendah. Komponen ini diperkirakan mempunyai waktu paruh di dalam tubuh selama 70 hari.
3. Alkil merkuri dapat dibentuk dari merkuri anorganik oleh aktifitas mikroorganisme anaerobik tertentu. Transformasi ini dibuktikan terjadi dengan mudah di dalam lumpur pada dasar sungai dan danau. Proses transformasi ini belum dibuktikan terjadi di dalam tubuh, tetapi beberapa mikroorganisme yang ditemukan di dalam saluran usus hewan yang ditemukan dapat melakukan proses transformasi tersebut.

2.3. Bentuk Merkuri Dan Hubungannya Satu Sama Lain Serta Sifat-Sifatnya

Dalam lingkungan perairan, merkuri anorganik dikonversi oleh mikroorganisme menjadi metil merkuri yang sangat beracun dan sangat mudah terserap ke dalam jaringan. Sekitar 90% kandungan merkuri dalam ikan berupa metil merkuri (Ramade F dalam Martono, 2005). Selanjutnya dapat dikemukakan bahwa sekitar 95% metil merkuri yang masuk ke dalam tubuh diserap oleh usus yang sebagian besar tertahan dalam jaringan tubuh, dan kurang dari 1% yang dikeluarkan lagi dari dalam tubuh (Mason CF dalam Martono, 2005).

Perairan yang telah tercemar logam berat merkuri bukan hanya membahayakan komunitas biota yang hidup dalam perairan tersebut, tetapi juga akan membahayakan kesehatan manusia. Hal ini karena sifat logam berat yang persisten pada lingkungan, bersifat toksik pada konsentrasi tinggi dan cenderung terakumulasi pada biota (Masriani dan Eny E. 2003). Senyawa metil merkuri yang merupakan hasil dari limbah penambangan emas masuk ke dalam rantai makanan, terakumulasi pada ikan dan biota sungai. Oleh karena itu manusia akan mengalami keracunan jika memakan ikan dan biota perairan yang tercemar logam tersebut. Gejala keanehan mental dan cacat syaraf mulai tampak terutama pada anak-anak.

Penyakit minamata adalah penyakit gangguan sistem syaraf pusat yang disebabkan oleh keracunan metil merkuri. Tidak ditemukan kerusakan pada organ lain kecuali pada sistem syaraf pusat (Martono, 2005). Sistem syaraf pusat merupakan target organ dari toksisitas metil merkuri tersebut, sehingga gejala yang terlihat erat hubungannya dengan kerusakan sistem syaraf pusat. Gejala yang timbul adalah sebagai berikut:

- a. Gangguan syaraf sensori: paraesthesia, kepekaan menurun dan sulit menggerakkan jari tangan dan kaki, penglihatan menyempit, daya pendengaran menurun, serta rasa nyeri pada lengan dan paha.
- b. Gangguan syaraf motorik: lemah, sulit berdiri, mudah jatuh, ataksia, tremor, gerakan lambat dan sulit bicara.
- c. Gangguan lain: gangguan mental, sakit kepala dan hipersalivasi (Alfian, 2006).

2.4. Kulit Telur

T.Muchtadi dkk (2010) menjelaskan bahwa kulit telur merupakan lapisan terluar dari telur yang berfungsi untuk melindungi isi telur dari kerusakan dan kontaminasi. Bila dilihat dengan mikroskop maka kulit telur terdiri dari 4 lapisan yaitu:

a. Lapisan kutikula

Lapisan kutikula merupakan protein keratin transparan yang melapisi permukaan kulit telur. Protein ini terhidrolisa atau larut dalam asam. Lapisan ini melapisi pori-pori pada kulit telur, sehingga dapat menghambat keluarnya gas CO₂, uap air dan masuknya bakteri serta kapang. Namun sifat kutikula tersebut akan menurun sejalan dengan lamanya waktu simpan sehingga akan berdampak pada penurunan mutu/ kerusakan telur. Kutikula akan mengalami kerusakan sehingga dapat terjadi keluarnya uap air dan gas CO₂ dari dalam telur.

b. Lapisan busa (spongi/ bunga karang)

Lapisan ini merupakan bagian terbesar dari lapisan kulit telur. Lapisan ini terdiri dari lapisan kapur yang mengandung kalsium karbonat, kalsium fosfat, magnesium karbonat dan magnesium fosfat. Membran kulit tersusun dari keratin terdiri dari 2 lapisan. Kedua lapisan ini terpisah 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.

c. Lapisan mamillary

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.

d. Lapisan membrane kulit

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 Calsium 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.

2.5. Adsorpsi

Menurut Asip (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 kearah dalam (Asip, 2008).

2.6. 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, 2008).

2.7. 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 factor 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, 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 adsorben 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 antar muka, 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 difusi 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.

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.

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 mengaktifasi secara fisika seperti mengalirkan uap air panas ke dalam pori-pori adsorben atau mengaktifasi secara kimia.

2.8. Penelitian Terdahulu dan Keterkaitannya

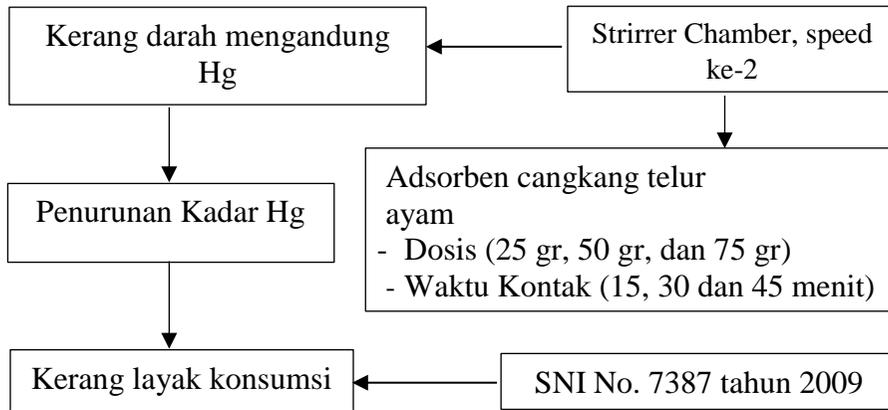
Penelitian yang berkaitan dengan upaya penurunan kadar logam berat pada produk hasil laut telah dilakukan oleh peneliti lain. Hal ini dapat ditunjukkan pada table 2.3. berikut ini :

Tabel 2.3. Penelitian Terdahulu dan Keterkaitannya

No	Judul Penelitian /tahun	Peneliti	Keterkaitan
1.	Environmental Risks of Mercury Contamination in Losari Coastal Area of Makassar City, Indonesia, 2014.	Anwar Mallongi	Lingkungan perairan di Indonesia telah tercemar logam Hg
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 Hg
3.	Heavy metals (mercury, arsenic, cadmium, plumbum) in selected marine fish and shellfish along the Straits of Malacca, 2012	Alina, M., dkk	Biota laut telah tercemar logam berat
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
5.	Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif, 2011	Isna Syauiqiah, dkk	Prinsip pengadukan dalam menyerap logam menggunakan adsorben

2.9. Kerangka Konseptual Dan Hipotesis Penelitian

2.9.1 Kerangka Konseptual



Keterangan :

----- : tidak diteliti

_____ : diteliti

Upaya untuk meminimalisir kadar Hg dalam kerang agar memenuhi SNI 7387 tahun 2009 berkenaan batas aman kadar Hg dalam kerang diperlukan cara memanfaatkan cangkang telur ayam menjadi adsorben melalui perangkat *Stirrer Chamber*. Faktor yang mempengaruhi kemampuan adsorbs adsorben cangkang telur ayam adalah dosis cangkang telur ayam dan waktu kontak.

2.9.1 Hipotesis

Terdapat penurunan kadar Hg kerang darah setelah dilakukan penambahan adsorben cangkang telur ayam melalui rekayasa alat *Stirring Chamber*

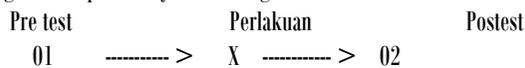
BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian pra 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 adsorben cangkang telur ayam melalui alat *stirring chamber* terhadap kadar Hg kerang darah (*Anadara granosa*).

Desain penelitian *one group pretest-posttest Design*. Rancangan ini hanya menggunakan 1 kelompok subyek yang diberi perlakuan (X) dimana pengukuran kadar Hg kerang darah dilakukan sebelum (01) dan setelah perlakuan (02), hasil perlakuan dapat diketahui dengan lebih akurat karena dapat membandingkan kadar Hg sebelum dan setelah diberi perlakuan.

Adapun bentuk rancangan ini dapat ditunjukkan sebagai berikut :



3.2. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional

3.2.1 Variabel Penelitian

Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini yaitu waktu pengadukan dengan *Stirring Chamber* dan dosis adsorben cangkang telur ayam.

Variabel terikat : Kadar Hg Kerang Darah.

3.2.1 Definisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional	Kriteria	Skala Pengukuran
1	2	3	4
Rancang Bangun <i>Stirring Chamber</i>	Merekayasa pembuatan alat pengaduk adsorben cangkang telur ayam dan kerang darah dalam menurunkan kadar Hg kerang darah	Sederhana dan terjangkau masyarakat yang ingin membuat alat tersebut	
Waktu pengadukan	Waktu kontak yang diperlukan adsorben terhadap adsorbat dalam menurunkan kadar Hg kerang darah	15 menit, 30 menit dan 45 menit	Interval

1	2	3	4
Dosis adsorbent	Kadar adsorbent cangkang telur ayam petelur yang digunakan untuk menurunkan kadar Hg dalam kerang darah dalam satuan gram.	25 gram, 50 gram dan 75 gram	Interval
Kadar Hg	Kadar Hg yang terkandung dalam kerang darah segar, diukur menggunakan metode Spectrofotometri, dengan satuan mg/kg.	Memenuhi standar kualitas kadar Hg dalam SNI No. 7389 tahun 2009 yakni 1 mg/kg	Rasio

3.3. Populasi dan Sampel

Populasi penelitian terdiri dari seluruh jenis kerang yang dijual di pasar tradisional. Sampel terdiri dari kerang darah (*Anadara granosa*), yang diambil berdasarkan teknik pengambilan *purposive sampling*.

3.4. Besar Sampel

Bila Tujuan penelitian untuk menganalisis keterkaitan antar variabel melalui penelitian eksperimental di laboratorium atau pengendalian variabel eksternal yang ketat, maka digunakan rumus Federer (Purnomo dan Taufan Bramantoro, 2002 : hal 37 – 38; Sujarweni, W, 2015 : 21)

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

Keterangan :

K = Jumlah Kelompok Perlakuan

r = Jumlah replikasi per kelompok

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

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

$$(6 - 1) (r - 1) \geq 15$$

$$5r - 5 \geq 15$$

$$5r \geq 15 + 5$$

$$r \geq 20/5$$

$$r \geq 4 \text{ ---- ditetapkan replikasi sebanyak 5 kali}$$

Dari rumus perhitungan diatas, diperoleh replikasi minimal yang dilakukan adalah 4 kali. Dalam penelitian ini disepakati dilakukan replikasi sebanyak 5 kali, dengan 3 kelompok kontrol dan 9 kelompok variasi perlakuan sehingga besar sampel secara keseluruhan adalah 60 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 :

- kerang yang diambil adalah jenis kerang darah yang dijual di pusat perbelanjaan tradisional dan dipilih secara acak.
- kerang darah yang diambil adalah daging kerang darah segar.
- Berat sampel kerang darah yang dibutuhkan tiap perlakuan 250 gram, sehingga berat sampel yang dibutuhkan secara keseluruhan adalah :
60 sampel x 250 gram = 15.000 gram = 15 kg.

3.6. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data primer dilakukan melalui pemeriksaan laboratorium terhadap sampel yang diteliti.

3.6.1. Alat Dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *stirrer chamber unit*, gelas kimia, gelas ukur, alu dan mortar, ayakan 80 mesh, AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*), oven, botol sampel, timbangan analitik, *stopwatch* dan gunting.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkang telur ayam ras, HCl 0,1 M, kertas indikator pH dan kertas saring.

Stirrer chamber yang digunakan dibuat dengan menyediakan bahan antara lain :

Pipa PVC 15" dan 6", motor (diambil dari kipas angin) 3 speed, pipa stainless, lempeng aluminium, laker, dop PVC, kabel dan stop kontak.

3.6.2. Tahapan Penelitian

a. Pembuatan alat *Stirring Chamber*

b. Preparasi Sampel

Kerang darah kondisi *fresh* dicuci bersih menggunakan air mengalir. Rebus kerang darah hingga cangkangnya terbuka. Sisihkan bagian cangkang dengan daging kerang. Daging kerang darah yang dibutuhkan dalam penelitian ini sebanyak 60 sampel, @ 250 gram, sehingga banyaknya kerang darah yang harus disiapkan adalah 15 kg.

c. 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 alu dan mortar. Bubuk cangkang telur kemudian diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Hasil ayakan 100 mesh lalu dilakukan pengayakan dengan ukuran 120 mesh untuk mendapatkan ukuran partikel adsorben kira-kira 110 mesh. Setelah diayak, dipanaskan dengan oven selama 15 menit pada suhu 100 °C.

d. Aktivasi Adsorben secara Kimia

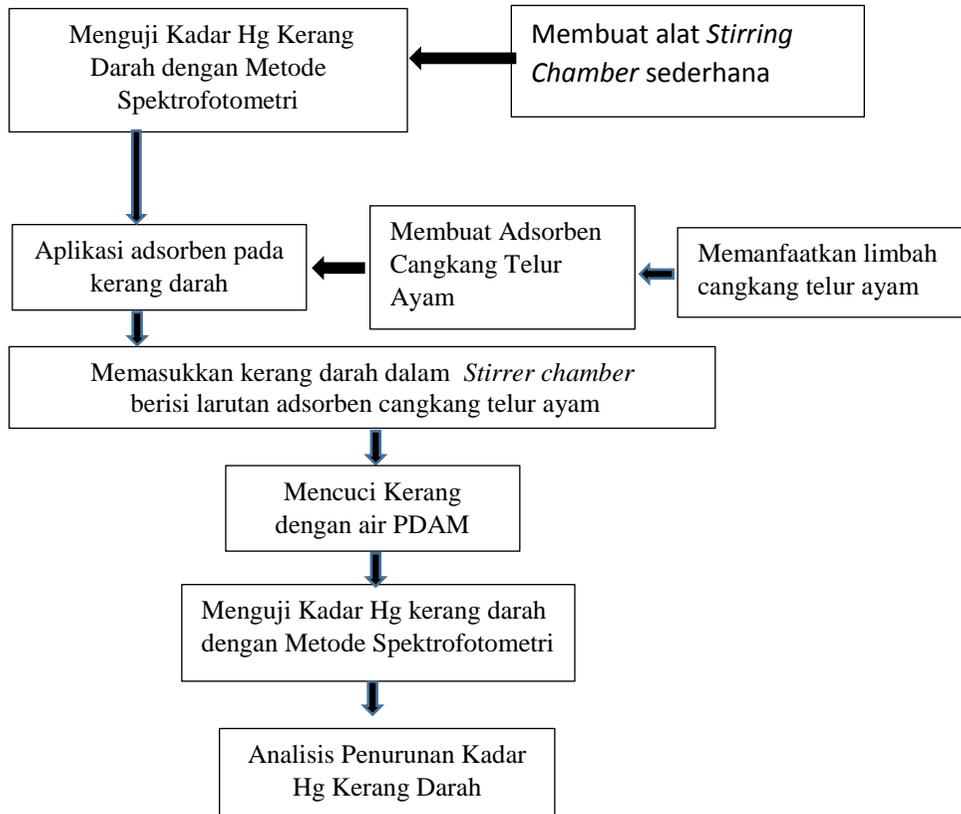
Adsorben direndam di dalam larutan HCl 0,1 M selama 48 jam, kemudian ditiriskan, disaring dan dicuci dengan akuades hingga pH-nya netral (pH=7). Setelah pH-nya netral, adsorben kemudian dioven selama 30 menit dengan suhu 100 °C.

e. Proses Adsorpsi

Adsorben ditimbang sebanyak 25 gram, 50 gram dan 75 gram larutkan masing-masing ke dalam 1 liter aquadest. Siapkan kerang seberat 250 gram tiap-tiap perlakuan. Masukkan aquades 1 liter yang mengandung adsorben ke dalam alat *stirring chamber*. Masukkan sampel berupa kerang darah seberat 250 gram ke dalam masing-masing perlakuan. Lakukan pengadukan melalui alat *stirring chamber*, aduk selama 15 menit, 30 menit dan 45 menit. Sampel kemudian dianalisa dengan AAS untuk mengetahui kadar Hg.

3.7. Kerangka Operasional Penelitian

Kerangka operasional secara umum dapat dilihat pada gambar 3.1. berikut ini :



Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian Secara Umum

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

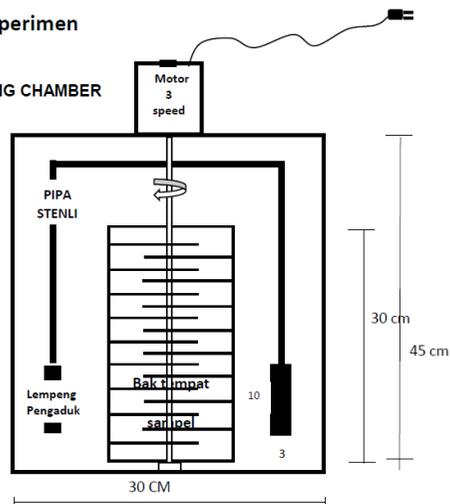
TAHAP I : PERSIAPAN

A. PEMBUATAN ALAT *STIRRING CHAMBER*

1. Menyiapkan peralatan, terdiri dari:
 - a. Pipa PVC diameter 4" 1 lonjor
 - b. Pipa PVC 2" sebanyak 1.5 meter
 - c. Batang stainless steel untuk pengaduk
 - d. Motor pengaduk (menggunakan motor blender bekas)
 - e. Pengatur kecepatan
 - f. Kayu (untuk penyangga)
 - g. Mesin dan mata bor
 - h. Lem sebagian
 - i. Kabel
 - j. Lempeng aluminium (sayap pengaduk)
2. Tahapan pembuatan:
 - a. Potong pipa PVC sesuai ukuran
 - b. Lubangi PVC 2" untuk chamber bagian dalam
 - c. Rangkai motor, kabel penghubung, dan pengatur kecepatan putar
 - d. Rangkai Pipa dengan pengaduk dan motor, serta pengatur kecepatan putar pada rangka penyangga kayu yang telah disiapkan
 - e. Uji coba alat pengaduk (*Stirring Chamber*)

Gambar desain eksperimen

BAK PENGADUK / MIXING CHAMBER



Gambar 3.2. Desain alat *Stirring Chamber*

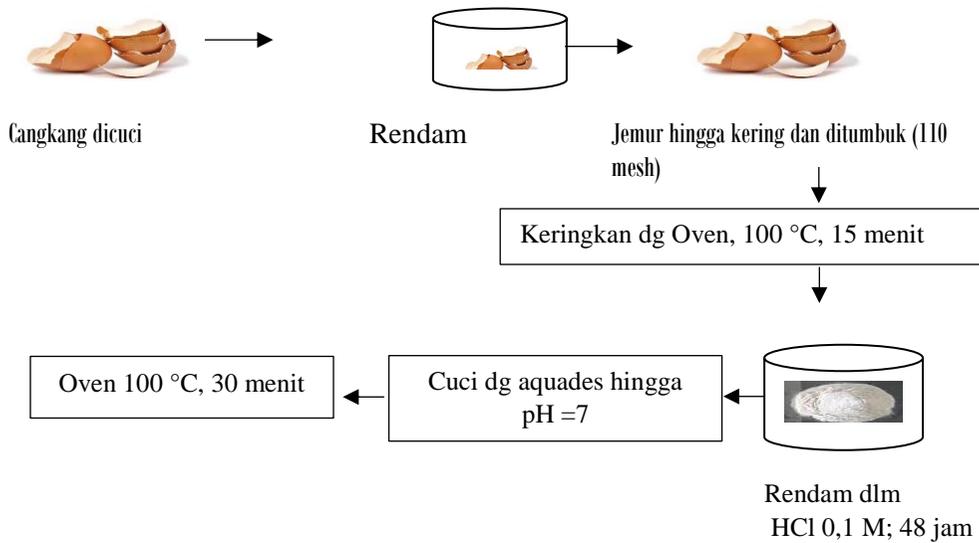


Gambar 3.3 Proses Pembuatan Alat

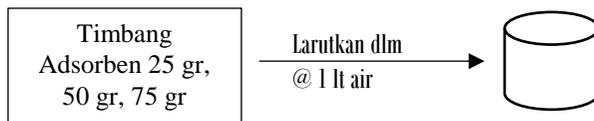


Gambar 3.4 Uji Coba Alat

B. PEMBUATAN ADSORBEN



C. PEMBUATAN LARUTAN



TAHAP II : PELAKSANAAN UJI COBA
REPLIKASI 1 :

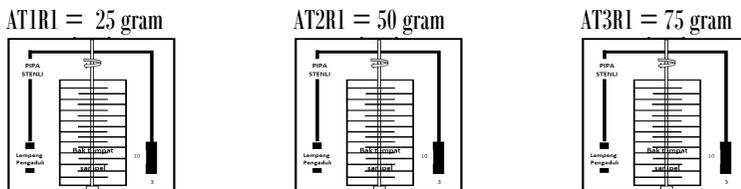
KELOMPOK 1 : tanpa pemberian Adsorben dan tanpa pengadukan



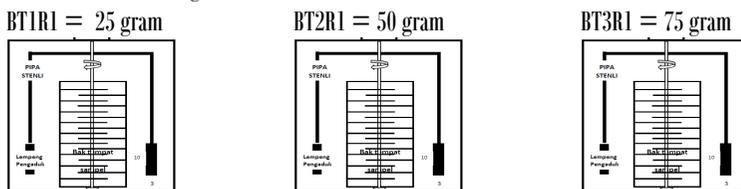
KELOMPOK 2 : PERLAKUAN

A. REPLIKASI I

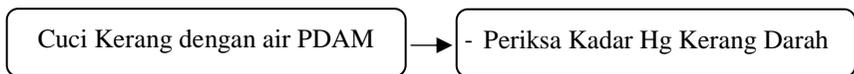
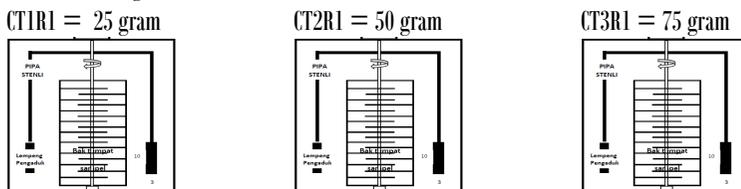
A. Waktu Pengadukan 15 menit



B. Waktu Pengadukan 30 menit



C. Waktu Pengadukan 45 menit



Keterangan :

K = Kontrol

A, B, C = Waktu pengadukan (15 menit, 30 menit, 45 menit).

T_{1,2,3} = Berat Adsorben 25 gr, 50 gr, 75 gr

R_{1,} = Replikasi ke 1, dst

TAHAP III :

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

Gambar 3.2. Model Alat “Stirring Chamber”**3.9. Teknik Pengumpulan Dan 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 sebelum dan sesudah perlakuan beberapa dosis dan waktu pengadukan terhadap kadar Hg kerang darah menggunakan *paired t test*. Uji ini dilakukan dengan membandingkan rata-rata nilai *pre test* dan rata-rata nilai *post test* dari 1 sampel. Analisis varian dilakukan guna mengetahui perbedaan antar kelompok yang diberi perlakuan dosis dan waktu pengadukan. Alternatif uji dilakukan jika diketahui persyaratan untuk uji tersebut tidak terpenuhi.

BAB IV HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisis

Tahapan penelitian telah dilaksanakan dalam penelitian ini dengan memanfaatkan kulit telur ayam sebagai adsorben dalam menurunkan kadar Hg pada kerang melalui rekayasa alat *Stirrer chamber* yakni kulit telur ayam sebagai bahan baku pembuatan adsorben telah dibersihkan dari lapisan membrane kulit dan telah digerus dan dilakukan pengayakan dengan ukuran 120 mesh. Aktivasi adsorben dari cangkang telur menggunakan HCl 0,1 M selama 48 jam.

Pembuatan alat "Stirrer Chamber" berjumlah 3 unit. Alat tersebut dibuat dengan memanfaatkan pipa paralon dengan spesifikasi : 1) Chambar terdiri dari Pipa PVC berdiameter 4 inci (4") setinggi kurang lebih 30 cm. Di bagian dalam terdapat dua ruang yang dibatasi dengan pipa PVC berdiameter 1.5 inci (1,5") yang dindingnya diberi lubang. Ruang dalam pipa PVC yang kecil berfungsi untuk tempat sampel kerang sedangkan ruang diluar pipa kecil diisi air larutan yang berisi adsorben cangkang telur. 2) Pengaduk terdapat di ruang dalam maupun bagian luar pipa PVC yang kecil. 3) Pengadukan pada stirrer chamber ini digerakkan oleh motor berasal dari motor bekas blender buah yang kecepatannya bisa diatur dengan switch pengatur kecepatan.

4.1.1 Perbedaan Kadar Hg Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Sebelum Dan Sesudah Perlakuan

Kerang darah segar yang digunakan ditimbang sebanyak 250 gram untuk masing-masing perlakuan dimasukkan ke dalam Stirring chamber yang berisi air mengandung adsorben yang disebut kelompok perlakuan dan air yang tidak mengandung adsorben yang disebut dengan kelompok kontrol. Kedua kelompok kemudian dilakukan pemeriksaan kadar Hg dengan menggunakan metode spektrofotometri AAS. Adapun hasil pemeriksaan kadar Hg kerang darah adalah sebagai berikut :

4.1.1.1 Kadar Hg Kerang Darah Sebelum Perlakuan (Kontrol)

Kerang darah segar yang diuji merupakan control dengan perlakuan tanpa penambahan adsorben cangkang telur ayam dalam air yang diaduk dalam waktu 15 menit, 30 menit dan 45 menit. Adapun hasil pengujian dapat ditunjukkan dalam tabel IV.1 berikut ini :

Tabel IV. 1

KADAR HG KERANG DARAH SEBELUM PENGADUKAN MENGGUNAKAN ADSORBEN CANGKANG TELUR AYAM DALAM ALAT STIRRING CHAMBER

Kode Sampel	Kadar Hg Kerang Darah pada Replikasi ke					Jumlah (ppm)	Rerata (ppm)
	1	2	3	4	5		
AK	0,650	0,674	0,639	0,660	0,683	3,306	0,661
BK	0,613	0,624	0,608	0,637	0,600	3,082	0,616
CK	0,597	0,585	0,573	0,591	0,562	2,908	0,582
Jumlah	1,860	1,883	1,820	1,888	1,845	9,296	0,620

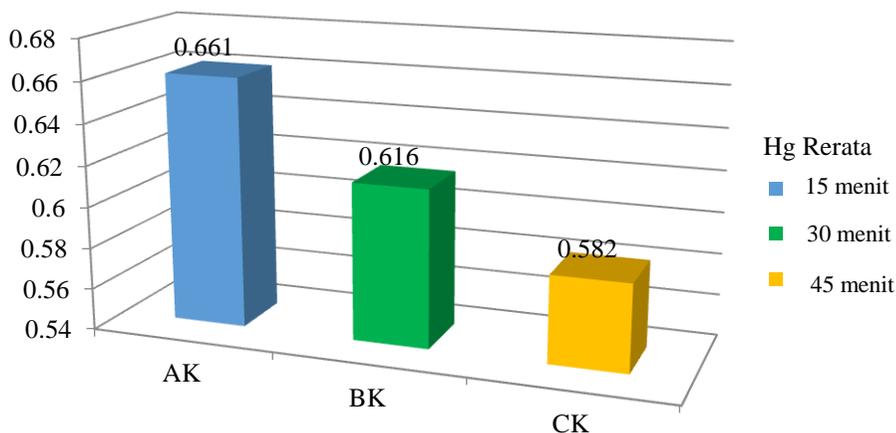
Keterangan :

AK = Kontrol tanpa adsorben dengan waktu pengadukan 15 menit.

BK = Kontrol tanpa adsorben dengan waktu pengadukan 30 menit.

CK = Kontrol tanpa adsorben dengan waktu pengadukan 45 menit.

Tabel IV.1 diatas menunjukkan jumlah tertinggi kadar Hg pada sampel berkode AK dengan waktu pengadukan 15 menit yakni 3,306 ppm dengan rerata 0,661 ppm dan yang terendah pada sampel berkode CK dengan waktu pengadukan 45 menit yakni 2,908 ppm dengan rerata 0,582 ppm. Rerata kadar Hg kerang darah sebelum perlakuan 0,620 ppm. Adapun kadar Hg rerata dalam kerang pada control dalam 5 kali replikasi dapat dilihat pada grafik batang berikut ini :



Gambar 4.1 . Rerata Kadar Hg Kerang Darah Sebelum Pengadukan Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Ayam Dalam Alat Stirring Chamber

Grafik 4.1 diatas menunjukkan rerata kadar Hg kerang darah pada control berdasarkan variasi waktu pengadukan. Rerata kadar Hg tertinggi ditunjukkan pada kode AK dengan waktu pengadukan 15 menit yakni sebesar 0,661 ppm, sedangkan rerata kadar Hg terendah ditunjukkan pada kode CK dengan waktu pengadukan 45 menit, yakni sebesar 0,582 ppm.

4.1.1.2 Kadar Hg Kerang Darah Sesudah Perlakuan

1. Kadar Hg Kerang Darah Sesudah Perlakuan Berdasarkan Variasi Dosis Adsorben dengan Waktu Pengadukan Tertentu
2. Kadar Hg kerang darah pada waktu pengadukan 15 menit dengan variasi dosis adsorben 25 gram, 50 gram dan 75 gram

Berikut ini merupakan hasil pemeriksaan kadar Hg kerang darah yang telah melalui tahap perlakuan penambahan adsorben 25 gram, 50 gram dan 75 gram dalam waktu pengadukan 15 menit.

Tabel IV.2
KADAR Hg KERANG DARAH BERDASARKAN DOSIS ADSORBEN CANGKANG TELUR AYAM PADA WAKTU PENGADUKAN 15 MENIT

Kode Sampel	Kadar Hg Kerang Darah pada Replikasi ke					Jumlah (ppm)	Rerata (ppm)
	1	2	3	4	5		
AW1	0,528	0,540	0,533	0,517	0,544	2,662	0,532
AW2	0,472	0,476	0,461	0,441	0,479	2,329	0,466
AW3	0,401	0,415	0,390	0,367	0,423	1,996	0,399

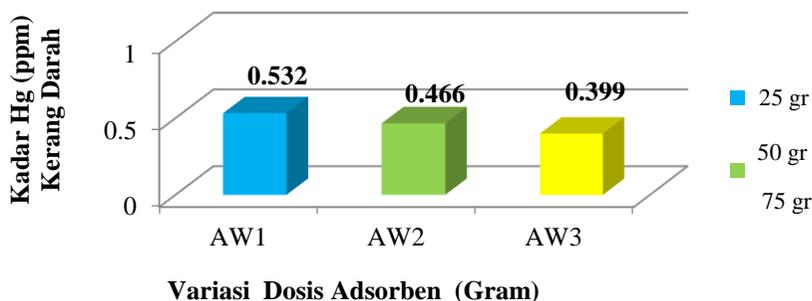
Keterangan :

AW1 = Pengadukan 15 menit, adsorben 25 gram

AW2 = Pengadukan 15 menit, adsorben 50 gram

AW3 = Pengadukan 15 menit, adsorben 75 gram

Tabel IV.2 diatas menunjukkan dalam waktu pengadukan 15 menit menghasilkan kadar Hg tertinggi pada sampel berkode AW1 dengan penambahan adsorben cangkang telur ayam sebanyak 25 gram yakni 2,662 ppm sedangkan kadar Hg terendah pada sampel berkode AW3 dengan penambahan adsorben sebanyak 75 gram yakni 1,996 ppm. Adapun perbedaan rerata kadar Hg dalam kerang yang diberi perlakuan pengadukan selama 15 menit dengan variasi dosis adsorben yang berbeda dapat dilihat pada grafik berikut ini :



Gambar 4.2. Kadar Hg Kerang Darah Berdasarkan Dosis Adsorben Cangkang Telur Ayam 25 gram, 50 gram dan 75 gram dalam Waktu Pengadukan 15 Menit

Gambar 4.2 diatas menunjukkan rerata kadar Hg kerang darah berdasarkan variasi dosis adsorben cangkang telur ayam yang digunakan dalam proses pengadukan dalam waktu 15 menit. Rerata kadar Hg tertinggi ditunjukkan pada kode AW1 dengan dosis adsorben sebanyak 25 gram yakni sebesar 0,532 ppm, sedangkan rerata kadar Hg terendah ditunjukkan pada kode AW3 dengan dosis adsorben 75 gram, yakni sebesar 0,399 ppm. Hal ini menunjukkan penurunan kadar Hg kerang darah semakin tinggi dengan semakin bertambahnya dosis adsorben dalam waktu pengadukan 15 menit.

3. Kadar Hg kerang darah pada waktu pengadukan 30 menit dengan variasi dosis adsorben 25 gram, 50 gram dan 75 gram

Berikut ini merupakan hasil pemeriksaan kadar Hg kerang darah yang telah melalui tahap perlakuan penambahan adsorben 25 gram, 50 gram dan 75 gram dalam waktu pengadukan 30 menit.

Tabel IV.3
KADAR Hg KERANG DARAH BERDASARKAN DOSIS ADSORBEN CANGKANG TELUR AYAM PADA WAKTU
PENGADUKAN 30 MENIT

Kode Sampel	Kadar Hg Kerang Darah pada Replikasi ke					Jumlah (ppm)	Rerata (ppm)
	1	2	3	4	5		
BW1	0,250	0,246	0,267	0,224	0,252	1,239	0,248
BW2	0,219	0,225	0,216	0,198	0,211	1,069	0,214
BW3	0,137	0,150	0,094	0,123	0,158	0,662	0,132

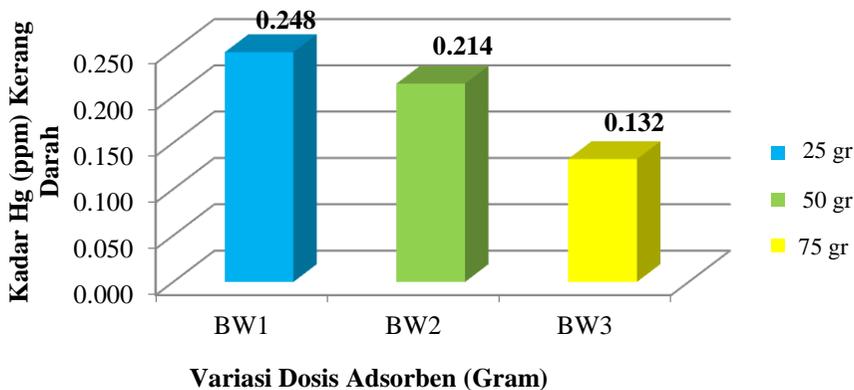
Keterangan :

BW1 = Pengadukan 30 menit, adsorben 25 gram

BW2 = Pengadukan 30 menit, adsorben 50 gram

BW3 = Pengadukan 30 menit, adsorben 75 gram

Tabel IV.3 diatas menunjukkan dalam waktu pengadukan 30 menit menghasilkan kadar Hg tertinggi pada sampel berkode BW1 dengan penambahan adsorben cangkang telur ayam sebanyak 25 gram yakni 1,239 ppm sedangkan kadar Hg terendah pada sampel berkode BW3 dengan penambahan adsorben sebanyak 75 gram yakni 0,662 ppm. Adapun perbedaan rerata kadar Hg dalam kerang yang diberi perlakuan pengadukan selama 30 menit dengan variasi dosis adsorben 25gram, 50 gram dan 75 gram dapat dilihat pada grafik berikut ini :



Gambar 4.3. Kadar Hg Kerang Darah Berdasarkan Dosis Adsorben Cangkang Telur Ayam 25 gram, 50 gram dan 75 gram dalam Waktu Pengadukan 30 Menit

Gambar 4.3 diatas menunjukkan rerata kadar Hg kerang darah berdasarkan variasi dosis adsorben cangkang telur ayam yang digunakan dalam proses pengadukan dalam selama waktu 30 menit. Rerata kadar Hg tertinggi yang dilakukan pengadukan selama 30 menit ditunjukkan pada kode BW1 dengan berat adsorben sebanyak 25 gram yakni sebesar 0,248 ppm, sedangkan rerata kadar Hg terendah ditunjukkan pada kode BW3 dengan berat adsorben 75 gram yakni sebesar 0,132 ppm. Hal ini menunjukkan penurunan kadar Hg kerang darah semakin tinggi dengan semakin bertambahnya dosis adsorben dalam waktu pengadukan 30 menit.

4. Kadar Hg kerang darah pada waktu pengadukan 45 menit dengan variasi dosis adsorben 25 gram, 50 gram dan 75 gram

Berikut ini merupakan hasil pemeriksaan kadar Hg kerang darah yang telah melalui tahap perlakuan penambahan adsorben 25 gram, 50 gram dan 75 gram dalam waktu pengadukan 45 menit.

Tabel IV.4
KADAR HG KERANG DARAH BERDASARKAN DOSIS ADSORBEN CANGKANG TELUR AYAM PADA WAKTU PENGADUKAN 45 MENIT

Kode Sampel	Kadar Hg Kerang Darah pada Replikasi ke					Jumlah (ppm)	Rerata (ppm)
	1	2	3	4	5		
CW1	0,095	0,074	0,080	0,091	0,065	0,405	0,081
CW2	0,050	0,063	0,042	0,056	0,058	0,269	0,054
CW3	0,020	0,015	0,009	0,011	0,007	0,062	0,012

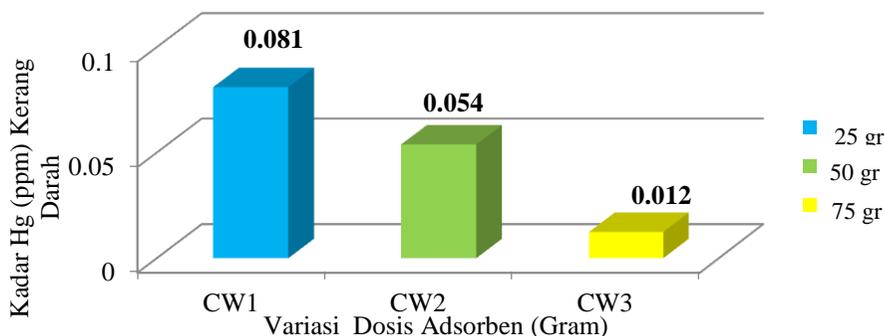
Keterangan :

CW1 = Pengadukan 45 menit, adsorben 25 gram

CW2 = Pengadukan 45 menit, adsorben 50 gram

CW3 = Pengadukan 45 menit, adsorben 75 gram

Tabel IV.4 diatas menunjukkan dalam waktu pengadukan 45 menit menghasilkan kadar Hg tertinggi pada sampel berkode CW1 dengan penambahan adsorben cangkang telur ayam sebanyak 25 gram yakni 0,405 ppm sedangkan kadar Hg terendah pada sampel berkode CW3 dengan penambahan adsorben sebanyak 75 gram yakni 0,062 ppm. Adapun perbedaan rerata kadar Hg dalam kerang yang diberi perlakuan pengadukan selama 45 menit dengan variasi dosis adsorben 25gram, 50 gram dan 75 gram dapat dilihat pada grafik berikut ini :



Gambar 4.4. Kadar Hg Kerang Darah Berdasarkan Dosis Adsorben Cangkang Telur Ayam 25 gram, 50 gram dan 75 gram dalam Waktu Pengadukan 45 Menit

Gambar 4.4 diatas menunjukkan rerata kadar Hg kerang darah berdasarkan variasi dosis adsorben cangkang telur ayam yang digunakan dalam proses pengadukan dalam waktu 45 menit. Rerata kadar Hg tertinggi ditunjukkan pada kode CW1 dengan dosis adsorben sebanyak 25 gram yakni sebesar 0,081 ppm, sedangkan rerata kadar Hg terendah ditunjukkan pada kode CW3 dengan dosis adsorben 75 gram, yakni sebesar 0,012 ppm. Hal ini menunjukkan penurunan kadar Hg kerang darah semakin tinggi dengan semakin bertambahnya dosis adsorben dalam waktu pengadukan 45 menit.

b. Kadar Hg Kerang Darah Sesudah Perlakuan Berdasarkan Variasi Waktu Pengadukan dengan Dosis Adsorben Tertentu

1) Kadar Hg pada dosis adsorben 25 gram dengan variasi waktu pengadukan 15 menit, 30 menit dan 45 menit Berikut ini merupakan hasil pemeriksaan kadar Hg kerang darah yang telah melalui tahap perlakuan penambahan adsorben 25 gram dengan waktu pengadukan 15 menit, 30 menit dan 45 menit.

Tabel IV.5

KADAR Hg KERANG DARAH MENGGUNAKAN ADSORBEN 25 GRAM DENGAN 3 VARIASI WAKTU PENGADUKAN

Kode Sampel	Kadar Hg Kerang Darah pada Replikasi ke					Jumlah (ppm)	Rerata (ppm)
	1	2	3	4	5		
AW1	0,528	0,540	0,533	0,517	0,544	2,662	0,532
BW1	0,250	0,246	0,267	0,224	0,252	1,239	0,248
CW1	0,095	0,074	0,080	0,091	0,065	0,405	0,081

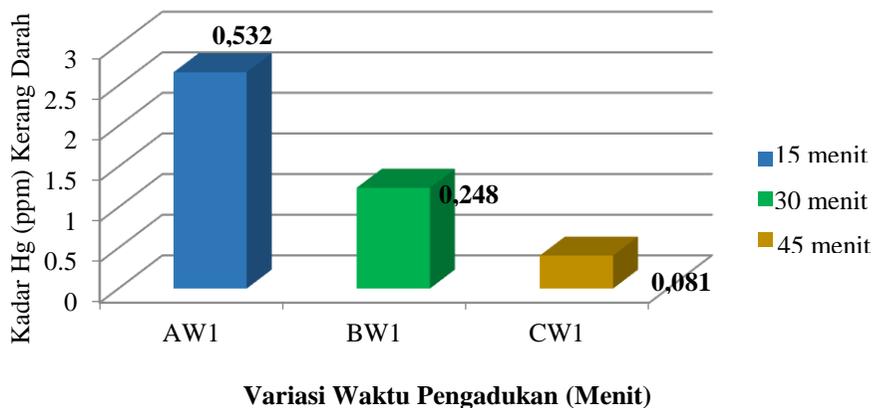
Keterangan :

AW1 = Pengadukan 15 menit, adsorben 25 gram

BW1 = Pengadukan 30 menit, adsorben 25 gram

CW1 = Pengadukan 45 menit, adsorben 25 gram

Tabel IV.5 diatas menunjukkan dengan penambahan adsorben sebanyak 25 gram yang diujicobakan sebanyak 5 kali menghasilkan jumlah kadar Hg tertinggi pada sampel berkode AW1 dengan waktu pengadukan 15 menit yakni 2,662 ppm sedangkan jumlah kadar Hg kerang darah terendah pada sampel berkode CW1 dengan waktu pengadukan 45 menit yakni 0,405 ppm. Adapun perbedaan rerata kadar Hg dalam kerang darah yang diberi perlakuan penambahan 25 gram adsorben dengan berbagai variasi waktu pengadukan yang berbeda dapat dilihat pada grafik berikut ini :



Gambar 4.5. Kadar Hg Kerang Darah Menggunakan Adsorben 25 Gram Dengan Waktu Pengadukan 15 Menit, 30 Menit dan 45 Menit

Gambar 4.5 diatas menunjukkan rerata kadar Hg kerang darah berdasarkan variasi waktu pengadukan dengan dosis adsorben 25 gram. Rerata kadar Hg tertinggi ditunjukkan pada kode AW1 dengan waktu pengadukan 15 menit yakni sebesar 0,532 ppm, sedangkan rerata kadar Hg terendah ditunjukkan pada kode CW1 dengan waktu pengadukan 45 menit, yakni sebesar 0,081 ppm. Hal ini menunjukkan penurunan kadar Hg kerang darah semakin tinggi dengan semakin lamanya waktu pengadukan pada dosis adsorben 25 gram.

2) Kadar Hg kerang darah pada dosis adsorben 50 gram dengan variasi waktu pengadukan 15 menit, 30 menit dan 45 menit

Berikut ini merupakan hasil pemeriksaan kadar Hg kerang darah yang telah melalui tahap perlakuan penambahan adsorben 50 gram dengan waktu pengadukan 15 menit, 30 menit dan 45 menit.

Tabel IV.6

KADAR Hg KERANG DARAH MENGGUNAKAN ADSORBEN 50 GRAM DENGAN 3 VARIASI WAKTU PENGADUKAN

Kode Sampel	Kadar Hg Kerang Darah pada Replikasi ke					Jumlah (ppm)	Rerata (ppm)
	1	2	3	4	5		
AW2	0,472	0,476	0,461	0,441	0,479	2,329	0,466
BW2	0,219	0,225	0,216	0,198	0,211	1,069	0,214
CW2	0,050	0,063	0,042	0,056	0,058	0,269	0,054

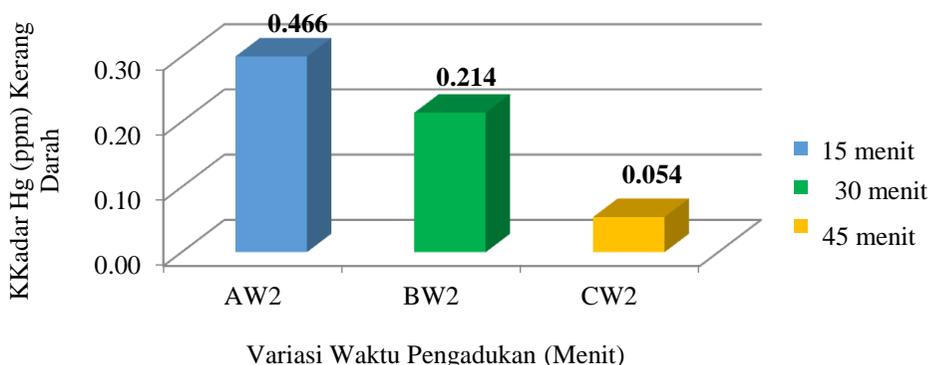
Keterangan :

AW1 = Pengadukan 15 menit, adsorben 50 gram

BW1 = Pengadukan 30 menit, adsorben 50 gram

CW1 = Pengadukan 45 menit, adsorben 50 gram

Tabel IV.6 diatas menunjukkan dengan penambahan adsorben sebanyak 50 gram yang diujicobakan sebanyak 5 kali menghasilkan jumlah kadar Hg tertinggi pada sampel berkode AW2 dengan waktu pengadukan 15 menit yakni 2,329 ppm sedangkan jumlah kadar Hg terendah pada sampel berkode CW2 dengan waktu pengadukan 45 menit yakni 0,269 ppm. Adapun perbedaan rerata kadar Hg dalam kerang yang diberi perlakuan penambahan 50 gram adsorben dengan berbagai variasi waktu pengadukan yang berbeda dapat dilihat pada grafik berikut ini :



Gambar 4.6. Kadar Hg Kerang Darah Menggunakan Adsorben 50 gr dengan Waktu Pengadukan 15 Menit, 30 Menit dan 45 Menit

Gambar 4.6 diatas menunjukkan rerata kadar Hg kerang darah berdasarkan variasi waktu pengadukan dengan dosis adsorben 50 gram. Rerata kadar Hg tertinggi ditunjukkan pada kode AW2 dengan waktu pengadukan 15

menit yakni sebesar 0,466 ppm, sedangkan rerata kadar Hg terendah ditunjukkan pada kode CW2 dengan waktu pengadukan 45 menit, yakni sebesar 0,054 ppm. Hal ini menunjukkan penurunan kadar Hg kerang darah semakin tinggi dengan semakin lamanya waktu pengadukan pada dosis adsorben 50 gram.

3) Kadar Hg kerang darah pada dosis adsorben 75 gram dengan variasi waktu pengadukan 15 menit, 30 menit, dan 45 menit

Berikut ini merupakan hasil pemeriksaan kadar Hg kerang darah yang telah melalui tahap perlakuan penambahan adsorben 75 gram dengan waktu pengadukan 15 menit, 30 menit dan 45 menit.

Tabel IV.7
KADAR Hg KERANG DARAH MENGGUNAKAN ADSORBEN 75 GRAM BERDASARKAN VARIASI WAKTU PENGADUKAN

Kode Sampel	Kadar Hg Kerang Darah pada Replikasi ke					Jumlah (ppm)	Rerata (ppm)
	1	2	3	4	5		
AW3	0,401	0,415	0,390	0,367	0,423	1,996	0,399
BW3	0,137	0,150	0,094	0,123	0,158	0,662	0,132
CW3	0,020	0,015	0,009	0,011	0,017	0,072	0,014

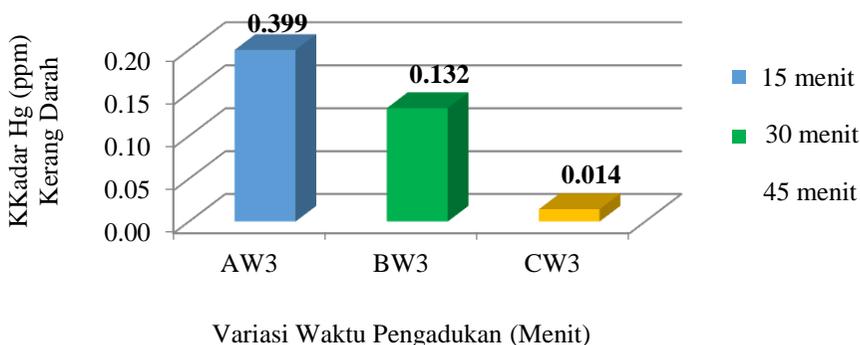
Keterangan :

AW1 = Pengadukan 15 menit, adsorben 75 gram

BW1 = Pengadukan 30 menit, adsorben 75 gram

CW1 = Pengadukan 45 menit, adsorben 75 gram

Tabel IV.7 diatas menunjukkan dengan penambahan adsorben sebanyak 75 gram yang diujicobakan sebanyak 5 kali menghasilkan jumlah kadar Hg tertinggi pada sampel berkode AW3 dengan waktu pengadukan 15 menit yakni 1,996 ppm sedangkan jumlah kadar Hg terendah pada sampel berkode CW3 dengan waktu pengadukan 45 menit yakni 0,072 ppm. Adapun perbedaan rerata kadar Hg dalam kerang yang diberi perlakuan penambahan 75 gram adsorben dengan berbagai variasi waktu pengadukan yang berbeda dapat dilihat pada grafik berikut ini :



Gambar 4.7. Kadar Hg Kerang Darah Menggunakan Adsorben 75 gr dengan Waktu Pengadukan 15 Menit, 30 Menit dan 45 Menit

Gambar 4.7 diatas menunjukkan rerata kadar Hg kerang darah berdasarkan variasi waktu pengadukan dengan dosis adsorben 75 gram. Rerata kadar Hg tertinggi ditunjukkan pada kode AW3 dengan waktu pengadukan 15 menit yakni sebesar 0,399 ppm, sedangkan rerata kadar Hg terendah ditunjukkan pada

kode CW3 dengan waktu pengadukan 45 menit, yakni sebesar 0,014 ppm. Hal ini menunjukkan penurunan kadar Hg kerang darah semakin tinggi dengan semakin lamanya waktu pengadukan pada dosis adsorben 75 gram.

4.1.1.3 Perbedaan Rerata Kadar Hg Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Sebelum Dan Sesudah Perlakuan

Perbedaan kadar Hg kerang darah melalui tahapan pengadukan dan pemberian adsorben cangkang telur ayam dapat terlihat jika dibandingkan dengan kadar Hg kerang darah yang berperan sebagai kontrol.

Berikut perbedaan rerata kadar Hg sebelum dan sesudah pengadukan dan pemberian adsorben

a. Perbedaan Rerata Kadar Hg Sebelum Dan Sesudah Perlakuan Berdasarkan Variasi Dosis Adsorben dengan Waktu Pengadukan Tertentu

1) Perbedaan Rerata Kadar Hg Sebelum dan Sesudah Pengadukan 15 Menit dengan Dosis Adsorben 25 gram, 50 Gram dan 75 gram

Kadar Hg kerang darah sebelum dan sesudah pengadukan 15 menit berdasarkan variasi dosis adsorben dapat dilihat pada tabel IV.8 berikut ini :

Tabel IV.8

PERBEDAAN RERATA KADAR Hg SEBELUM DAN SESUDAH PENGADUKAN 15 MENIT BERDASARKAN VARIASI DOSIS ADSORBEN

Sampel	Kadar Hg Rerata ppm)		Perbedaan (ppm)	Persentase (%)
	Sebelum	Sesudah		
W1	0,661	0,532	0,129	19,52
W2	0,616	0,248	0,368	59,74
W3	0,582	0,081	0,501	86,08
Jumlah	1,859	0,861	0,998	53,68

Keterangan :

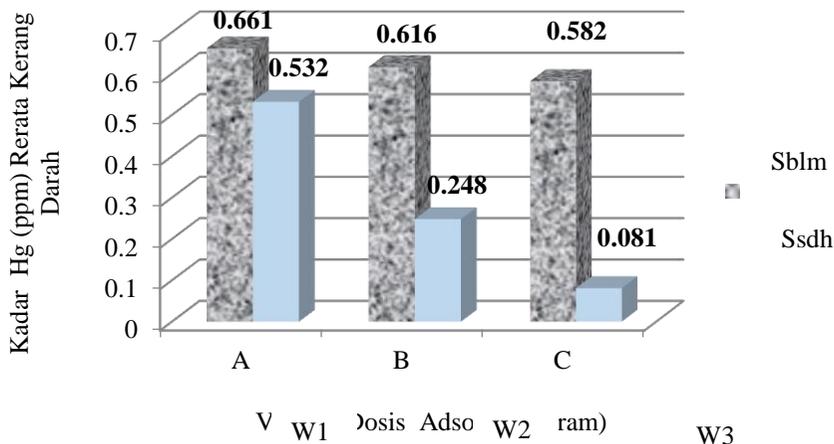
W1 = Dosis adsorben 25 gram

W2 = Dosis adsorben 50 gram

W3 = Dosis adsorben 75 gram

Tabel IV.8 menunjukkan perbedaan rerata kadar Hg kerang darah sebelum dan sesudah diberikan adsorben yakni sebesar 0,998 ppm (53,68%). Perbedaan tertinggi kadar Hg kerang darah terdapat pada kode sampel W3, yaitu sebelum dan sesudah diberikan adsorben dengan dosis 75 gram dalam waktu pengadukan 15 menit yakni sebesar 0,501 ppm (86,08%) dan diikuti sampel W2 (dosis adsorben 50 gram) dan W1 (dosis adsorben 25 gram) secara berurutan.

Adanya penurunan kadar Hg kerang darah sebelum dan sesudah perlakuan pengadukan 15 menit dengan variasi dosis adsorben 25 gram, 50 gram dan 75 gram lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar IV.8 berikut ini :



Gambar IV.8. Perbedaan Rerata Kadar Hg Kerang Darah Sebelum dan Sesudah Pengadukan 15 Menit Berdasarkan Variasi Dosis Adsorben 25 Gram, 50 Gram dan 75 Gram

Berdasarkan uji *paired t-test* antara kelompok sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan pengadukan 15 menit berdasarkan dosis adsorben 25 gram (W1), 50 gram (W2) dan 75 gram (W3) diperoleh $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$ (lampiran 2). Ini menunjukkan bahwa ada perbedaan penurunan secara signifikan kadar Hg kerang darah antara kelompok sebelum dengan sesudah perlakuan pengadukan berdasarkan variasi dosis adsorben. Penurunan tertinggi pada kelompok yang diberi perlakuan pengadukan 15 menit pada dosis adsorben 75 gram (W3), yaitu sebesar 0,501 ppm (86,08%), diikuti sampel berkode W2 (dosis 50 gram) yakni sebesar 0,368 ppm (59,74%) dan W1 (dosis 25 gram) yakni sebesar 0,129 ppm (19,52%) secara berurutan. Hasil ini membuktikan bahwa semakin tinggi dosis adsorben yang digunakan maka akan terjadi penurunan kadar Hg kerang darah yang semakin besar.

2) Perbedaan Rerata Kadar Hg Sebelum dan Sesudah Pengadukan 30 Menit dengan Dosis Adsorben 25 gram, 50 Gram dan 75 gram

Kadar Hg kerang darah sebelum dan sesudah pengadukan 30 menit berdasarkan variasi dosis adsorben dapat dilihat pada tabel IV.9 berikut ini :

Tabel IV.9
PERBEDAAN RERATA KADAR Hg SEBELUM DAN SESUDAH PENGADUKAN 30 MENIT BERDASARKAN VARIASI DOSIS ADSORBEN

Sampel	Kadar Hg Rerata (ppm)		Perbedaan (ppm)	Persentase (%)
	Sebelum	Sesudah		
W1	0,661	0,248	0,413	62,48
W2	0,616	0,214	0,402	65,27
W3	0,582	0,132	0,450	77,32
Jumlah	1,859	0,594	1,265	68,05

Keterangan :

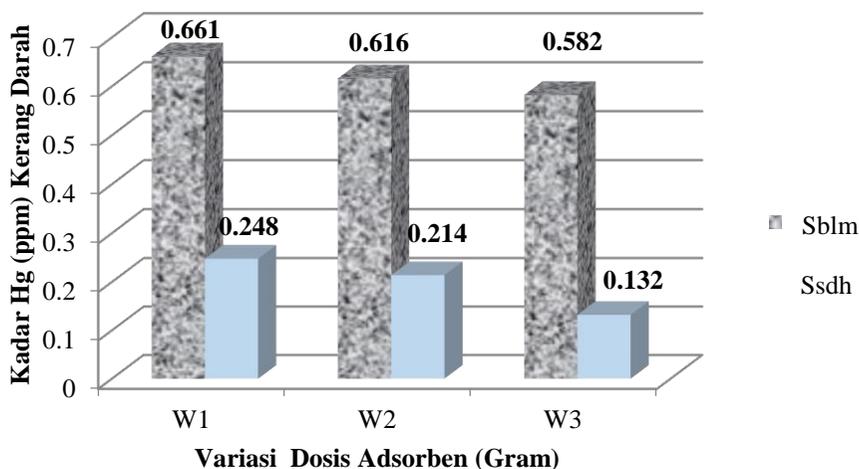
W1 = Dosis adsorben 25 gram

W2 = Dosis adsorben 50 gram

W3 = Dosis adsorben 75 gram

Tabel IV.9 menunjukkan perbedaan rerata kadar Hg kerang darah sebelum dan sesudah diberikan adsorben yakni sebesar 1,265 ppm (68,05%). Perbedaan tertinggi kadar Hg kerang darah terdapat pada kode sampel W3, yaitu sebelum dan sesudah diberikan adsorben dengan dosis 75 gram dalam waktu pengadukan 30 menit yakni sebesar 0,450 ppm (77,32%).

Adanya penurunan kadar Hg kerang darah sebelum dan sesudah perlakuan pengadukan 30 menit dengan variasi dosis adsorben 25 gram, 50 gram dan 75 gram lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar IV.12 berikut ini :



Gambar IV.9. Perbedaan Rerata Kadar Hg Kerang Darah Sebelum dan Sesudah Pengadukan 30 Menit Berdasarkan Variasi Dosis Adsorben 25 Gram, 50 Gram dan 75 Gram

Berdasarkan uji *paired t-test* antara kelompok sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan pengadukan 30 menit berdasarkan dosis adsorben 25 gram (W1), 50 gram (W2) dan 75 gram (W3) diperoleh $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$ (lampiran 2). Ini menunjukkan bahwa ada perbedaan penurunan secara signifikan kadar Hg kerang darah antara kelompok sebelum dengan sesudah perlakuan pengadukan 30 menit berdasarkan variasi dosis adsorben. Penurunan tertinggi pada kelompok yang diberi perlakuan pengadukan 30 menit pada dosis adsorben 75 gram (W3), yaitu sebesar 0,450 ppm (77,32%), diikuti sampel berkode W2 (dosis 50 gram) yaitu sebesar 0,402 ppm (65,27%) dan W1 (dosis 25 gram) yaitu sebesar 0,413 ppm (62,48%) secara berurutan. Hasil ini membuktikan bahwa semakin tinggi dosis adsorben yang digunakan maka akan terjadi penurunan kadar Hg kerang darah yang semakin besar.

3) Perbedaan Rerata Kadar Hg Sebelum dan Sesudah Pengadukan 45 Menit Dengan Dosis Adsorben 25 Gram, 50 gram dan 75 Gram

Kadar Hg kerang darah sebelum dan sesudah pengadukan 45 menit berdasarkan variasi dosis adsorben dapat dilihat pada tabel IV.10 berikut ini :

Tabel IV.10
PERBEDAAN RERATA KADAR Hg SEBELUM DAN SESUDAH PENGADUKAN 45 MENIT BERDASARKAN VARIASI DOSIS ADSORBEN

Sampel	Kadar Hg Rerata (ppm)		Perbedaan (ppm)	Persentase (%)
	Sebelum	Sesudah		
W1	0,661	0,405	0,256	38,73
W2	0,616	0,269	0,347	56,33
W3	0,582	0,062	0,520	89,35
Jumlah	1,859	0,736	1,123	60,41

Keterangan :

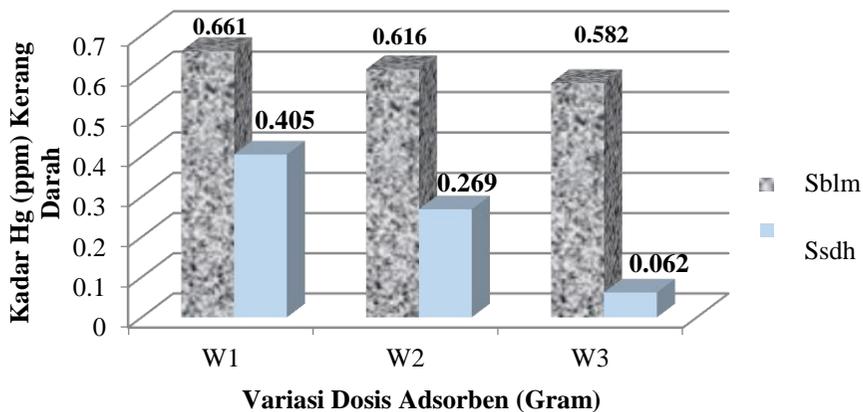
W1 = Dosis adsorben 25 gram

W2 = Dosis adsorben 50 gram

W3 = Dosis adsorben 75 gram

Tabel IV.10 menunjukkan perbedaan rerata kadar Hg kerang darah sebelum dan sesudah diberikan adsorben yakni sebesar 1,123 ppm (60,41 %). Perbedaan tertinggi kadar Hg kerang darah terdapat pada kode sampel W3, yaitu sebelum dan sesudah diberikan adsorben dengan dosis 75 gram dalam waktu pengadukan 45 menit yakni sebesar 0,520 ppm (89,35 %).

Adanya penurunan kadar Hg kerang darah sebelum dan sesudah perlakuan pengadukan 45 menit dengan variasi dosis adsorben 25 gram, 50 gram dan 75 gram lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar IV.10 berikut ini :



Gambar IV.1. Perbedaan Rerata Kadar Hg Kerang Darah Sebelum dan Sesudah Pengadukan 45 Menit Berdasarkan Variasi Dosis Adsorben 25 Gram, 50 Gram dan 75 Gram

Berdasarkan uji *paired t-test* antara kelompok sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan pengadukan 45 menit berdasarkan dosis adsorben 25 gram (W1), 50 gram (W2) dan 75 gram (W3) diperoleh $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$ (lampiran 2). Ini menunjukkan bahwa ada perbedaan penurunan secara signifikan kadar Hg kerang darah antara kelompok sebelum dengan sesudah perlakuan pengadukan 45 menit berdasarkan variasi dosis adsorben. Penurunan tertinggi pada kelompok yang diberi perlakuan pengadukan 30 menit pada dosis adsorben 75 gram (W3), yaitu sebesar 0,520 ppm (89,35%) diikuti sampel berkode W2 (dosis 50 gram) yaitu sebesar 0,347 (56,33%)

dan W1 (dosis 25 gram) sebesar 0,256 ppm (38,73%) secara berurutan. Hasil ini membuktikan bahwa semakin tinggi dosis adsorben yang digunakan maka akan terjadi penurunan kadar Hg kerang darah yang semakin besar.

- b. Perbedaan Rerata Kadar Hg Sebelum Dan Sesudah Penambahan Adsorben Berdasarkan Variasi Waktu Pengadukan
- l) Perbedaan Rerata Kadar Hg Sebelum dan Sesudah Penambahan 25 Gram Adsorben dengan Waktu Pengadukan 15 Menit, 30 Menit dan 45 Menit

Kadar Hg kerang darah sebelum dan sesudah perlakuan pengadukan dan penambahan adsorben cangkang telur ayam 25 gram dapat ditunjukkan dengan melihat rerata dari kedua kelompok sebagai berikut :

Tabel IV.11

PERBEDAAN RERATA KADAR Hg SEBELUM DAN SESUDAH PENGADUKAN DENGAN DOSIS ADSORBEN 25 GRAM

Kode Sampel	Kadar Hg Rerata (ppm)		Perbedaan (ppm)	Persentase (%)
	Sebelum	Sesudah		
A	0,661	0,532	0,129	19,5
B	0,616	0,248	0,368	59,7
C	0,582	0,082	0,500	85,9
Jumlah	1,859	0,862	0,997	53,6

Keterangan :

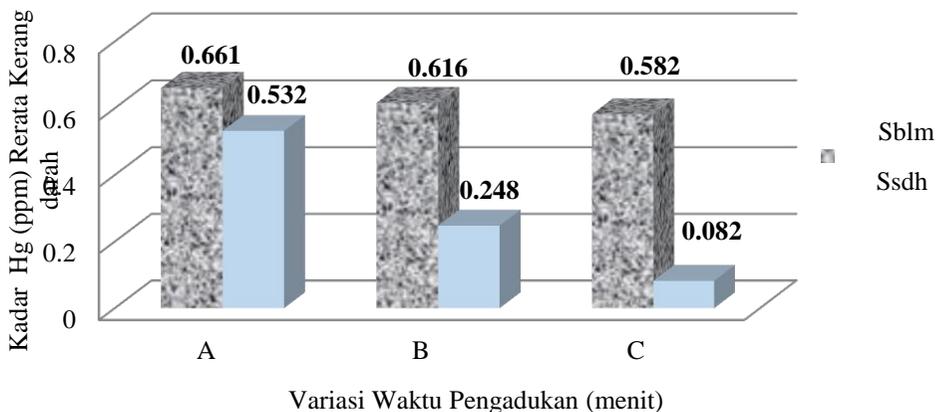
A = Pengadukan 15 menit

B = Pengadukan 30 menit

C = Pengadukan 45 menit

Tabel IV.11 menunjukkan perbedaan rerata kadar Hg kerang darah sebelum dan sesudah pengadukan dengan pemberian adsorben 25 gram sebesar 0,997 ppm (53,6%). Hal ini membuktikan terdapatnya penurunan kadar Hg sebesar 53,6% setelah melalui tahap proses pengadukan dengan penambahan adsorben 25 gram. Perbedaan tertinggi kadar Hg kerang darah terdapat pada kode sampel C, yaitu sebelum dan sesudah proses pengadukan 45 menit dengan dosis adsorben 25 gram, yakni sebesar 0,500 ppm (85,9%).

Adanya penurunan kadar Hg kerang darah sebelum dan sesudah perlakuan penambahan adsorben 25 gram dengan variasi waktu pengadukan 15 menit, 30 menit dan 45 menit dapat dilihat pada gambar IV.11 berikut ini :



Gambar IV.11. Perbedaan Rerata Kadar Hg Kerang Darah Sebelum dan Sesudah Penambahan Adsorben 25 Gram Pada variasi Waktu Pengadukan 15 menit, 30 Menit dan 45 Menit

Berdasarkan uji *paired t-test* antara kelompok sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan penambahan adsorben 25 gram pada variasi waktu pengadukan 15 menit, 30 menit dan 45 menit diperoleh $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$ (lampiran 2). Ini menunjukkan bahwa ada perbedaan penurunan kadar Hg kerang darah secara signifikan antara kelompok sebelum dengan sesudah perlakuan. Penurunan tertinggi pada kelompok yang diberi perlakuan pengadukan selama 45 menit, yaitu sebesar 0,500 ppm (85,9%). diikuti sampel berkode B (waktu pengadukan 30 menit) yakni sebesar 0,368 ppm (59,7%) dan C (waktu pengadukan 45 menit) sebesar 0,129 ppm (19,5%) secara berurutan. Hasil ini membuktikan bahwa semakin lama waktu pengadukan maka akan terjadi penurunan kadar Hg kerang darah yang semakin besar.

2) Perbedaan Rerata Kadar Hg Sebelum dan Sesudah Pemberian 50 Gram Adsorben dengan Waktu Pengadukan 15 Menit, 30 Menit dan 45 Menit

Kadar Hg kerang darah sebelum dan sesudah perlakuan pengadukan dan penambahan adsorben cangkang telur ayam 50 gram dapat ditunjukkan dengan melihat rerata dari kedua kelompok sebagai berikut :

Tabel IV.12
PERBEDAAN RERATA KADAR Hg SEBELUM DAN SESUDAH PENGADUKAN DENGAN DOSIS ADSORBEN CANGKANG TELUR AYAM 50 GRAM

Kode Sampel	Kadar Hg Rerata (ppm)		Perbedaan (ppm)	Persentase (%)
	Sebelum	Sesudah		
A	0,661	0,466	0,195	29,5
B	0,616	0,214	0,402	65,3
C	0,582	0,054	0,528	90,7
Jumlah	1,859	0,734	1,125	60,5

Keterangan :

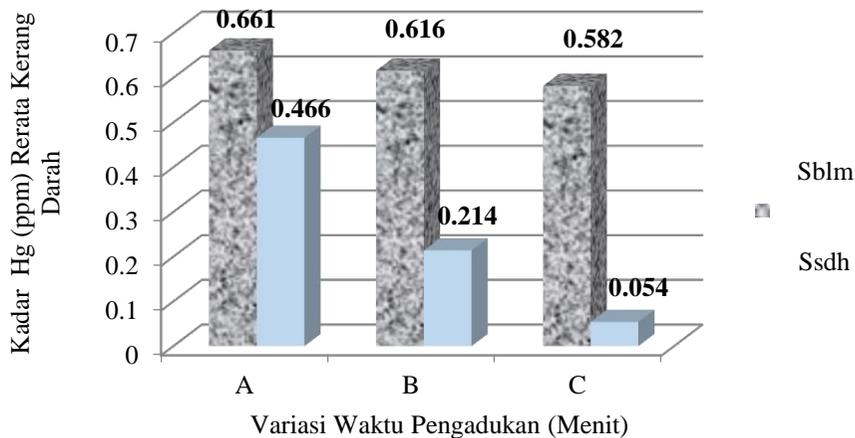
A = Pengadukan 15 menit

B = Pengadukan 30 menit

C = Pengadukan 45 menit

Tabel IV.12 menunjukkan perbedaan rerata kadar Hg kerang darah sebelum dan sesudah diberikan adsorben 50 gram sebesar 1,125 ppm (60,5%). Hal ini membuktikan terdapatnya penurunan kadar Hg sebesar 60,5% setelah melalui tahap proses pengadukan pada penambahan adsorben 50 gram. Perbedaan tertinggi kadar Hg kerang darah terdapat pada kode sampel C, yaitu sebelum dan sesudah proses pengadukan 45 menit dengan berat adsorben 50 gram, yakni sebesar 0,528 ppm (90,7%).

Adanya penurunan kadar Hg kerang darah sebelum dan sesudah perlakuan penambahan adsorben 50 gram dengan variasi waktu pengadukan 15 menit, 30 menit dan 45 menit dapat dilihat pada gambar IV.12 berikut ini :



Gambar IV.12. Perbedaan Rerata Kadar Hg Kerang Darah Sebelum dan Sesudah Penambahan Adsorben 50 Gram Pada variasi Waktu Pengadukan 15 menit, 30 Menit dan 45 Menit

Berdasarkan uji *paired t-test* antara kelompok sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan penambahan adsorben 50 gram pada variasi waktu pengadukan 15 menit, 30 menit dan 45 menit diperoleh $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$ (lampiran 2). Ini menunjukkan bahwa ada perbedaan penurunan secara signifikan kadar Hg kerang darah antara kelompok sebelum perlakuan dengan sesudah perlakuan. Penurunan tertinggi pada kelompok yang diberi perlakuan pengadukan selama 45 menit, yaitu sebesar 0,528 ppm (90,7%), diikuti kode B (waktu pengadukan 30 menit) yakni sebesar 0,402 ppm (65,3%) dan A (waktu pengadukan 15 menit) sebesar 0,195 ppm (29,5%) secara berurutan. Hasil ini membuktikan bahwa semakin lama pengadukan akan penurunan kadar Hg kerang darah semakin tinggi.

3) Perbedaan Rerata Kadar Hg Sebelum dan Sesudah Pemberian 75 Gram Adsorben dengan Waktu Pengadukan 15 Menit, 30 Menit dan 45 Menit

Kadar Hg kerang darah sebelum dan sesudah perlakuan pengadukan dan penambahan adsorben cangkang telur ayam 75 gram dapat ditunjukkan dengan melihat rerata dari kedua kelompok sebagai berikut :

Tabel IV.13

PERBEDAAN RERATA KADAR Hg SEBELUM DAN SESUDAH PENGADUKAN DENGAN DOSIS ADSORBEN CANGKANG TELUR AYAM 75 GRAM

Kode Sampel	Kadar Hg Rerata (ppm)		Perbedaan (ppm)	Persentase (%)
	Sebelum	Sesudah		
A	0,661	0,399	0,262	39,6
B	0,616	0,132	0,484	78,6
C	0,582	0,012	0,570	97,9
Jumlah	1,859	0,543	1,316	70,8

Keterangan :

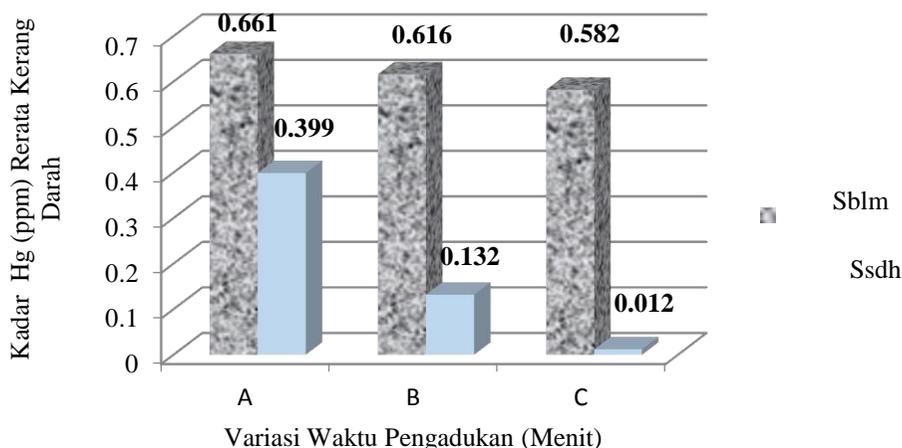
A = Pengadukan 15 menit

B = Pengadukan 30 menit

C = Pengadukan 45 menit

Tabel IV.13 menunjukkan perbedaan rerata kadar Hg kerang darah sebelum dan sesudah diberikan adsorben 75 gram sebesar 1,316 ppm (70,8%). Hal ini menunjukkan adanya perbedaan kadar Hg kerang darah sebelum dan sesudah perlakuan. Perbedaan tertinggi kadar Hg kerang darah terdapat pada kode sampel C, yaitu sebelum dan sesudah proses pengadukan 45 menit dengan berat adsorben 75 gram, yakni sebesar 0,570 ppm (97,9%).

Adanya penurunan kadar Hg kerang darah sebelum dan sesudah perlakuan penambahan adsorben 75 gram dengan variasi waktu pengadukan 15 menit, 30 menit dan 45 menit dapat dilihat pada gambar IV.13 berikut ini :



Gambar IV.13. Perbedaan Rerata Kadar Hg Kerang Darah Sebelum dan Sesudah Penambahan Adsorben 75 Gram Pada Variasi Waktu Pengadukan 15 menit, 30 Menit dan 45 Menit

Berdasarkan uji *paired t-test* antara kelompok sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan penambahan adsorben 75 gram pada variasi waktu pengadukan 15 menit, 30 menit dan 45 menit diperoleh $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$ (lampiran 2). Ini menunjukkan bahwa ada perbedaan penurunan secara signifikan kadar Hg kerang darah antara kelompok sebelum perlakuan dengan sesudah perlakuan. Penurunan tertinggi pada kelompok yang diberi perlakuan pengadukan selama 45 menit, yaitu sebesar 0,570 ppm (97,9%), diikuti kode B (waktu pengadukan 30 menit) yaitu sebesar 0,484 ppm (78,6%) dan kode A (waktu pengadukan 15 menit) sebesar 0,262 ppm (39,6%) secara berurutan. Hasil ini membuktikan bahwa semakin lama waktu pengadukan akan penurunan kadar Hg kerang darah semakin tinggi.

4.1.2 Menganalisis Pengaruh Kadar Hg Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Terhadap Lama Pengadukan Dan Dosis Adsorben Cangkang Telur Ayam

Berdasarkan uji Two Way Anova pada tabel *Tests of Between-Subjects Effects* (lampiran 2) diketahui bahwa :

- Waktu pengadukan $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$, hal ini menunjukkan bahwa waktu pengadukan berpengaruh secara signifikan terhadap kadar Hg kerang darah.
- Berat adsorben $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$, hal ini menunjukkan bahwa berat adsorben cangkang telur ayam berpengaruh secara signifikan terhadap kadar Hg kerang darah.
- Waktu pengadukan dan berat adsorben $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$, hal ini menunjukkan bahwa kombinasi waktu pengadukan dan berat adsorben berpengaruh secara signifikan terhadap kadar Hg kerang darah.

Hasil uji Anova diatas menunjukkan adanya perbedaan kadar Hg kerang darah berdasarkan waktu pengadukan dan dosis adsorben. Hasil uji anova dilanjutkan dengan uji *Post Hoc Test* untuk mengetahui rata-rata perbedaan kadar

Hg kerang darah masing-masing kelompok berdasarkan berat adsorben cangkang telur ayam dan waktu pengadukan. Hasil uji kadar Hg kerang darah berdasarkan dosis adsorben cangkang telur ayam yakni 25 gram, 50 gram dan 75 gram diperoleh memiliki nilai $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$, yang bermakna adanya perbedaan secara signifikan kadar Hg dalam kerang darah berdasarkan berat adsorben. Perbedaan kadar Hg kerang darah terbesar ditunjukkan pada perlakuan penambahan adsorben 75 gram, yakni sebesar 0,43840* terhadap kelompok control (0 gram). Hal ini menunjukkan adanya peningkatan kadar adsorben cangkang telur ayam berbanding lurus dengan penurunan kadar Hg kerang darah. Semakin tinggi kadar adsorben yang digunakan akan menurunkan kadar Hg semakin besar.

Uji *Post Hoc Test* juga dilakukan untuk mengetahui rata-rata perbedaan kadar Hg kerang darah berdasarkan waktu pengadukan 15 menit, 30 menit dan dan 45 menit. Hasil uji semua kelompok kadar Hg kerang darah berdasarkan waktu pengadukan diperoleh nilai $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$, yang bermakna adanya perbedaan secara signifikan kadar Hg dalam kerang darah berdasarkan waktu pengadukan adsorben. Hal ini menunjukkan semakin lama waktu pengadukan akan menurunkan kadar Hg kerang darah semakin besar.

4.2. Pembahasan

4.2.1 Perbedaan Kadar Hg Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Sebelum Dan Sesudah Perlakuan

Hasil uji kerang darah sebelum perlakuan pengadukan dan penambahan adsorben kulit telur menunjukkan adanya perbedaan diantara dua kelompok. Kerang darah sebelum perlakuan mengandung Hg dengan rerata 0,620 ppm. Kadar Hg kerang darah sebelum perlakuan melebihi baku mutu yang dipersyaratkan dalam Standar Nasional Indonesia No. 7387 tahun 2009, dimana konsentrasi maksimum cemaran Hg yang diizinkan atau direkomendasikan yang diterima pangan sebesar 0,5 ppm (0,5 mg/kg). Tingginya kadar Hg dalam kerang darah yang diperoleh dari pantai Kenjeran Surabaya diduga akibat beberapa sebab selain karena factor alami, juga akibat aktivitas manusia antara lain adanya pencemaran lingkungan perairan pantai Kenjeran yang berasal dari limbah-limbah industry yang mengalir dan bermuara ke perairan tersebut (Sudarmaji, Soetomo, dan Suwarni, 2004) . Kehadiran Hg di perairan laut maupun sungai setelah adanya proses terbentuknya metil merkuri yang dapat mencemari ikan, termasuk kerang dan biota perairan lainnya. (Hansen, Danscher, 1997).

Merkuri merupakan unsur yang sangat beracun bagi makhluk hidup, termasuk manusia. Toksisitas pada manusia tergantung pada bentuk merkuri, dosis dan waktu pemaparan. Garam mercury khususnya merusak saluran usus dan ginjal (Takeuchi et al., 1996) sebagai methyl merkuri dan menyebar luas ke tubuh (Clarkson et al., 2007). Toksisitas merkuri tergantung dari variasi dosis. Paparan akut dengan pneumonia berat diperoleh melalui inhalasi dan beberapa kasus yang berat (ekstrim) berakibat fatal. (Clarkson et al., 2007. Paparan dengan dosis rendah menimbulkan gejala klinis yang lebih kecil.

Oksidasi merkuri dapat menginaktivasi enzim yang akan mengawali kerusakan jaringan dan mempengaruhi berbagai proses metabolic. (Dorea, et al., 2009) Hampir seluruh metilmerkuri yang masuk ke tubuh akan terserap dan dibawa dialirkan ke peredaran darah. (ATSDR, 1999). Metil merkuri memasuki sel-sel umumnya membentuk ikatan kompleks dengan L-cystein dan homosistein. (Asano., et al., 2000). Setelah diserap, metilmerkuri didistribusikan utamanya ke system saraf pusat dan ginjal. Metilmerkuri biasanya dikeluarkan melalui urin dan feces.(Zalups,Lash,1994). Adapun sistem syaraf pusat merupakan target organ dari toksisitas metil merkuri tersebut, sehingga gejala yang terlihat erat hubungannya dengan kerusakan sistem syaraf pusat. Gejala yang timbul adalah sebagai berikut:

- a. Gangguan syaraf sensoris: paraesthesia, kepekaan menurun dan sulit menggerakkan jari tangan dan kaki, penglihatan menyempit, daya pendengaran menurun, serta rasa nyeri pada lengan dan paha.

b. Gangguan syaraf motorik: lemah, sulit berdiri, mudah jatuh, ataksia, tremor, gerakan lambat dan sulit bicara.

c. Gangguan lain: gangguan mental, sakit kepala dan hipersalivasi (Alfian, 2006).

Kadar merkuri (Hg) pada kerang setelah dilakukan pengadukan selama 15 menit dengan variasi berat adsorben secara berurutan 25 gr, 50 gr, dan 75 gr memiliki rata-rata kadar Hg sebesar 0.466 ppm, selama 30 menit sebesar 0.198 ppm, dan pengadukan 45 menit sebesar 0.049 ppm. Hasil yang diperoleh setelah perlakuan tersebut sudah di bawah baku mutu SNI No. 7387 tahun 2009 untuk pangan sebesar 0.5 ppm. Namun jika ditinjau dari kadar masing-masing pengadukan menggunakan variasi kadar adsorben, menunjukkan bahwa kadar Hg yang paling rendah dihasilkan setelah pengadukan selama 45 menit dengan berat adsorben 75 gram yaitu sebesar 0.049 ppm. Kadar Hg tersebut memang sangat kecil disbanding dengan standar yang ditetapkan oleh SNI, namun sekecil apapun keberadaan Hg dalam makanan tetap harus diwaspadai. Mengonsumsi Hg secara terus menerus dengan pola makan yang tidak terkontrol tetap menimbulkan kemungkinan adanya gangguan kesehatan mengingat sifat logam Hg yang dapat terakumulasi dalam jaringan tubuh manusia.

4.2.2 Pengaruh Lama Pengadukan Dan Dosis Adsorben Cangkang Telur Ayam Terhadap Kadar Hg Kerang Darah (*Anadara Granosa*)

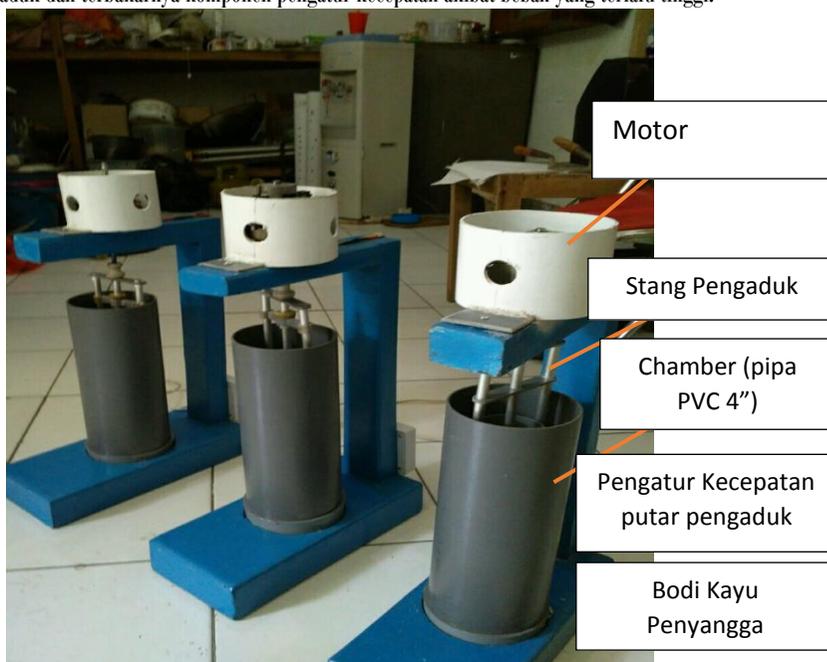
4.2.2.1 Pengaruh Lama Pengadukan Menggunakan *Stirring Chamber*

Variasi lama waktu pengadukan yang digunakan dalam perlakuan adalah 15, 30, dan 45 menit. Hasil yang diperoleh berdasarkan rata-rata pengadukan selama 15 menit adalah 0.465 ppm, selama 30 menit adalah 0.198 ppm, dan selama 45 menit adalah 0.049 ppm. Penurunan kadar Hg diketahui dengan membandingkan dengan kadar Hg sebelum pengadukan sebesar 0.620 ppm, sehingga diketahui adanya selisih kadar Hg. Selisih kadar Hg tersebut menunjukkan bahwa semakin lama pengadukan semakin tinggi penurunan Hg pada kerang sampel. Pengadukan yang memungkinkan terjadinya kontak adsorben dengan kerang secara merata dapat meningkatkan kinerja adsorben menyerap merkuri (Hg) pada sampel kerang. Semakin lama waktu pengadukan sampel mengakibatkan kontak adsorben semakin lama sehingga proses penyerapan dapat terjadi lebih optimal. Morris dan Weber menemukan bahwa laju adsorpsi bervariasi seiring dengan akar pangkat dua dari waktu kontak dengan adsorben. Ini memberikan pengertian jika laju penyerapan antara adsorben dengan adsorbat akan meningkat dengan adanya peningkatan waktu pengadukan sehingga memberikan kesempatan antara keduanya dalam membentuk ikatan berupa film (lapisan tipis) pada permukaan padatan (adsorben). Lamanya waktu kontak berpotensi dalam proses difusi dan penempelan molekul-molekul zat terlarut teradsorpsi dengan baik. Permukaan padatan dalam hal ini adalah adsorben cangkang telur ayam berkesempatan menghimpun logam Hg yang terkandung dalam kerang darah melalui adsorpsi secara fisika. Secara umum, unsur-unsur dengan berat molekul yang lebih besar akan lebih mudah diadsorpsi. Hg merupakan salah satu logam berat selain Pb dan Cd yang memiliki massa jenis lebih besar dari 5 g/cm^3 , sehingga logam Hg dikategorikan lebih mudah diadsorpsi. (Subowo dkk, 1999).

Terjadi pembentukan yang cepat sebuah kesetimbangan konsentrasi antarmuka, diikuti dengan difusi lambat ke dalam partikel-partikel. Laju adsorpsi keseluruhan dikendalikan oleh kecepatan difusi dari molekul-molekul zat terlarut dalam pori-pori kapiler dari partikel adsorben cangkang telur.

Factor lain yang meningkatkan kecepatan adsorpsi adalah pH. (Isna Syauqiyah, dkk., 2011) dan temperatur. Penurunan pH berpotensi dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi suatu adsorben. Demikian halnya dengan pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat akibat pori-pori adsorben lebih terbuka. Namun dalam penelitian ini tidak dilakukan intervensi terhadap pengaturan pH dan temperature sehingga merupakan dasar pemikiran dalam menindaklanjuti penelitian tersebut untuk memperoleh pencapaian penurunan kadar Hg secara maksimal.

Penurunan kadar Hg pada kerang diduga didukung dengan desain alat pengaduk (*Stirring Chamber*) yang memungkinkan kerang tercampur baik dengan adsorben cangkang telur yang digunakan. Konstruksi alat dengan tiga batang pengaduk, dimana satu pengaduk di ruang bagian dalam khusus mengaduk kerang sampel, dua batang pengaduk di ruang bagian luar mengaduk adsorben dengan larutan campurannya. Diantara ruang bagian luar dan dalam dihubungkan dengan lubang-lubang kecil yang memungkinkan terjadinya kontak antara adsorben dengan sampel kerang secara langsung. Dibatasi dua ruang ini bertujuan untuk mempermudah kontak adsorben pada seluruh permukaan kerang. Pada saat alat dihidupkan terjadi pengadukan di ruang bagian dalam dan luar bersamaan. Kerang yang berada di ruang bagian dalam teraduk dan terjadi gerakan butir kerang memutar tak beraturan yang mengakibatkan adsorben dalam larutan yang berasal dari bak bagian luarnya mengisi sela-sela diantara kerang dan mendukung terjadinya kontak adsorben secara merata pada seluruh permukaan kerang. Kondisi ini mendukung terjadinya penyerapan Hg yang lebih sempurna pada kerang sampel. Konstruksi batang pengaduk terbuat dari stainless steel bertujuan agar tidak memberikan pengaruh pada perubahan komposisi adsorben. Konstruksi alat harus kuat sehingga ketika digunakan pengadukan sampel sebanyak replikasi yang diinginkan tidak terjadi gangguan / kerusakan. Konstruksi penyangga yang dibuat pada alat *stirring chamber* ini terbuat dari kayu meranti yang cukup kuat. Namun dalam eksperimen terjadi gangguan pada batang pengaduk sehingga harus diperbaiki. Kerusakan yang terjadi pada alat diakibatkan oleh kerusakan komponen pengait pada batang pengaduk dan terbakarnya komponen pengatur kecepatan akibat beban yang terlalu tinggi.



Gambar 5.1. Alat Pengaduk (*Stirring Chamber*).

4.2.2.2 Pengaruh Dosis Adsorben Cangkang Telur Ayam

Cangkang telur memiliki potensi sebagai adsorben terhadap logam berat maupun zat kimia lainnya. Dalam penelitian ini cangkang telur ayam dapat menurunkan kandungan Hg kerang darah (*Anadara Granosa*) dari rata-rata kandungan sebelum pengadukan sebesar 0.620 ppm menjadi 0.049 ppm. Hasil tersebut didapat dengan mengontakkan kerang terhadap adsorben cangkang telur sebanyak 75 gram yang ditempatkan pada *stirring*

chamber (bak pengaduk) dan diputar selama 45 menit. Nampak sekali hasil yang diperoleh sangat efektif. Manfaat cangkang telur ayam sebagai adsorben telah dibuktikan di beberapa jurnal penelitian yang membahas potensi cangkang telur yang berpotensi sebagai adsorben. Menurut 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 Affandi dan Hadisi (2011) membuktikan bahwa metode aktivasi kimia merupakan cara yang paling baik dilakukan terhadap adsorben dalam hal penyerapan suatu zat.

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. Dalam review tentang cangkang telur dan membran cangkang yang dilakukan oleh Alok Mittal, et.al. (2016) yang dipublikasi pada *Journal of Molecular Liquids* juga dikatakan bahwa cangkang telur dan membran cangkang di alam yang telah dimodifikasi bentuknya secara kimia telah memberikan hasil yang sangat baik untuk menghilangkan berbagai kelas pewarna, asam oksalat, fenol, pestisida, asam humat, farmasi, surfaktan, Polly Aromatic Hydrocarbons (PAHs), logam berat dan ringan, aktinida, fluorida, dll.

Penelitian ini juga membuktikan kadar adsorben 75 gr yang dilarutkan dalam air memberikan hasil yang lebih baik dalam menurunkan kadar Hg kerang darah dibandingkan kadar 25 gr dan 50 gr. Ini membuktikan bahwa semakin tinggi dosis adsorben cangkang telur ayam akan meningkatkan kemampuan dalam menurunkan kadar Hg kerang darah. Banyaknya dosis adsorben cangkang telur ayam memberikan peluang pada perluasan permukaan adsorben. Menurut Aliany dkk (2013) semakin banyak jumlah adsorben yang ditambahkan, maka penyerapannya terhadap logam semakin besar. Hal tersebut mengakibatkan nilai adsorpsi terhadap ion logam semakin tinggi dan sebanding dengan bertambahnya jumlah dan luas permukaan adsorben.

Hasil yang diperoleh dalam penelitian yang menggunakan variable lama pengadukan dan dosis adsorben ini memang cukup efektif karena dapat menurunkan kadar Hg yang signifikan meskipun masih mengandung kadar Hg sebesar 0.045 ppm, namun tetap harus diupayakan pada penelitian selanjutnya dengan mengaplikasikan variable lain misalnya suhu, kecepatan pengadukan, atau variasi diameter partikel.

Berdasarkan hasil yang didapat dari penelitian dengan dua variable yang cukup signifikan ini, maka tidak menutup kemungkinan bila ditambahkan variable lainnya bisa menghasilkan kerang darah yang bebas merkuri (Hg), mengingat kerang darah sangat banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia.

BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1 Kesimpulan

Kadar Hg pada kerang darah (*Anadara granosa*) sebelum perlakuan rata-rata sebesar 0.620 ppm, setelah perlakuan berdasarkan variasi lama pengadukan dengan alat *stirring chamber* dan kadar adsorben cangkang telur ayam, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

- a. Rata-rata kadar Hg pada kerang setelah pengadukan 15 menit dengan kadar adsorben 25 gr, 50 gr, dan 75 gr sebesar 0.466 ppm.
- b. Rata-rata kadar Hg pada kerang setelah pengadukan 30 menit dengan kadar adsorben 25 gr, 50 gr, dan 75 gr sebesar 0.198 ppm.
- c. Rata-rata kadar Hg pada kerang setelah pengadukan 45 menit dengan kadar adsorben 25 gr, 50 gr, dan 75 gr sebesar 0.049 ppm

Penurunan terbesar kadar Hg pada kerang sampel terjadi pada waktu pengadukan terlama dan dosis adsorben terbesar.

Maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Semakin lama waktu pengadukan, semakin tinggi perbedaan kadar Hg kerang (semakin kecil kadar Hg kerang)
2. Semakin besar dosis adsorben cangkang telur ayam, semakin tinggi perbedaan kadar Hg pada kerang (semakin kecil kadar Hg kerang)

Dari hasil uji statistic disimpulkan sebagai berikut:

- a. Waktu pengadukan dan berat adsorben berpengaruh signifikan terhadap Kadar Hg Kerang darah (Sig.0.000 <0.05 pada masing-masing variabel)
- b. Korelasi antar variable menunjukkan hasil semakin kuat seiring naiknya pertambahan waktu pengadukan dan dosis adsorben (ditunjukkan nilai R Squared = 0.996/ mendekati 1)

5.2 SARAN

1. Pembuatan alat pengaduk (*Stirring Chamber*) memerlukan desain alat dengan bahan-bahan yang lebih kuat dan kokoh sehingga pada saat digunakan pada percobaan tidak terjadi kerusakan. Perbaikan dapat dilakukan dengan mengganti bagian yang rusak dengan bahan yang kuat dan tidak memberikan pengaruh secara kimiawi terhadap komposisi adsorben maupun sampel yang digunakan.
2. Perlu dilakukan tahapan penelitian lanjutan yang menganalisis pengaruh variable lain terhadap penurunan kadar merkuri (Hg) pada kerang darah (*Anadara Granosa*) misalnya variable suhu, pH, kecepatan pengadukan atau diameter adsorban cangkang telur ayam. Sebagai akibatnya maka dilakukan modifikasi alat pengaduk (*Stirring Chamber*) yang dilengkapi dengan pemanas dan pengatur variasi kecepatan pengadukan maupun modifikasi pH larutan dalam menurunkan logam berat.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi Furqon dan 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 September 2017, 16.15 WIB.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 1999. *Toxicological Profile For Mercury*. Washington, DC, USA: ATSDR, Public Health Service, US Department of Health and Human Service. [Http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp46.pdf](http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp46.pdf). Diakses : 1 September 2017
- Agus Taftazani, Sumining dan Muzakky. *Evaluasi Sebaran Logam Berat Dalam Cuplikan Air, Sedimen, Ikan Krapu Dan Kerang Hijau Di Perairan Pantai Kenjeran Surabaya li*. Ganendra Majalah Iptek Nuklir. Vol Iv. No.1. Januari 2001. Puslitbang Teknologi Maju. Batan, Jogyakarta.
- Alok Mittal, Meenu Teotia, R.K. Sony, Jyoti Mittal. 2016. *Applications of egg shell and egg shell membrane as adsorbents: A review*. Journal of Molecular Liquid
- Alfian, Z. 2006. *Merkuri: Antara Manfaat dan Efek Penggunaannya Bagi Kesehatan Manusia dan Lingkungan*. [Online]. Available: <http://library.usu.ac.id/download/e-book/zul%20alfian.pdf>. (26 Maret 2017)
- Alfiany, H., S. Bahri, and Nurakhirawati. 2013. Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pb Dengan Beberapa Aktivator Asam. *Jurnal Natural Science* 2 (3):75-86.
- Asano S., Eto K., Kurisaki E., et al, 2000. Acute Inorganic Mercury Vapor Inhalation Poisoning. *Pathology International*. 50 (3) : 169-174. (PubMed)
- 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.
- Bebby Sekarsari, 2016. Artikel : Sehatkah Makan Kerang?. <http://lhealth.id/id/article/category/diet-dan-nutrisi/sehatkah-makan-kerang.html>, diakses 1 Desember 2016. Pukul 10.05 WIB.
- Clarkson TW., Vyas JB., Ballatori N. 2007. Mechanisms of Mercury Disposition in the body. *American Journal of Industrial Medicine*. 50(10):757-764. PubMed
- 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
- Darmono, 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. UI-Press. Jakarta.
- Darmono, 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemarannya, Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. UI Press. Jakarta.
- Dorea JG., Marques RC., Brandao KG, 2009. Neonate Exposure to thimerosal Mercury From Hepatitis B Vaccines. *American Journal of Perinatology*. 26 (7):523-527. PubMed.
- 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
- Hansen JC, Danscher G, 1997. Organic Mercury : an environmental threat to the health of dietary-exposed societies. *Reviews on Environmental Health*. 12 (2) : 107 -116. (PubMed).
- Indrakusuma, A. 2008. Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) pada Otot dan Insang Kerang Dara (*Anadara granosa*) di Pantai Ria Kenjeran Surabaya. *Intertide Ecological Community-Laboratorium of Ecology Department of Biology Institute of Technology* Sepuluh Nopember.

- 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.
- Martono, H. 2005. *Penanganan Kasus Keracunan Metil Merkuri di Minamata. Laporan Penelitian*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Ekologi Kesehatan, Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Masriani dan Eny E. 2003. *Usaha Pemanfaatan Kepah (Batissa Sp) Sebagai Bioindikator Tingkat Cemaran Logam Berat Pb dan Cd di Perairan Sungai Kapuas*. Laporan Penelitian. Pontianak: FKIP UNTAN.
- Muchtadi TR., Sugiyono., dan Ayustaningwarno F, 2010. Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan. Bogor, Alfabeta.
- Notoatmodjo, Soekidjo, 2012. Metodologi Penelitian Kesehatan. Jakarta, Rineka Cipta.
- Nurjanah, dkk. (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
- Purnomo, Windhu dan Taufan Bramantoro, 2002. 36 Langkah Praktis Sukses Menulis Karya Tulis Ilmiah. Surabaya, PT. Revka Petra Medika
- Putranto TT, 2011. Pencemaran Logam Berat Merkuri (Hg) pada Air Tanah. *Fak.Teknik UNDIP – Vol. 32 No. 1/ 2011*, ISSN 0852-1697
- Reynold, T.D., 1982, *Unit Operation and Process in Environmental Engineering*, Woods Worths Inc : Texas.
- Roger Ahmad, 2004. Kimia Lingkungan. Andi Offset. Yogyakarta.
- Safrizal, Rino. 2015. Dampak Merkuri Terhadap Manusia dan Lingkungan. <http://www.jejaringkimia.web.id/2010/03/dampak-merkuri-terhadap-manusia-dan.html>, (26 November 2016)
- Subowo, Mulyadi. S., Widodo, dan Asep Nugraha, 1999. Status dan Penyebaran Pb, Cd dan Pestisida pada lahan Sawah Intensifikasi di Pinggir JalanRaya. *Prosiding Bidang Kimia dan Bioteknologi Tanah, Puslittanak, Bogor*.
- Sudarmaji, Sutomo, AH., dan Suwarni, 2004. *Kadar Mercury Dalam Rambut dan Kesehatan Nelayan di Pantai Kenjeran Surabaya*. *Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi* : 17:24. [Http://jurnal.ugm.ac.id/JMI/article/view/18627.3](http://jurnal.ugm.ac.id/JMI/article/view/18627.3) Maret 2017.
- Sujarweni, W, 2015. *Statistik untuk Kesehatan*. Yogyakarta, Gava Media. Edisi 1 : 21.
- 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*
- Takeuchi T, Eto K, Kinjo Y, Tokunaga H, 1996. Human brain disturbance by methylmercury poisoning, focusing on the long-term effect on brain weight. *Neuro Toxicology*. 17(1):187:190, PubMed.
- 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.
- Webber, 1972, *Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics*, Queensland: Imperial College Press
- World Health Organization, 1986. *Early Detection of Occupational Diseases*. Geneva
- Zalups RK, Lash LH, 1994. Advances in Understanding the Renal Transport and Toxicity of Mercury. *Journal of Toxicology and Environmental Health*. 42 (1): 1-44.

Lampiran 2.

Hasil Uji Statistik Deskriptif, Normalitas, Paired T-test, Two – Way Anova, Post Hoc Test

1. DESCRIPTIVE STATISTICS

Dependent Variable: Kadar Hg

Waktu Pengadukan	Berat Adsorben	Mean	Std. Deviation	N
WAKTU PENGADUKAN 15 MENT	Berat Adsorben 0 gr	.66120	.017740	5
	Berat Adsorben 25 gr	.53240	.010597	5
	Berat Adsorben 50 gr	.46580	.015450	5
	Berat Adsorben 75 gr	.39920	.022027	5
	Total	.51465	.100561	20
WAKTU PENGADUKAN 30 MENT	Berat Adsorben 0 gr	.61640	.014433	5
	Berat Adsorben 25 gr	.24780	.015498	5
	Berat Adsorben 50 gr	.21380	.010183	5
	Berat Adsorben 75 gr	.13240	.025245	5
	Total	.30260	.191448	20
WAKTU PENGADUKAN 45 MENT	Berat Adsorben 0 gr	.58160	.014100	5
	Berat Adsorben 25 gr	.08100	.012268	5
	Berat Adsorben 50 gr	.05380	.008075	5
	Berat Adsorben 75 gr	.01240	.005177	5
	Total	.18220	.238103	20
Total	Berat Adsorben 0 gr	.61973	.036656	15
	Berat Adsorben 25 gr	.28707	.193276	15
	Berat Adsorben 50 gr	.24447	.175874	15
	Berat Adsorben 75 gr	.18133	.168309	15
	Total	.33315	.229182	60

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: Kadar Hg

F	df1	df2	Sig.
1.392	11	48	.208

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.^a

a. Design: Intercept + Waktu_Aduk + Brt_Adsorben + Waktu_Aduk * Brt_Adsorben

Keterangan :

Nilai homogenitas tiap variable menunjukkan nilai Sig.0,208 dimana > 0,05, sehingga dikatakan varian antar grup berbeda secara signifikan.

2. UJI NORMALITAS

a. UJI KADAR Hg BERDASARKAN BERAT WAKTU PENGADUKAN

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Kadar Hg Sebelum	Kadar Hg Sesudah 15 menit	Kadar Hg Sesudah 30 menit	Kadar Hg Sesudah 45 menit
N		15	15	15	15
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.61973	.46580	.19800	.04907
	Std. Deviation	.036656	.058371	.052841	.030358
	Absolute	.106	.143	.197	.164
Most Extreme Differences	Positive	.106	.102	.109	.164
	Negative	-.081	-.143	-.197	-.124
Kolmogorov-Smirnov Z		.411	.554	.764	.636
Asymp. Sig. (2-tailed)		.996	.918	.604	.814

- a. Test distribution is Normal.
- b. Calculated from data.

Keterangan : Semua kelompok sampel memiliki data berdistribusi normal, hal ini ditunjukkan dengan nilai Asymp. Sig. (2-tailed) > 0.05.

UJI PAIRED T-TEST : KADAR Hg Berdasarkan Variasi Waktu Pengadukan

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
					Pair 1	Kadar Hg Sblm — Kadar Hg Ssdh 15 menit			
Pair 2	Kadar Hg Sblm — Kadar Hg Ssdh 30 menit	.421733	.031835	.008220	.404103	.439363	51.307	14	.000
Pair 3	Kadar Hg Sblm — Kadar Hg Ssdh 45 menit	.570667	.018908	.004882	.560196	.581138	116.89	14	.000

b. UJI KADAR Hg BERDASARKAN BERAT ADSORBEN

NPar Tests

[DataSet1] D:\SPSS\DATA TELUR1.sav

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Kadar_Hg_Sebelum	15	.61973	.036656	.562	.683
Kadar_Hg_25_Gram	15	.28707	.193276	.065	.544
Kadar_Hg_50_Gram	15	.24447	.175874	.042	.479
Kadar_Hg_75_Gram	15	.18133	.168309	.007	.423

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Kadar_Hg_Sebelum	Kadar_Hg_25_Gram	Kadar_Hg_50_Gram	Kadar_Hg_75_Gram
N		15	15	15	15
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.61973	.28707	.24447	.18133
	Std. Deviation	.036656	.193276	.175874	.168309
	Absolute	.106	.216	.211	.222
Most Extreme Differences	Positive	.106	.208	.211	.222
	Negative	-.081	-.216	-.201	-.198
Kolmogorov-Smirnov Z		.411	.838	.816	.859
Asymp. Sig. (2-tailed)		.996	.484	.518	.452

- a. Test distribution is Normal.
- b. Calculated from data.

T-Test

[DataSet1] D:\SPSS\DATA TELURI.sav

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Kadar_Hg_Sebelum	.61973	15	.036656	.009464
	Kadar_Hg_25_Gram	.28707	15	.193276	.049904
Pair 2	Kadar_Hg_Sebelum	.61973	15	.036656	.009464
	Kadar_Hg_50_Gram	.24447	15	.175874	.045410
Pair 3	Kadar_Hg_Sebelum	.61973	15	.036656	.009464
	Kadar_Hg_75_Gram	.18133	15	.168309	.043457

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Kadar_Hg_Sebelum & Kadar_Hg_25_Gram	15	.918	.000
Pair 2	Kadar_Hg_Sebelum & Kadar_Hg_50_Gram	15	.920	.000
Pair 3	Kadar_Hg_Sebelum & Kadar_Hg_75_Gram	15	.917	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	SD	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	Kadar Hg Sblm- Kadar Hg 25 gr	.332667	.160274	.041383	.243910	.421424	8.039	14	.000
Pair 2	Kadar Hg Sblm – Kadar Hg 50 gr	.375267	.142881	.036892	.296142	.454392	10.172	14	.000
Pair 3	Kadar Hg Sblm – Kadar Hg 75 gr	.438400	.135481	.034981	.363373	.513427	12.532	14	.000

UJI TWO WAY ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Kadar Hg

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.088 ^a	11	.281	1210.954	.000
Intercept	6.659	1	6.659	28727.765	.000
Waktu_Pengadukan	1.133	2	.567	2444.323	.000
Berat_Adsorben	1.728	3	.576	2484.093	.000
Waktu_Pengadukan *	.227	6	.038	163.261	.000
Error	.011	48	.000		
Total	9.758	60			
Corrected Total	3.099	59			

a. R Squared = .996 (Adjusted R Squared = .996)

Keterangan :

- 1) Corrected Model : Nilai Sig. 0,000 < 0,05, menunjukkan adanya pengaruh variable independen (waktu pengadukan dan berat adsorben kulit telur) terhadap variable dependent (Kadar Hg Kerang darah)
- 2) Waktu Pengadukan : Sig.0,000 < 0,05, berarti waktu pengadukan berpengaruh signifikan terhadap Kadar Hg Kerang darah.
- 3) Berat adsorben : Sig.0,000 < 0,05, berarti berat adsorben pengadukan berpengaruh signifikan terhadap kadar Hg

Kerang darah.

- 4) Waktu Pengadukan * Berat Adsorben : Sig.0.000 <0.05, berarti waktu pengadukan dan berat adsorben berpengaruh signifikan terhadap Kadar Hg Kerang darah.
- 5) R Squared = .996 ----- > korelasi semakin kuat (karena mendekati 1)

UJI POST HOC TEST

a. VARIABEL : BERAT ADSORBEN CANGKANG TELUR AYAM

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Kadar Hg

Tukey HSD

I) Berat Adsorben	(J) Berat Adsorben	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Berat Adsorben 0 gr	Berat Adsorben 25 gr	.33267*	.005559	.000	.31787	.34746*
	Berat Adsorben 50 gr	.37527*	.005559	.000	.36047	.39006*
	Berat Adsorben 75 gr	.43840*	.005559	.000	.42360	.45320*
Berat Adsorben 25 gr	Berat Adsorben 0 gr	-.33267*	.005559	.000	-.34746	-.31787*
	Berat Adsorben 50 gr	.04260*	.005559	.000	.02780	.05740*
	Berat Adsorben 75 gr	.10573*	.005559	.000	.09094	.12053*
Berat Adsorben 50 gr	Berat Adsorben 0 gr	-.37527*	.005559	.000	-.39006	-.36047*
	Berat Adsorben 25 gr	-.04260*	.005559	.000	-.05740	-.02780*
	Berat Adsorben 75 gr	.06313*	.005559	.000	.04834	.07793*
Berat Adsorben 75 gr	Berat Adsorben 0 gr	-.43840*	.005559	.000	-.45320	-.42360*
	Berat Adsorben 25 gr	-.10573*	.005559	.000	-.12053	-.09094*
	Berat Adsorben 50 gr	-.06313*	.005559	.000	-.07793	-.04834*

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = .000.

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

Keterangan :

Adanya tanda bintang pada "Mean Difference" kadar Hg pada semua berat adsorben menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rerata kadar Hg kerang darah berdasarkan berat masing-masing adsorben secara signifikan. Perbedaan rerata kadar Hg terbesar ditunjukkan pada berat adsorben 75 gr.

b. Variabel : Waktu Pengadukan

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Kadar Hg

Tukey HSD

(I) Waktu Pengadukan	(J) Waktu Pengadukan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Waktu Pengadukan 15 Menit	Waktu Pengadukan 30 Menit	.21205*	.004815	.000	.20041	.22369
	Waktu Pengadukan 45 Menit	.33245*	.004815	.000	.32081	.34409
Waktu Pengadukan 30 Menit	Waktu Pengadukan 15 Menit	-.21205*	.004815	.000	-.22369	-.20041
	Waktu Pengadukan 45 Menit	.12040*	.004815	.000	.10876	.13204
Waktu Pengadukan 45 Menit	Waktu Pengadukan 15 Menit	-.33245*	.004815	.000	-.34409	-.32081
	Waktu Pengadukan 30 Menit	-.12040*	.004815	.000	-.13204	-.10876

Based On Observed Means.

The Error Term Is Mean Square(Error) = .000.

*. The Mean Difference Is Significant At The .05 Level.

Keterangan :

Adanya tanda bintang pada "Mean Difference" kadar Hg pada semua waktu pengadukan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rerata kadar Hg kerang darah berdasarkan waktu pengadukan secara signifikan. Perbedaan rerata kadar Hg terbesar ditunjukkan pada waktu pengadukan 45 menit.