

Depurasi Logam Berat menggunakan Arang Aktif Berukuran Nanopartikel dari Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera*) pada Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Depuration of Heavy Metals with Nanoparticle-Sized Active Charcoal from Coconut Shell (*Cocos nucifera*) in Blood Cockles (*Anadara granosa*)

Putri Alia Paramitha¹, Yusuf Taufik Hidayat¹, Kamiliya Zahrah Taher¹, Intan Cahyarini¹, Boedi Setya Rahardja², dan A Shofy Mubarak^{3*}

¹Program Studi Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

²Departemen Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

^{3*}Departemen Kelautan, Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

Article Info

Received: 2022-05-12

Revised: 2022-06-25

Accepted: 2022-06-26

Online: 2022-06-28

Koresponding:

A Shofy Mubarak, Departemen Kelautan, Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

E-mail:

shofy.ua@gmail.com

Abstrak

Anadara granosa merupakan salah satu organisme benthos yang banyak dilaporkan mengandung logam berat akibat dari pencemaran perairan, karena *A. granosa* bersifat *filter feeder*. Penurunan kandungan logam berat menggunakan arang aktif dari tempurung kelapa melalui proses absorpsi dengan metode depurasi yang dapat dioptimalkan dengan arang aktif berukuran nanopartikel. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh konsentrasi arang aktif nanopartikel dari tempurung kelapa terhadap kadar logam berat pada *A. granosa*. Tahapan penelitian ini yakni aktivasi arang, ultrasonikasi, pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*), depurasi kerang darah, dan pengujian logam berat. Hasil uji SEM menunjukkan ukuran partikel arang adalah 10^{-9} nm. Jenis logam berat yang ditemukan yaitu merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan timbal (Pb) sebesar 0,0009 mg/kg; 0,62 mg/kg; dan 1,82 mg/kg. Kandungan logam berat terendah terdapat pada P5 (konsentrasi arang aktif 15% dari berat sampel), yaitu merkuri (Hg) 0,0002 mg/kg; kadmium (Cd) 0,1 mg/kg; dan timbal (Pb) 0,373 mg/kg. Semakin tinggi konsentrasi arang aktif yang diberikan maka penurunan kandungan logam berat juga semakin tinggi.

Kata kunci: : kerang darah, nanopartikel, depurasi, logam berat, tempurung kelapa

Abstract

Anadara granosa are one of the benthic organisms that are frequently reported because contained heavy metals because of water pollution. This is because *A. granosa* is a feeder filter

so that accumulates heavy metals in its body. Reduce the levels of heavy metals with activated charcoal from coconut shells in the absorbance process using the depuration method. It is re-optimized with the use of nano-active charcoal. The goal was to determine the effect of concentrations of nano-active charcoal from coconut shells on the heavy metal content of *A. granosa*. Stages of this research, namely charcoal activation, ultrasonication, SEM testing, blood shell depuration, and heavy metal testing. Based on the results of the *Scanning Electron Microscope* (SEM) Test it is known that the charcoal particles are sized 10^{-9} nm. The types of heavy metals found included hydrargyrum (Hg) 0.0009 mg/kg, cadmium (Cd) 0.62 mg/kg, and plumbum (Pb) 1.82 mg/kg. Heavy metals with lowest content is found in P5 (active charcoal concentration of 15% of the sample weight) of mercury (Hg) 0.0002 mg/kg; cadmium (Cd) 0.1 mg/kg; and lead (Pb) 0.373 mg/kg. This shows that the higher concentration of activated charcoal given, the lower heavy metal content.

Keywords: blood clams, nanoparticles, depuration, heavy metals, coconut shell

1. Pendahuluan

Pencemaran logam berat masih menjadi kendala di beberapa daerah pengembang budidaya kerang. Kerang dari Teluk Jakarta sudah tidak dapat dikonsumsi karena tingkat pencemaran merkuri mencapai 11,7 mg/kg yang melebihi batas baku mutu konsumsi yaitu 1 mg/kg (Andayani *et al.*, 2020). Berdasarkan penelitian Handayani *et al.* (2016), kandungan timbal (Pb) pada kerang darah di perairan pantai Labuhan Tereng Kabupaten Lombok mencapai 13,075 mg/kg yang sudah melebihi ambang batas maksimum sesuai SNI No. 7387 tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan. Selain itu, kandungan kadmium (Cd) pada kerang darah di perairan Manyar Gresik mencapai hasil rata-rata sebesar 1,245 mg/kg (Rahardja *et al.*, 2013). Kandungan logam berat tersebut masih dapat ditolerir, namun jika konsumsi dilakukan terus-menerus akan terjadi akumulasi di dalam tubuh yang menyebabkan penyakit *Neurotoxic Shellfish Poisoning* (NSP), gangguan pada organ hematopoetik, saraf, peredaran darah, ginjal hingga jantung (Andayani *et al.*, 2020).

Kadar logam berat yang tinggi dalam tubuh kerang karena kerang memiliki sifat *filter feeder*, sehingga logam berat mudah terakumulasi pada tubuh kerang selama fase pertumbuhannya (Anggo, 2017). Batas aman kandungan logam berat pada kerang sesuai dengan Badan Standardisasi Nasional tahun 2009 yang membatasi kadar Cd, Pb, dan Hg maksimum pada pangan yaitu 1 mg/kg (Solang, 2019). Tindakan penurunan logam berat dilakukan dengan dua metode

yakni metode transplantasi dan depurasi. Metode transplantasi membutuhkan waktu lama dan kurang efektif karena pemindahan kerang ke perairan bebas pencemar dilakukan selama satu musim pemijahan (Arifin, 2016), sehingga dilakukan upaya penurunan logam berat berupa depurasi yaitu dengan proses perendaman dan pengaliran air bersih sebelum dilakukan pengolahan (Aminin *et al.*, 2020). Penggunaan arang aktif dalam metode depurasi mampu menyerap unsur-unsur logam dalam air limbah. Penyerapan unsur logam dalam air limbah tersebut mencapai hingga 1,04 mg/L (Dianty, 2019).

Arang aktif dari tempurung kelapa menjadi alternatif pilihan karena tempurung kelapa mempunyai kandungan selulosa dan lignin yang tinggi, yakni 27,7% dan 29,4%, sehingga tempurung kelapa memiliki rongga dan pori yang banyak setelah mengalami proses karbonisasi (Puspitaloka *et al.*, 2018). Kebanyakan bentuk arang aktif yang digunakan berupa kayu-kayuan yang sebagian porinya belum termanfaatkan. Partikel dengan ukuran lebih kecil memiliki permukaan yang lebih luas sehingga daya serapnya lebih tinggi.

Pertimbangan berbagai potensi antara metode depurasi dan penggunaan arang aktif maka dilakukan modifikasi arang aktif dengan ukuran nanopartikel karena lebih mampu menembus ruang-ruang antar sel, dan penambahan luas permukaan berpengaruh terhadap daya absorpsi dengan daya serap lebih tinggi (Buzea *et al.*, 2007). Diharapkan arang aktif ukuran nanopartikel yang memiliki daya serap tinggi dapat menurunkan

kandungan logam berat yang terakumulasi dalam kerang.

2. Material dan Metode

Material

Bahan penelitian yang diperlukan yaitu arang dari tempurung kelapa, larutan NaOH 1%, aquades, kerang darah berasal dari daerah Kecamatan Sedati - Sidoarjo, air laut steril, dakron dan zeolit sebagai bahan yang dimasukkan dalam filter akuarium.

Metode

Aktivasi arang mengacu pada metode Wulandari *et al.* (2015). Sebanyak 10 gram arang direndam dalam 30 ml larutan NaOH 1% selama 24 jam. Selanjutnya, arang disaring dan dicuci menggunakan aquades, dipanaskan dengan oven suhu 105°C selama 30 menit hingga kering. Kemudian didinginkan menggunakan desikator selama 15-30 menit dan ditimbang (Sahara *et al.*, 2017). Arang yang sudah diaktivasi akan ditumbuk untuk mempermudah proses ultrasonikasi. Berdasarkan penelitian Firnando dan Astuti (2015), suhu optimal ultrasonikasi untuk menghasilkan ukuran nanopartikel adalah pada suhu 65°C dan dilakukan selama 2,5 jam untuk arang tempurung kelapa (Dewi dan Putri, 2019).

Pengujian ukuran partikel arang menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk memperoleh gambaran spesimen. Gambaran specimen tersebut dipindai dengan menggunakan sinar elektron berenergi tinggi. (Wijayanto dan Bayuseno, 2014). Komponen utama alat ini adalah tiga pasang lensa elektromagnetik yang berfungsi memfokuskan berkas elektron menjadi sebuah titik kecil, lalu discan dengan frekuensi variabel pada permukaan sampel. Semakin kecil berkas difokuskan, semakin besar resolusi lateral yang dicapai. Sumber elektron berupa filamen dari bahan kawat tungsten menyediakan berkas elektron yang teoretis memiliki

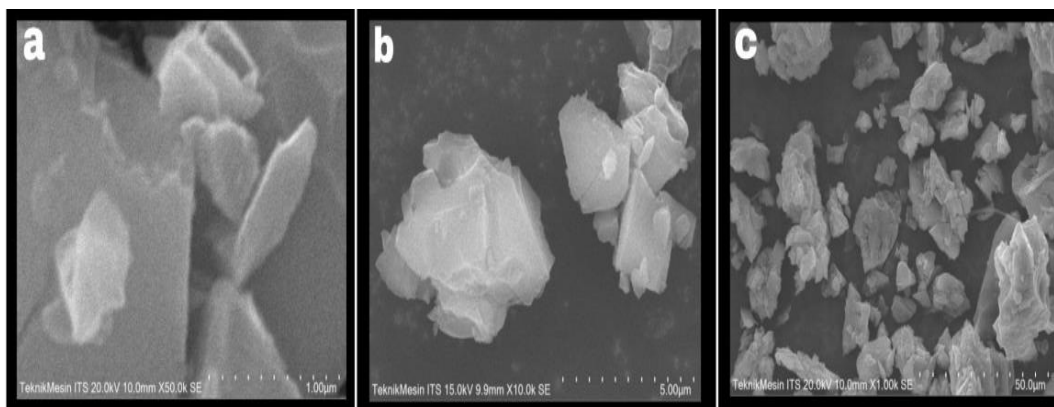
energi tunggal (monokromatik), *imaging detector*, yang berfungsi mengubah sinyal elektron menjadi gambar (Sujatno *et al.*, 2015).

Menurut Lee and Lovatelli (2008), kerang jenis *cockles* sebanyak 30 kg ditampung dalam 550 liter air, sehingga kerang 54,5 g diperlukan 1 liter air. Perlakuan perbedaan konsentrasi *nano-active charcoal* mengacu pada penelitian Rahmawati dan Yuanita (2013), yaitu 3%, 5%, dan 7%, sehingga pada penelitian ini rentang konsentrasi *nano-active charcoal* diperluas yaitu 0,5%, 5%, 10%, dan 15% dari berat kerang. Konsentrasi tersebut berdasarkan berat sampel kerang pada tiap akuarium. Lama waktu perendaman paling optimal dalam proses depurasi pada kerang darah adalah selama 24 jam (Riyadi *et al.*, 2016).

Uji kadar logam berat Pb dan Cd mengacu pada SNI 01-2896-1998. Pada tahap destruksi, sampel daging kerang sebanyak 5 g yang telah dicuci, dihancurkan, kemudian ditambahkan 15 mL HNO₃ 65% lalu dipanaskan menggunakan *hot plate*. Selanjutnya didinginkan dan dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan akuabides sampai tanda batas. Sementara itu, untuk parameter Hg, sampel yang telah didestruksi ditambahkan 10 ml HNO₃ 65%, 15 mL H₂SO₄, aquades, dan 5 mL K₂S₂O₈ 5%. Selanjutnya ditambahkan KMNO₄ sampai tanda batas lalu dipanaskan dengan menggunakan *hot plate* pada suhu 85°C selama dua jam. Sampel yang sudah menjadi larutan didiamkan selama 24 jam (Zulfahmi dkk, 2020).

3. Hasil dan Pembahasan

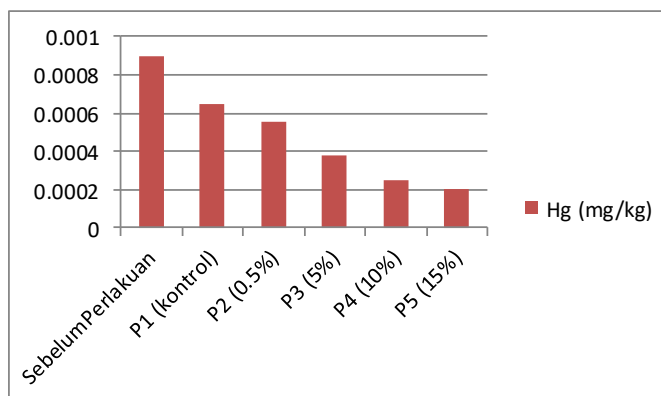
Pengujian SEM dilakukan di Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. Hasil uji SEM pada perbesaran 50.000x; 10.000x; dan 1.000x tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. sebagai berikut.



Gambar 1. Hasil Uji SEM (a) 50.000x; (b) 10.000x; (c) 1.000x.

Berdasarkan hasil Uji SEM dengan tingkat perbesaran 1.000x; 10.000x; dan 50.000x tersebut dapat diketahui bahwa partikel arang telah berukuran nanopartikel yaitu 10^{-9} nm setelah dilakukan pengukuran nanopartikel lebih lanjut di Laboratorium Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya dengan hasil uji yang menunjukkan bahwa terdapat 100% nanopartikel. Menurut Abdassah (2017) nanopartikel berukuran 1–100 nm memiliki luas permukaan dan daya serap yang lebih besar.

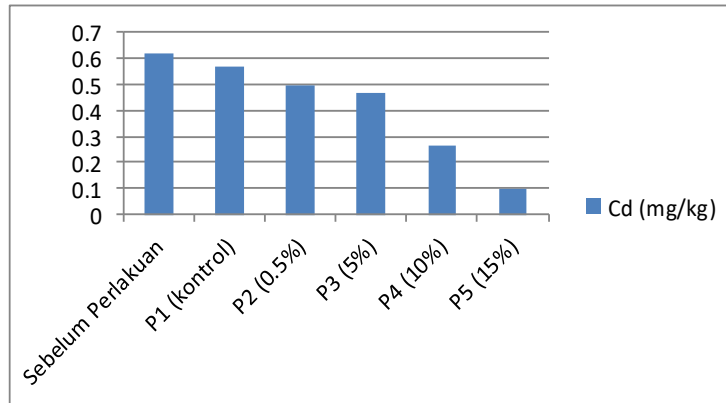
Pengujian logam berat kerang dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya. Hasil uji logam berat sampel kerang yang belum perlakuan adalah Hg 0,0009 mg/kg; Pb 1,82 mg/kg; dan Cd 0,62 mg/kg (Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4). Kandungan Pb pada kerang darah tersebut melebihi ambang batas maksimum sesuai dengan SNI No. 7387. Grafik hasil pengujian logam berat dapat dilihat pada gambar berikut ini, terdapat perbedaan nyata setiap perlakuan dan logam berat berhasil mengalami penurunan.



Gambar 2. Garfik Penurunan Logam Berat Hg.

Kandungan merkuri (Hg) pada kerang darah tampak mengalami penurunan setelah perlakuan konsentrasi arang aktif nanopartikel yang berbeda. Hasil penurunan Hg tertinggi terdapat pada P5 (konsentrasi arang aktif 15%), yaitu dari 0,0009 mg/kg menjadi 0,0002 mg/kg. Berdasarkan penelitian Aminin *et al.* (2020), arang aktif dengan konsentrasi lebih tinggi berhasil menurunkan kadar logam berat lebih banyak. Menurut

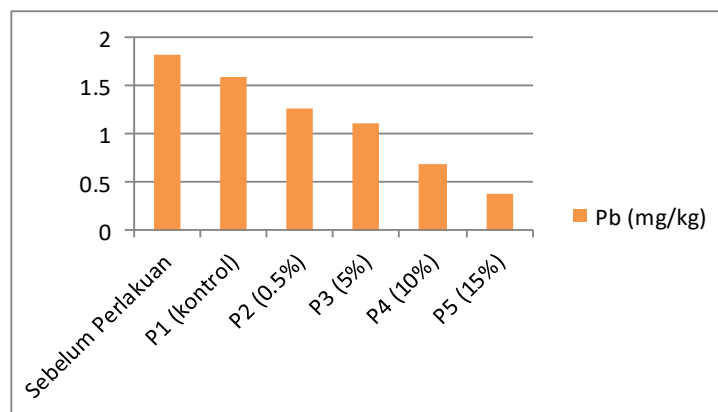
Andayani *et al.* (2020), sumber pencemaran merkuri (Hg) melalui pembuangan langsung ke air permukaan dan tanah yang berasal dari fungisida dan pestisida. Apabila terpapar pada konsentrasi yang tinggi akan mengakibatkan kerusakan otak permanen dan kerusakan ginjal. Merkuri akan terakumulasi dalam ginjal, otak, hati, dan janin (Stancheva, 2013).



Gambar 3. Grafik Penurunan Logam Berat Cd

Kandungan kadmium (Cd) kerang darah terlihat mengalami penurunan setelah diberi perlakuan konsentrasi arang aktif berukuran nanopartikel. Hasil penurunan Cd tertinggi terdapat pada P5 yaitu konsentrasi arang aktif berukuran nanopartikel sebanyak 15% dari berat kerang, yaitu dari 0,62 mg/kg menjadi 0,1 mg/kg. Kandungan logam berat Cd tersebut masih di bawah batas maksimum yang ditentukan. Pencemaran kadmium (Cd) ke tanah dan air antara lain bersumber dari sampah pertanian, pupuk, sampah kota, abu layang batubara, dan

deposisi atmosfer, limbah rumah tangga, peleburan, dan pemurnian logam bukan besi atau baja, serta pembuatan bahan kimia dan logam (Andayani *et al*, 2020). Bila jumlah Cd yang terakumulasi melebihi ambang maka biota dari level tertentu dalam rantai makanan akan mengalami kematian bahkan kemusnahan (Palar, 1994). Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yang sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya sangat sulit dihilangkan.



Gambar 4. Grafik Penurunan Logam Berat Pb

Kandungan timbal (Pb) pada kerang darah mengalami penurunan setelah diberi perlakuan arang aktif berukuran nanopartikel dari tempurung kelapa dengan perbedaan konsentrasi. Hasil penurunan Pb tertinggi terdapat pada P5 dengan konsentrasi arang aktif berukuran nanopartikel sebanyak 15% dari berat kerang. Kadar Pb yang semula 0,0009 mg/kg turun menjadi 0,0002

mg/kg. Kadar logam berat Hg tersebut masih di bawah batas maksimum yang ditentukan. Sumber pencemaran timbal (Pb) antara lain emisi dari bahan bakar minyak bumi yang dihasilkan oleh kegiatan transportasi dan industri, pembuatan baterai, serta pembakaran batubara. Akumulasi konsentrasi logam berat yang terdapat pada kekerangan bergantung pada ukuran, jenis kelamin,

habitat makanan, kondisi reproduksi, musim dan tingkat polusi (Andayani *et al*, 2020). Pada sistem pencernaan, timbal (Pb) menyebabkan konstipasi, mual, muntah, dan nafsu makan berkurang. Pada sistem reproduksi timbal (Pb) menyebabkan kematian janin dan teratospermia pada laki-laki (Poleksic *et al*, 2009).

Pengukuran kualitas air sebagai parameter pendukung dilakukan dua kali yaitu pagi hari sebelum kerang darah dimasukkan ke dalam akuarium dan pada sore hari setelah perlakuan diberikan pada setiap media pemeliharaan. Hasil pengukuran kualitas air sebelum pemberian perlakuan dan setelah pemberian perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil pengukuran kualitas air sebelum perlakuan (Mean ± SD)

Parameter	P1	P2	P3	P4	P5
Suhu (°C)	26.60±0.75 ^a	26.53±0.45 ^a	26.68±0.44 ^a	26.70±0.56 ^a	26.33±0.34 ^a
pH	7.20±0.24 ^a	7.35±0.24 ^a	7.15±0.40 ^a	7.22±0.22 ^a	7.38±0.25 ^a
DO (mg/l)	4.10±0.82 ^a	4.53±0.17 ^a	4.44±0.58 ^a	4.21±0.50 ^a	4.65±0.53 ^a

Tabel 2. Hasil pengukuran kualitas air sesudah perlakuan (Mean ± SD)

Parameter	P1	P2	P3	P4	P5
Suhu (°C)	28.23±0.59 ^a	28.13±1.15 ^a	28.20±0.48 ^a	27.49±0.30 ^a	28.10±0.86 ^a
pH	7.85±0.25 ^a	7.85±0.21 ^a	7.93±0.33 ^a	7.95±0.31 ^a	7.75±0.24 ^a
DO (mg/l)	5.57±1.06 ^a	5.65±0.5 ^a	5.57±1.19 ^a	5.06±0.79 ^a	5.45±0.75 ^a

Hasil rata-rata pengukuran kualitas air sebelum perlakuan antara lain, suhu berkisar antara 26,33°C hingga 26,70°C, pH berkisar antara 7,15 hingga 7,38, dan DO yakni 4,10 mg/L hingga 4,65 mg/L. Hasil pengukuran kualitas air sesudah perlakuan, sedikit lebih tinggi dibanding sebelum perlakuan, suhu berkisar antara 27,49°C hingga 28,23°C, rata-rata pH berkisar antara 7,75 hingga 7,95, dan rata-rata DO berkisar antara 5,06 mg/L hingga 5,65 mg/L. Perbedaan hasil pengukuran kualitas air berupa suhu disebabkan yang terjadi disebabkan pengukuran dilakukan pada waktu yang berbeda. Perbedaan hasil pengukuran kualitas air sebelum perlakuan tidak berbeda nyata pada setiap perlakuan, begitu pula untuk hasil pengukuran kualitas air setelah perlakuan.

Adapun suhu pada sore hari lebih tinggi daripada suhu pada pagi hari disebabkan intensitas cahaya matahari yang masuk pada kolom air di akuarium pada siang dan sore hari lebih tinggi dari pada pagi dan malam hari. Menurut Pramleonita *et al.*, (2018), intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam permukaan dapat menyebabkan perubahan suhu yang lebih hangat dari

pagi menuju siang hari.

Penurunan derajat keasaman suatu perairan dipengaruhi kadar CO₂ hasil respirasi organisme, karena CO₂ bersifat asam sehingga semakin tinggi CO₂ maka semakin rendah nilai pH (Alvateha *et al.*, 2021). Hal tersebut juga mempengaruhi kadar oksigen terlarut pada perairan, yang pada sore hari lebih tinggi dari pagi hari. Perbedaan kadar oksigen terlarut tersebut disebabkan proses fotosintesis fitoplankton yang menghasilkan oksigen sehingga menyebabkan oksigen terlarut meningkat pada siang hingga sore hari. Sebaliknya pada malam hari fitoplankton tidak melakukan fotosintesis bahkan membutuhkan oksigen sehingga kadar oksigen menjadi lebih rendah pada pagi hari (Purnamasari *et al.*, 2017).

Suhu pada perlakuan berkisar antara 26,33-28,23°C, sesuai dengan pernyataan Jamaluddin *et al.* (2018) bahwa suhu optimal untuk kerang darah berkisar antara 25-32°C. Suhu tersebut juga sesuai untuk kehidupan biota laut (ikan dan sebagainya) dan diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan < 2°C dari suhu alami (Andria and Sri, 2018). Derajat keasaman (pH) perlakuan berkisar

antara 7,15-7,95. Menurut Jamaluddin dkk (2018), pH optimal untuk kerang darah berkisar antara 6-9. *Dissolved oxygen* (DO) berkisar antara 4,10-5,65 mg/L. Nilai DO tersebut sesuai dengan pendapat Jamaluddin dkk. (2018) bahwa DO optimal untuk kehidupan kerang darah adalah ≥ 3 mg/L.

4. Kesimpulan

Perbedaan konsentrasi arang aktif berukuran nanopartikel dari tempurung kelapa berpengaruh nyata terhadap kandungan logam berat pada kerang darah yang berhasil mengalami penurunan secara signifikan. Semakin tinggi konsentrasi arang aktif yang diberikan maka penurunan kandungan logam berat semakin tinggi pula. Kandungan logam berat kerang darah sebelum diberi perlakuan sebesar Hg 0,0009 mg/kg; Pb 1,82 mg/kg; dan Cd 0,62 mg/kg dan penurunan terbanyak terdapat pada perlakuan dengan konsentrasi arang aktif 15% dari berat tubuh kerang darah yaitu menjadi, Hg 0,0002 mg/kg; Pb 0,37 mg/kg; dan Cd 0,10 mg/kg.

Daftar Pustaka

- Abdassah, M. (2017). Nanopartikel dengan gelas ionik. *Farmaka*, 15(1):45-52.
- Alvateha, D., Arfiati, D., & Lailiyah, S. (2021). Penambahan konsorsium bakteri dan aerasi pada upaya penurunan bahan organik air sisa budidaya udang *Vannamei* (*Litopenaeus vannamei*). *Indonesian Journal of Fisheries Community Empowerment*, 1(3):225-230.
- Aminin, A., Rahim, A. R., & Safitri, N. M. (2020). Respons teknologi depurasi terhadap kadar timbal (Pb) dalam kerang hijau hasil pembudidayaan di Pantai Banyuurip Kecamatan Ujung Pangkah Kabupaten Gresik. *Jurnal Perikanan Pantura*, 3(2):22-35.
- Andayani, A., Koesharyani, I., Fayumi, U., Rasidi, R., & Sugama, K. (2020). Akumulasi logam berat pada kerang hijau di Perairan Pesisir Jawa. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 5(2):135-144.
- Andria, M. A. F., & Sri, R. (2018). Kajian teknis faktor abiotik pada embung bekas galian tanah liat PT. Semen Indonesia Tbk. untuk pemanfaatan budidaya ikan dengan teknologi KJA. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 10(2):95-105.
- Anggo, S. 2017. Analisis fisika kimia dari kerang darah yang berasal dari Kayutanyo Kab. Banggai. *Jurnal Pendidikan Glasser*, 1(2):69-77.
- Arifin, W. (2016). Depurasi kandungan logam berat Pb Dan Cd pada kerang bulu (*Anadara antiquata*) dengan filter yang berbeda. Disertasi. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Buzea, C., Blandino, I. I. P., & Robbie, K. (2007). Nanomaterial and nanoparticles: Sources and toxicity. *Biointerphases*, 2(4):17-71.
- Dewi, T. S., & Putrid, N. P. (2019). Pengaruh waktu ultrasonikasi terhadap nilai kapasitansi elektroda superkapasitor berbahan dasar tempurung kelapa. *Inovasi Fisika Indonesia*, 8(1):5-7.
- Dianty, F. A. (2019). Analisis uptake dan depurasi logam kromium (Cr) dan timbal (Pb) terhadap ikan nila menggunakan air Sungai Code. Disertasi. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Firnando, H.G., & Astuti. (2015). Pengaruh suhu pada proses sonikasi terhadap partikel kristalinitas nanopartikel Fe_3O_4 . *Jurnal Fisika Unand*, 4(1):1-5.
- Handayani, M. F., Muhlis, M., & Gunawan, E. R. (2016). Analisis kandungan logam berat Pb pada sedimen dan kerang darah (Genus: *Anadara*) di Perairan Pantai Labuhan Tereng

- Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. 2(2):68-76.
- Jamaluddin, J., Yunita, R. & Dharmaji, D., (2018). Kajian kualitas air kelayakan hidup kerang darah (*Anadara granosa*) di Teluk Pamukan Desa Sakadoyan Kabupaten Kotabaru. *Aquatic*, 1(1):17-32.
- Lee, R. & Lovatelli, A. (2008). Bivalve depuration: fundamental and practical aspects. Italia: FAO.
- Pramleonita, M., Yuliani, N., Arizal, R., & Wardoyo, S. E. (2018). Parameter fisika dan kimia air kolam ikan nila hitam (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Sains Natural*, 8(1):24-34.
- Sahara, E., Dahliani, N. K., & Manuaba, I. B. P. (2017). Pembuatan arang aktif dari batang tanaman gemitir dengan NaOH. *Jurnal Kimia*, 11(2):174-180.
- Palar, H. (1994). Pencemaran dan toksikologi logam berat. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.
- Poleksic, V., Lenhardt, M., Jaric, I., Djordjevic., Gacic, Z., Cvijanovic, G., & Raskovic, B. (2009). Liver, gills, and skin histopathology and heavy metal content of the danube steriet (*Acipenser ruthenus* linnaeus, (1758). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 9999(12).
- Puspitaloka, J. A., Wahyuningsih, N. E., & Budiyo, B. (2018). Efektivitas variasi ketebalan arang aktif tempurung kelapa dalam menyerap kandungan logam berat timbal (Pb) pada larutan pestisida mengandung timbal. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(6):189-196.
- Rahardja, B. S., Zulkarnain, M. N. F., & Alamsjah, M. A. (2013). Studi kandungan logam berat kadmium (Cd) pada spesies ikan kembung (*Rastrelliger kanagurta*) dan kerang darah (*Anadara granosa*) di Perairan Manyar, Gresik dan di Perairan Jabon, Sidoarjo. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 5(1):37-42.
- Setyanto, A. E. (2013). Memperkenalkan kembali metode eksperimen dalam kajian komunikasi. *Jurnal Ilmu Komunikasi*. 3(1):37-48.
- Solang, M., Baderan, D. W. K., & Kumaji, S. S. (2019). Pemberdayaan masyarakat dalam penanganan balita stunting melalui pemanfaatan pangan lokal sumber protein dan zink berbasis kerang di Kabupaten Pohuwato Provinsi Gorontalo. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 25(2):85-90.
- Stancheva, M., Makedonski, L., & Petrova, E. (2013). Determination of heavy metals (Pb, Cd, As and Hg) in black sea grey mullet (*Mugil cephalus*). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 19(1):30-34.
- Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana., & Dimiyati, A. (2015). Studi *scanning electron microscopy* (SEM) untuk karakterisasi proses oksidasi paduan zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir*, 9(1):44-50.
- Rahmawati, E. & Yuanita, L. (2013). Adsorpsi Pb²⁺ oleh arang aktif sabut siwalan (*Borassus flabellifer*). *Journal of Chemistry*, 3(2):82-87.
- Riyadi, P.H., Anggo, A. D., dan Romadhon, R. (2016). Efektifitas depurasi untuk menurunkan kandungan logam berat Pb dan Cd dalam daging kerang darah (*Anadara granosa*). Prosiding Seminar Nasional Tahunan Ke-V Hasil-Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan. 684-692.
- Wijayanto, S. O., & Bayuseno, A. P. (2014). Analisis kegagalan material pipa ferrule nickel alloy N06025 pada waste heat boiler akibat suhu tinggi berdasarkan pengujian: Mikrografi dan kekerasan. *jurnal teknik mesin*,

1(4):33-39.

Wulandari, F., Umiatin, B. E., & Budi, E. (2015). Pengaruh konsentrasi larutan NaOH pada karbon aktif tempurung kelapa untuk adsorpsi logam Cu^{2+} . *Jurnal FMIPA*, 16(2):60-64.

Zulfahmi, I., Nasution, D.N., Nisa, K., & Akmal, Y. 2020. Logam berat pada hiu tikus (*Alopias pelagicus*) dan hiu kejen (*Loxodon macrorhinus*) dari Pelabuhan Perikanan Samudera Lampulo, Banda Aceh. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(1):47-57.