

**BIOREMEDIASI TERHADAP LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DENGAN
MENGUNAKAN KERANG BATIK (*Paphia undulata*) PADA UKURAN YANG
BERBEDA**

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

Oleh:

**WIDYA IZZATUL MILA
NIM: 115080101111091**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015**

**BIOREMEDIASI TERHADAP LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DENGAN
MENGUNAKAN KERANG BATIK (*Paphia undulata*) PADA UKURAN YANG
BERBEDA**

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan
di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya**

Oleh :

WIDYA IZZATUL MILA

NIM. 115080101111091



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2015

SKRIPSI

**BIOREMEDIASI TERHADAP LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DENGAN
MENGUNAKAN KERANG BATIK (*Paphia undulata*) PADA UKURAN YANG
BERBEDA**

Oleh :

WIDYA IZZATUL MILA

NIM. 115080101111091

Telah dipertahankan didepan penguji
Pada tanggal 11 Agustus 2015
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

Dosen Penguji I

(Dr. Ir. Mohammad Mahmudi, MS)

NIP. 19600505 198601 1 004

Tanggal:

Dosen Penguji II

(Dr. Asus Maizar S. H., S.Pi, MP)

NIP. 19720529 200312 1 001

Tanggal:

Dosen Pembimbing I

(Ir. Putut Widjanarko, MP)

NIP. 19591230 198503 2 002

Tanggal:

Dosen Pembimbing II

(Dr. Uun Yanuhar., S.Pi., M.Si)

NIP. 19730404 200212 2 001

Tanggal:

Ketua Jurusan

(Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS)

NIP. 19620805 198603 2 001

Tanggal:

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 14 Agustus 2015

Mahasiswa

Widya izzatul Mila

NIM.11508010111091

RINGKASAN

WIDYA IZZATUL MILA. Skripsi. bioremediasi terhadap logam berat timbal (pb) dengan menggunakan kerang batik (*paphia undulata*) pada ukuran yang berbeda. (dibawah bimbingan **Ir. Putut Widjanarko, MP** dan **Dr. Uun Yanuhar, S.Pi., M.Si**)

Pencemaran lingkungan perairan secara prinsip merupakan permasalahan yang sangat penting. Hal tersebut di pahami dengan melihat peranan air di dalam kehidupan manusia dan juga makhluk hidup lainnya. Penurunan kualitas lingkungan perairan akibat bahan pencemar dapat berpengaruh pada biota perairan yang ada di dalamnya, Sehingga berdampak pada kehidupan manusia yang ketergantungannya terhadap lingkungan perairan sangat besar. Untuk melindungi kualitas air maka perlu dilakukan upaya pengendalian terhadap pengeluaran polutan. Pengendalian yang dilakukan berupa fisik, kimia, dan biologi. Terdapat teknik remediasi lingkungan tercemar yaitu menggunakan cara biologis atau bioremediasi.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei – Juni 2015 di Laboratorium Workshop Fakultas perikanan dan Ilmu kelautan dan analisa kandungan logam berat timbal (Pb) dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang.

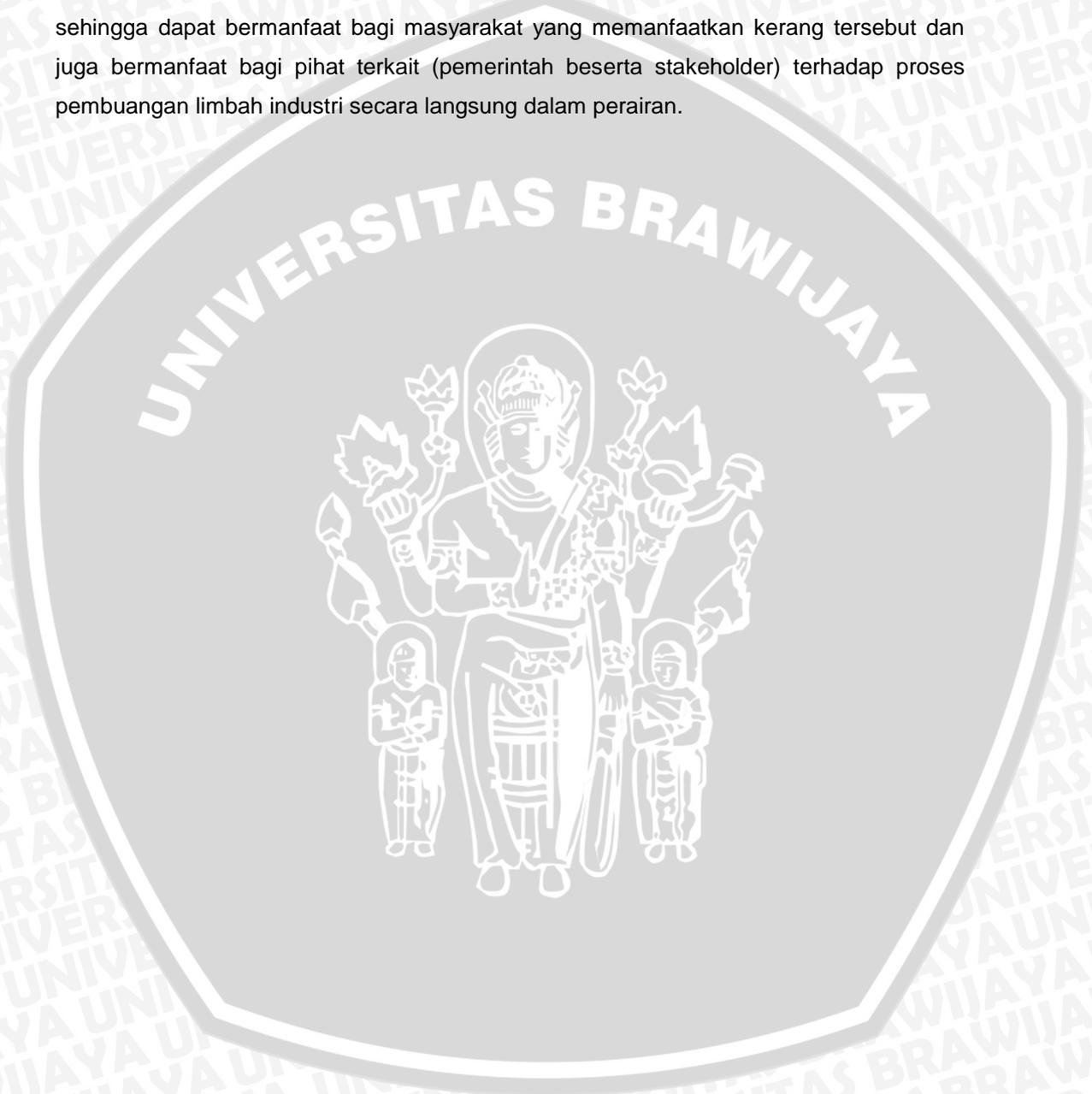
Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kemampuan kerang batik (*Corbula faba*) ukuran kecil, sedang, dan besar dalam upaya menurunkan logam berat (Pb)

Metode yang digunakan adalah eksperimen. Adapun penelitian ini perlakuan yang digunakan ada 3 yaitu, kerang batik ukuran kecil (KBK), kerang batik ukuran sedang (KBS) dan kerang batik ukuran besar (KBB) dengan dosis 0 ppm (kontrol) dan 3 ppm, kemudian dilakukan 3 kali pengulangan, dan dianalisa kadar logam beratnya menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) serta parameter fisika dan kimia air meliputi suhu, pH, oksigen terlarut, dan salinitas.

Penurunan logam berat Pb dalam air pada kerang batik ukuran kecil, sedang, dan besar dengan dosis 0 ppm (kontrol) tidak memberikan perbedaan yang nyata, sedangkan pada dosis 3 ppm kerang batik ukuran kecil berbeda nyata dengan kerang batik besar dan sedang dalam penurunan logam Pb. Pada dosis 3 ppm dalam air penurunan tertinggi terdapat pada kerang batik sedang dengan prosentase 42.7% dan terendah terdapat pada kerang batik ukuran kecil sebesar 1.7%. Penyerapan logam berat Pb dalam daging pada kerang batik ukuran kecil, sedang dan besar dengan dosis 0 ppm (kontrol) tidak memberikan perbedaan yang nyata, sedangkan pada dosis 3 ppm kerang batik ukuran kecil berbeda nyata dengan kerang batik besar dan sedang dalam penyerapan logam Pb. Pada dosis 3 ppm dalam daging penyerapan tertinggi terdapat pada kerang batik ukuran sedang sebesar 86.75% dan terendah terdapat pada kerang batik ukuran kecil sebesar

80.31%. Hasil pengukuran kualitas air suhu berkisar $26,2^{\circ}\text{C}$ – $31,2^{\circ}\text{C}$, salinitas berkisar 25 – 33,6 ppt, oksigen terlarut berkisar 5,1 – 6,44 mg/l, dan derajat keasaman (pH) berkisar antara 7 - 8.

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kerang batik mampu menurunkan logam berat (Pb) dengan menggunakan ukuran kecil, sedang, dan besar, sehingga dapat dijadikan alternatif penurunan pencemaran kualitas air khususnya logam berat di perairan sehingga dapat bermanfaat bagi masyarakat yang memanfaatkan kerang tersebut dan juga bermanfaat bagi pihak terkait (pemerintah beserta stakeholder) terhadap proses pembuangan limbah industri secara langsung dalam perairan.



KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya saya dapat menyelesaikan Laporan Skripsi yang berjudul “BIOREMEDIASI TERHADAP LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DENGAN MENGGUNAKAN KERANG BATIK (*Paphia undulata*) PADA UKURAN YANG BERBEDA”. Dalam penyusunan Laporan Skripsi ini tentunya tidak sedikit hambatan yang saya hadapi. Namun saya menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Skripsi ini berjalan dengan baik atas bantuan, dorongan dan bimbingan dari orang tua maupun dosen – dosen Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang yang telah memberikan fasilitas kuliah untuk dapat menunjang proses kegiatan skripsi.
2. Dr. Ir. Mulyanto, M.Si selaku Ketua Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan dan Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS selaku Ketua Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan
3. Ir. Putut Widjanarko, MP dan Dr. Uun Yanuhar, S.Pi., M.Si selaku dosen pembimbing, atas bimbingan serta nasehat yang telah diberikan.
4. Kepada Ayah dan Ibu, serta keluarga yang tak pernah lelah memberikan dukungan serta doa, serta
5. Teman-teman ARM'11 yang telah memberi semangat dan doa selama ini hingga Laporan Skripsi ini dapat terselesaikan.

Semoga Laporan Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak. Mohon maaf jika ada kata-kata yang tidak berkenan, sekian dan terima kasih.

Malang, 14 Agustus 2015

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah, syukurku pada-Mu ya Allah, atas segala rahmat yang Engkau berikan, dan segala petunjuk serta kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini. Sholawat dan salam, semoga tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah menunjukkan jalan kebenaran menuju kemuliaan.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan Skripsi ini telah banyak melibatkan bantuan dari berbagai pihak, hanya ungkapan terima kasih yang tulus penulis ucapkan kepada:

- ❖ Orang tua Tercinta, Ibunda “*Dewi Mukarromah*”, Ayahanda *Imam Wahyudi*” dan semua keluarga saya atas segala do’a yang tak pernah ada hentinya untuk selalu mendoakan dalam segala hal serta ridhonya, cucuran kasih sayangnya, dan seluruh tetesan peluh keringatnya sehingga saya dengan penuh semangat tanpa putus asa dan selalu berdoa kepada-Nya bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
- ❖ *Ir. Putut Widjanarko, MP dan Dr. Uun Yanubar, S.Pi., M.Si* atas segala kesediaan waktu kesabarannya dalam membimbing saya sebagai penulis, terimakasih atas ilmu-ilmu yang diberikan, serta nasehat dan motivasi sehingga terselesaikannya laporan ini. Selain itu motivasi dan nasehat yang diberikan untuk selalu membuat saya menjadi lebih baik dan selalu berusaha untuk bisa menjadi orang yang sukses kedepannya
- ❖ *Dr. Ir. Mohammad Mahmudi, MS dan Dr. Agus Maizar S. H., S.Pi, MP.* atas suntikan ilmu yang disalurkan lewat kritik dan sarannya sebagai dosen penguji.
- ❖ Universitas Brawijaya, sebagai wahana yang telah memberi kesempatan dan fasilitas dalam proses saya mengais ilmu-Nya.
- ❖ Bapak dan Ibu Dosen serta seluruh staff di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, atas sumbangan ilmu dan pengalaman berharganya.
- ❖ Teman-teman dan sahabat - sahabat ARM’11 seperjuangan atas segala do’a dan semangatnya yang diberikan secara langsung maupun tidak langsung
- ❖ Sahabat-sabat yang selalu memberikan energi semangat dikalah semangat dalam diri menurun, memberikan warna dalam canda dan tawa dikalah kesedihan melanda, memberikan bantuan dikalah merasa susah sehingga merasa mudah dalam menyelesaikan masalah, tempat untuk mencurahkan segala keluh, kesah dalam hati, terimakasih selama 4 tahun ini sudah menjadi sodara yang memberikan warna dalam hidup. This Special Thanks For All Of You (Anggun, Galuh, Pipit, Ridha, Cahyo, Agus, Ardhita, Fani, Yosev, Jejen) sebagai sahabat seperjuangan kuliah yang sangat membantu dalam segala hal demi masa depan.

- ❖ Sahabat-sahabatku “Griya Brawijaya” (Nina, Tiara, desi, Alvi,eca) yang selama 4 tahun ini memberikan suport berupa hiburan, dukungan, curhatan dan membantu segala keluh kesahu selama ini.
- ❖ “Abraham Marta Pandhita” yang selalu memberikan support moril dan selalu setia membantu dalam segala hal demi harapan dan impian.
- ❖ Kakak-kakak dan adik-adik tingkat saya, serta seluruh teman-teman di program studi/jurusan/fakultas lain.
- ❖ Semua pihak yang tidak penulis sebutkan satu persatu yang secara langsung maupun tidak langsung dan baik sengaja maupun tidak sengaja telah membantu hingga terselesaikannya skripsi ini.

Hanya Allah muara setiap amal kita dan semoga keikhlasan dan pengorbanan yang telah diberikan diganti-Nya dengan yang lebih baik.

Malang, 14 Agustus 2015



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
RINGKASAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Hipotesis.....	4
1.5 Waktu dan Tempat.....	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Logam Berat.....	5
2.1.1 Pengertian Logam Berat.....	5
2.1.2 Logam Berat Timbal (Pb).....	6
2.1.3 Logam Berat Timbal (Pb) Pada Organisme.....	7
2.1.4 Mekanisme Penyerapan Logam Berat (Pb) Oleh Organisme.....	8
2.2 Bioremediasi.....	10
2.3. Kerang Batik (<i>Paphia undulata</i>).....	10
2.3.1 Morfologi dan Klasifikasi.....	10
2.3.2 Habitat Kerang Batik.....	12
2.3.3 Makan dan Kebiasaan Makan Kerang Batik.....	13
2.3.4 Sistem Pencernaan dan Sistem Reproduksi Kerang Batik.....	14



2.4 Kualitas Air..... 15

 2.4.1 Parameter Fisika 15

 2.4.2.Parameter Kimia 17

3. MATERI DAN METODE

3.1 Materi Penelitian 19

3.2 Alat dan Bahan Penelitian 19

3.3 Metode Penelitian 19

3.4 Prosedur Penelitian..... 20

3.5 Analisa Logam berat Timbal (Pb)..... 21

3.6 Metode Analisa Kualitas Air 22

3.7 Rancangan Penelitian 24

3.8 Analisis Data..... 25

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Konsentrasi Logam Berat Pb dalam Air 29

4.2 Konsentrasi Logam Berat Pb pada Kerang Batik ukuran berbeda.... 33

4.3 Parameter Kualitas Air 39

 4.3.1 Suhu 39

 4.6.2 Salinitas 41

 4.6.3 Derajat Keasaman (pH)..... 42

 4.6.4 Oksigen Terlarut (DO) 43

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan 45

5.2 Saran 46

DAFTAR PUSTAKA..... 48

LAMPIRAN..... 53



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rancangan Percobaan	25
2. Hasil Pengamatan	25
3. Perhitungan Jumlah Kuadrat.....	26
4. Data Hasil Rata-Rata Penurunan Logam Berat Timbal (ppm) dalam Air Dengan dosis 0 ppm (kontrol)	29
5. Data Hasil Rata-Rata Penurunan Logam Berat Timbal (ppm) dalam Air Dengan dosis 3 ppm	29
6. Sidik Ragam Penurunan Logam Berat Pb Dalam Air	30
7. Rata-rata Hasil Penurunan Logam Berat Pb Di Air	33
8. Data Hasil Rata-rata Pengukuran Logam Berat Timbal Dalam Kerang Batik Pada Ukuran Yang Berbeda Dengan Dosis 0 ppm (Kontrol)	33
9. Data Hasil Rata-rata Pengukuran Logam Berat Timbal Dalam Kerang Batik Pada Ukuran Yang Berbeda Dengan Dosis 3 ppm.....	33
10. Sidik Ragam Penyerapan Logam Berat Pb Oleh Kerang Batik Pada Ukuran Yang Berbeda.....	34
11. Tabel rata-rata Penyerapan Logam Berat Pb Pada Kerang Batik	35



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerang Batik (<i>Paphia undulata</i>)	11
2. Ukuran Cangkang kerang	20
3. Grafik Penyerapan Logam Berat Pb Oleh Kerang Batik Ukuran Berbeda	36
4. Grafik Perubahan Suhu	39
5. Grafik Rata-rata Perubahan Salinitas.....	40
6. Grafik Rata-rata Perubahan pH	42
7. Grafik Perubahan DO	43



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Alat dan Bahan.....	52
2. Data hasil Penurunan Logam Berat Pb Pada Air Kontrol (0ppm) dan Pemberian Pb dengan dosis 3 ppm.....	53
3. Data hasil Penyerapan Logam Berat Pb Pada kerang Batik dan Pemberian Pb dengan dosis 3 ppm.....	54
4. Perhitungan Penurunan Logam Berat Pb Oleh Air.....	55
5. Perhitungan Penyerapan Logam Berat Pb Oleh Kerang Batik Ukuran Berbeda.....	59
6. Perhitungan Dosis Logam Berat Timbal (Pb)	63
7. Data Kualitas Air.....	64
8. Foto penelitian.....	68



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu Negara berkembang yang terus membangun pada sektor-sektor industri untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi. Pembangunan - pembangunan di sektor industri tidak hanya memberikan nilai tambah bagi ekonomi Negara, tetapi di sisi lain berpotensi bagi kerusakan lingkungan akibat limbah yang dihasilkannya (Wetipo *et al.*, 2013). Kegiatan industri yang pada prinsipnya adalah untuk meningkatkan derajat kualitas hidup manusia, juga dapat menurunkan kesehatan organisme biota laut yang ada di perairan tersebut (Sinaga *et al.*, 2013).

Pencemaran lingkungan perairan secara prinsip merupakan permasalahan yang sangat penting, hal tersebut dapat dipahami dengan melihat peranan air di dalam kehidupan manusia dan juga makhluk hidup lainnya (Wardhana, 2004). Penurunan kualitas lingkungan perairan akibat bahan pencemar dapat berpengaruh pada biota perairan yang ada di dalamnya, sehingga berdampak pada kehidupan manusia yang ketergantungannya terhadap lingkungan perairan sangat besar. Jika kondisi ini dibiarkan, kedepan akan memperburuk kondisi lingkungan dan membahayakan makhluk hidup akibat meningkatnya status pencemaran pada biota perairan (Makkasau *et al.*, 2011). Oleh karena itu hal tersebut dimungkinkan banyak terkandung logam berat yang sangat tinggi yang dapat membahayakan masyarakat sekitar. Logam berat merupakan salah satu komponen yang terdapat dalam limbah industri yang dapat menimbulkan permasalahan karena logam berat tidak dapat terdegradasi dalam lingkungan dan bersifat racun terhadap makhluk hidup baik biota air maupun manusia yang mengkonsumsinya. Logam-logam berat berbahaya yang sering mencemari



lingkungan antara lain merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenik (As), cadmium (Cd) dan kromium (Cr).

Logam yang ada pada perairan tersebut salah satunya adalah Timbal. Timbal (Pb) merupakan jenis logam berat non esensial yang berbahaya bagi makhluk hidup terutama untuk biota air. Racun ini akan timbul apabila terakumulasi dalam jumlah yang besar pada tubuh biota air. Sumber pencemaran logam berat Timbal (Pb) diantaranya limbah industri yang berkaitan dengan logam timbal (Pb). Masuknya Pb dalam perairan akan meningkatkan konsentrasinya, sehingga dapat menyebabkan bioakumulasi pada biota perairan, bahkan dapat membunuh biota air apabila Pb dalam air dalam konsentrasi yang tinggi (Palar, 2012).

Untuk melindungi kualitas air maka perlu dilakukan upaya pengendalian terhadap pengeluaran polutan. Upaya pengendalian logam berat perlu dilaksanakan sejak awal, dalam arti limbah-limbah yang mencemari lingkungan harus terlebih dahulu diolah. Berbagai metode pengolahan limbah telah digunakan dan dikembangkan pada berbagai industri. pengolahan yang dilakukan merupakan pengolahan secara fisik, kimia, dan biologi (Effendi, 2003). Metode secara fisik dan kimia tersebut terdapat resiko yang besar dan biayanya relatif mahal, sedangkan dengan menggunakan biologis dimungkinkan biaya yang diperlukan cukup murah dan risikonya yang relatif kecil. Teknik remediasi lingkungan tercemar banyak menggunakan cara biologis atau bioremediasi. (Wetipo *et al.*, 2013).

Bioremediasi adalah aplikasi dari prinsip-prinsip proses biologi untuk mengolah air, tanah, dan lumpur yang terkontaminasi zat-zat kimia yang berbahaya (Cookson, 1995 *dalam* Munawar *et al.*, 2007). Tujuan bioremediasi adalah memineralisasi kontaminan, yaitu mengubah senyawa kimia berbahaya menjadi kurang berbahaya seperti karbon dioksida atau beberapa gas lain, senyawa anorganik, air, dan materi yang dibutuhkan (Munawar *et al.*, 2007).

Kondisi perairan yang buruk tetap dapat ditanggulangi atau di rehabilitasi dengan penggunaan organisme sebagai bioadsorben (Djawad dan Bertha, 2008). Rahmawati (2005), menjelaskan bahwa terdapat salah satu hasil kekayaan laut sejenis kerang yang dalam bahasa latinnya dikenal dengan sebutan *Mussels* dengan memiliki berbagai manfaat terutama sebagai bahan pangan yang dikonsumsi. Kerang batik termasuk dalam phylum *Mollusca* yang memiliki tubuh lunak, keadaan tubuh yang lunak merupakan dasar pemberian nama phylum ini. *Mollusca* dari kata *mollis* yang artinya lunak (Radiopoetra, 1996).

Selain itu, Mangampa et al., (1999), menjelaskan bahwa jenis bivalvia dari tiram, kerang bakau, dan kerang hijau dapat mengakumulasi logam berat dari air, menurunkan populasi bakteri dari sumber, mengurangi peningkatan bahan organik terlarut dan mengendalikan peledakan populasi plankton.

Karena sifat kerang yang mampu hidup pada kondisi perairan yang buruk dan cara hidupnya bersifat *filter feeder*, kerang dapat menyerap lebih besar toksik (Djawad dan Bertha, 2008). Dalam mengakumulasi logam berat seperti Pb atau Cd akan terakumulasi dalam jaringan insang kerang, yang biasanya akan direspon kerang dengan mengeluarkan lendir yang menyelimuti insang. Lendir pada kerang penyusun utamanya adalah glikoprotein, sehingga diduga logam tersebut terikat menjadi metalothienin karena penyusun utamanya adalah sistein yaitu protein yang tergolong dalam gugus sulfidil yang mampu mengikat logam (suryono, 2006). Berdasarkan dampak yang ditimbulkan dari pencemaran oleh logam berat diatas, maka perlu dilakukan upaya untuk mengurangi logam berat dalam perairan dengan memanfaatkan kerang batik. Ukuran cangkang kerang batik dapat mempengaruhi konsentrasi logam berat dalam tubuhnya. Ukuran cangkang yang besar berkorelasi juga dengan meningkatnya umur kerang dan juga meningkatnya akumulasi logam berat didalam tubuh kerang

(Fauziah et al., 2012). Kerang batik dikenal sebagai organisme yang mampu mengakumulasi logam berat, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang upaya penurunan logam berat (Pb) dengan menggunakan kerang batik (*Paphia undulata*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian sebelumnya maka dapat dirumuskan permasalahan yang menjadi fokus penelitian ini yaitu:

1. Apakah kerang batik mampu menurunkan logam berat timbal (Pb)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui kemampuan kerang batik dalam menurunkan logam berat timbal (Pb).

1.4 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah:

- H0: Tidak ada perbedaan interaksi antara kerang batik ukuran kecil, sedang, besar dan dosis terhadap penurunan logam berat timbal (Pb).
- H1: Ada perbedaan interaksi antara kerang batik ukuran kecil, sedang, besar dan dosis terhadap penurunan logam berat timbal (Pb).

1.5 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan Laboratorium Wokshop Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, dan Laboratorium Lingkungan Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya Malang. Pelaksanaan kegiatan ini dimulai pada bulan Mei 2015.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat

2.1.1 Pengertian Logam Berat

Logam digolongkan kedalam dua kategori, yaitu logam berat dan logam ringan. Logam berat adalah logam yang mempunyai berat jenis 5 g/cm^3 , dan jika logam yang berat jenisnya kurang dari 5 g/cm^3 termasuk dalam logam ringan (Darmono, 1995).

Palar (2012), menyatakan bahwa logam berat adalah golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan dan masuk ke dalam tubuh organisme hidup. Berbeda dengan logam biasa, logam berat biasanya menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup. Dapat dikatakan bahwa semua logam berat dapat menjadi racun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup.

Tanpa disadari keberadaan logam berat adalah unsur yang penting yang dibutuhkan oleh makhluk hidup. Logam berat yang esensial seperti tembaga (Cu), Selenium (Se), Besi (Fe), dan Zink (Zn) penting untuk metabolisme dalam jumlah yang tidak berlebihan. Sedangkan logam yang termasuk dalam elemen mikro merupakan kelompok logam berat yang nonesensial yang tidak mempunyai fungsi sama sekali dalam tubuh. Logam tersebut bahkan sangat berbahaya dan dapat menjadi toksik bagi makhluk hidup. Misalnya timbal (Pb), Merkuri (Hg), Arsenik (As), Cadmium (Cd) (Agustina, 2010).

Effendi (2003), menyebutkan bahwa polutan yang berupa bahan-bahan kimia bersifat stabil dan tidak mudah mengalami degradasi sehingga bersifat persisten di alam dalam kurun waktu yang lama. Pencemaran dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. logam (*metals*), meliputi: Lead (timbal), nikel, kadmium, *zinc*, *copper*, dan merkuri. logam berat diartikan sebagai logam dengan nomor atom >20m tidak termasuk logam alkali, alkali tanah, lantanida, dan aktinida.
- b. senyawa organik, meliputi: pestisida organoklorin, herbisida, PCB, hidrokarbon alifatik berklor, pelarut (*solvents*), surfaktan rantai lurus, hidrokarbon petroleum, aromatic polinuklir, dibenzodioksin berklor, senyawa organometalik, fenol, dan formaldehida. senyawa ini berasal dari kegiatan industri, pertanian, dan domestik.
- c. gas, misalnya klorin dan ammonia
- d. anion, misalnya sianida, fluorida, sulfida, dan sulfat.
- e. asam dan alkali.

2.1.2 Logam Berat Timbal (Pb)

Timbal adalah logam lunak kebiruan atau kelabu keperakan yang terdapat dalam kandungan endapan sulfid yang tercampur mineral-mineral lain, terutama seng dan tembaga (Panjaitan, 2009). Logam timbal (Pb) adalah jenis logam lunak berwarna coklat kehitaman dan mudah dimurnikan. Logam Pb lebih tersebar luas dibanding kebanyakan logam toksik yang lainnya. Bahaya yang ditimbulkan oleh penggunaan timbal adalah sering menyebabkan keracunan. Keracunan Pb ini kebanyakan disebabkan oleh pencemaran lingkungan (Darmono, 1995).

Palar (2012), menyatakan logam Timbal (Pb) atau Pb mempunyai sifat-sifat yang khusus seperti:

1. Merupakan logam yang lunak, sehingga dapat dipotong dengan menggunakan pisau atau dengan tangan dan dapat dibentuk dengan mudah
2. Merupakan logam yang tahan terhadap peristiwa korosi atau karet, sehingga logam timbal sering digunakan sebagai bahan *coating*
3. Mempunyai titik lebur rendah, hanya 326,5 derajat C
4. Mempunyai penghantar listrik yang tidak baik

5. Mempunyai kerapatan yang lebih besar dibandingkan dengan logam-logam biasa, kecuali emas dan merkuri.

Dewasa ini pelepasan Pb ke atmosfer meningkat tajam akibat pembakaran minyak dan gas bumi yang turut menyumbang pembuangan Pb ke atmosfer. Selanjutnya Pb tersebut jatuh ke laut mengikuti air hujan. Dengan kejadian tersebut maka banyak Negara di dunia mengurangi tetraetil Pb pada minyak bumi dan gas alam untuk mengurangi pencemaran Pb di atmosfer (Agustina, 2010). Kelarutan timbal cukup rendah sehingga kadar timbal di dalam air relatif sedikit. Kadar dan toksisitas timbal dipengaruhi oleh kesadahan, pH, alkalinitas, dan kadar oksigen. Timbal diserap baik oleh tanah sehingga pengaruhnya terhadap tanaman relatif kecil. Di perairan timbal membentuk senyawa kompleks yang memiliki sifat kelarutan rendah dengan beberapa anion, misalnya hidroksida, karbonat, sulfida, dan sulfat (Effendi, 2003).

2.1.3 Logam Berat Non Esensial (Pb) Pada Organisme

Lingkungan perairan banyak dihuni oleh berbagai organisme hidup dan semua organisme hidup berada dalam satu sistem trofik (trophic level). Masuknya bahan pencemaran ke dalam perairan akan membunuh organisme yang paling sensitif (Hutagalung, 1984). Daya toksisitas logam berat terhadap makhluk hidup sangat bergantung pada spesies, lokasi, umur (fase siklus hidup). Daya tahan (detoksitas) dan kemampuan individu untuk menghindarkan diri dari pengaruh polusi. Toksisitas pada spesies hewan dibedakan menurut kriteria sebagai berikut: hewan air, hewan darat, dan hewan laboratorium. Sedangkan toksisitas menurut lokasi dibagi menurut kondisi tempat makan mereka hidup, yaitu daerah pencemaran berat, sedang, dan daerah nonpolusi. Umur hewan juga sangat berpengaruh terhadap daya toksisitas logam, yang umumnya umur muda lebih peka. Daya tahan makhluk hidup terhadap toksisitas logam juga



bergantung pada daya detoksikasi individu yang bersangkutan, dan faktor kesehatan yang sangat mempengaruhinya (Darmono, 2001).

Keracunan yang ditimbulkan oleh persenyawaan logam Pb dapat terjadi karena masuknya logam tersebut ke dalam tubuh. Proses masuknya Pb dalam tubuh dapat melalui beberapa jalur, yaitu melalui makanan dan minuman, udara dan perembesan atau penetrasi pada selaput atau lapisan kulit. Senyawa timbal (Pb) yang masuk ke dalam tubuh melalui makanan dan minuman akan diikuti dalam proses metabolisme tubuh (Palar, 2012).

Darmono (2001), semua spesies kehidupan dalam air sangat terpengaruh oleh hadirnya logam yang terlarut dalam air, terutama pada konsentrasi yang melebihi normal. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya toksisitas logam dalam air terhadap makhluk yang hidup di dalamnya, yaitu sebagai berikut:

- a. bentuk ikatan kimia dari logam yang terlarut
- b. pengaruh interaksi antara logam dan jenis toksikan lainnya.
- c. Pengaruh lingkungan seperti: suhu, kadar garam, pH, dan kadar oksigen yang terlarut dalam air
- d. Kondisi hewan, fase siklus hidup (telur, larva, dewasa), besarnya ukuran organisme, jenis kelamin, dan kecukupan kebutuhan nutrisi
- e. Kemampuan hewan untuk menghindari dari pengaruh polusi
- f. Kemampuan organisme untuk beraklimatisasi terhadap bahan toksik logam.

2.1.4 Mekanisme Penyerapan Logam Berat (Pb) Oleh Organisme

Biota air yang hidup dalam perairan tercemar logam berat timbal dapat mengakumulasi logam berat tersebut dalam jaringan tubuhnya. Makin tinggi kandungan logam Pb dalam perairan akan menyebabkan semakin tinggi pula kandungan logam berat yang terakumulasi dalam tubuh biota tersebut. Palar (1994), menjelaskan bahwa logam berat diketahui dapat mengumpul di dalam tubuh organisme, dan tetap tinggal dalam tubuh jangka waktu lama sebagai

racun yang terakumulasi. Kondisi perairan yang terkontaminasi oleh berbagai macam logam yang akan berpengaruh nyata terhadap ekosistem perairan baik perairan darat maupun perairan laut.

Lestari (2002), mengemukakan bahwa unsur logam berat dapat masuk ke dalam tubuh organisme melalui 3 cara yaitu melalui rantai makanan, penyerapan secara difusi melalui permukaan kulit, dan melalui insang. Akumulasi biologis dapat terjadi melalui absorpsi langsung logam berat yang terdapat dalam air, oleh karena itu yang hidup di dalam perairan yang tercemar oleh logam berat, jaringan tubuhnya akan mengandung logam berat pula. Mekanisme penyerapan timbal ke dalam organisme perairan yaitu melalui penyerapan pada kulit, melalui insang dan melalui rantai makanan, pengeluarannya biasanya dikeluarkan melalui permukaan tubuh insang, isi perut atau urine (Fardiaz, 1992).

Proses Penyerapan logam berat oleh makhluk hidup melalui dua mekanisme yaitu uptake aktif dan uptake pasif. Aktif uptake yaitu dapat terjadi pada berbagai sel hidup. Mekanisme ini secara simultan terjadi sejalan dengan konsumsi ion logam untuk pertumbuhan mikroorganisme dan akumulasi intraseluler ion logam tersebut. Logam berat dapat juga diendapkan pada proses metabolisme dan ekskresi pada tingkat ke dua. Proses ini tergantung dari energy yang terkandung dan sensitifitasnya terhadap parameter-parameter yang berbeda seperti pH, suhu, kekuatan ionik, cahaya. Disamping itu proses ini dapat dihambat oleh suhu yang rendah, tidak tersedianya sumber energy dan penghambat metabolisme sel. Uptake pasif dikenal dengan istilah biosorpsi. Biosorpsi logam berat dengan sel hidup itu terbatas dikarenakan oleh akumulasi ion yang menyebabkan racun terhadap mikroorganisme. hal ini biasanya dapat menghalangi pertumbuhan mikroorganisme disaat keracunan terhadap ion logam tercapai. Mikroorganisme yang tahan terhadap efek racun ion logam akan dihasilkan berdasarkan prosedur

seleksi yang ketat terhadap pemilihan jenis mikroorganisme yang tahan terhadap kehadiran ion logam berat.

2.2 Bioremediasi

Bioremediasi adalah kegiatan yang dilaksanakan secara biologi untuk mencegah dan mengeliminasi terjadinya pencemaran berikut dampak lain yang dapat ditimbulkannya. Pada umumnya, kegiatan bioremediasi dilakukan untuk melindungi kawasan yang berpotensi mengalami pencemaran lingkungan, baik di air, di daratan maupun di udara. Kegiatan teknis bioremediasi saat ini banyak dilakukan oleh masyarakat dan para pemerhati kualitas lingkungan di perairan (Handayani, 2013).

Dalam sistem bioremediasi kondisi yang tidak mendukung dimodifikasi dari reaksi biodegradasi ditingkatkan dengan memperbaiki faktor lingkungan yang membatasi aktivitas biologis. Adanya proses bioremediasi maka dikenal istilah bioavailabilitas. Bioavailabilitas adalah bagian dari polutan yang dapat diambil oleh organisme lingkungannya dan kemudian ditransportasikan, didistribusikan oleh organisme (Munawar dan Mukhtasor, 2013).

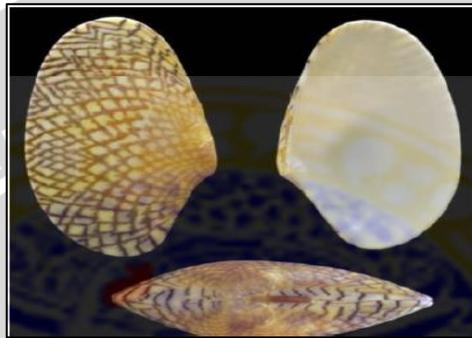
2.3 Kerang Batik (*Paphia undulata*)

2.3.1 Morfologi dan Klasifikasi

Kerang batik (*Paphia undulata*) seperti ditunjukkan pada gambar 1. merupakan kerang jenis Bivalvia yang banyak dimanfaatkan secara ekonomi, untuk dikonsumsi maupun sebagai hiasan. kerang ini dapat dibedakan dari anggota Veneridae yang lain berdasarkan karakter yaitu cangkang berbentuk oval memanjang, bewarna coklat kehijauan dengan hiasan pola zig-zag bewarna coklat tua. Pahatan berupa garis-garis halus bertipe *oblique*. Lekuk palial dalam, menacapai $\pm 1/3$ panjang cangkang, berujung tumpul dan mengarah ke dorsoanterior. berbentuk oval dan ukurannya hampir sama. sifon inhalan dan

ekshalan terpisah dan panjang, kaki besar dan berbentuk seperti kapak. Berikut adalah klasifikasi dari kerang batik (*P.undulata*) (Schneider, 2001):

Kingdom	: Animalia
Filum	: Mollusca
Kelas	: Bivalvia
Ordo	: Veneroida
Famili	: Veneridae
Genus	: Paphia
Spesies	: <i>Paphia undulata</i>



Gambar 1. Kerang Batik (*Paphia undulata*)
(Ambarwati dan Trijoko, 2010)

Cangkang berbentuk oval memanjang. Bagian anteriodorsal cangkang halus dan agak cekung, membulat ke arah ventral. Bagian posteriodorsal cangkang lurus, cembung memanjang ke arah posterior. Tapi ventral cangkang mendatar dan cenderung membulat. Cangkang agak tebal dan berwarna kuning kecoklatan. Permukaan cangkang terdapat rusuk rusuk konsentris dan *oblique* sehingga membentuk pola garis bergelombang. Lapisan periostrakum tipis dan mengkilap. Lapisan periostrakum berwarna kuning kehijauan dengan hiasan garis-garis zig-zag berwarna coklat tua sehingga membentuk pola seperti batik. Permukaan dalam cangkang berwarna kuning, daerah umbonal berwarna keunguan. Umbo agak menonjol dan bertipe *prosogyrate*. Posisi umbo submedian. Lunule berbentuk hati memanjang. Ligamen eksternal bertipe parivincular. Ligamen berwarna coklat kemesaan (Ambarwati dan Trijoko, 2010).

2.3.2 Habitat Kerang Batik

Pada umumnya Bivalvia di perairan baik air tawar maupun air laut yang banyak mengandung zat kapur yang digunakan untuk membentuk cangkangnya (ambarwati dan Trijoko, 2010). Bivalvia kerang batik (*P.undulata*) di kawasan pesisir sebagai penyusun komunitas macrozoobentos. Kerang tersebut memiliki keanekaragaman yang banyak dibanding kerang yang hidup di perairan tawar dan estuary (Hendrick et al., 2007).

Penyebaran kerang batik (*P. undulata*) meliputi daerah tropika dan subtropika. Kerang batik (*P.undulata*) terdistribusi dari daerah intertidal, perairan laut dangkal dan ada yang mendiami perairan laut dalam. Kekayaan kerang laut yang lebih tinggi terdistribusi pada perairan laut dangkal (Defeo, 2005). *M. meretrix* adalah jenis moluska atau kerang-kerangan yang mendiami daerah pasir pantai yang datar, daerah pasang sub intertidal dan dangkal, biasanya juga ditemukan di daerah muara luar di mana proporsi antara pasir dan lumpur sekitar 80% dan 20% (Defeo, 2005). Komposisi substrat seperti kerikil, berpasir dan lumpur berpasir merupakan faktor utama bagi kehidupan kerang sesuai dengan kelompok umur. Substrat dapat menentukan distribusi ukuran kerang, substrat kerikil berbatu didominasi oleh kerang fase juvenile, substrat pasir berlumpur didominasi oleh kerang muda dan substrat berlumpur didominasi oleh kerang dewasa. Pada substrat berlumpur tidak ditemukan fase juvenile (Silviana et al.,, 2014).

2.3.3 Makan dan Kebiasaan Makan Kerang Batik

Makanan kerang adalah mikroalga dasar yang sebagian besar diatom bentik diatas permukaan lumpur. Apabila makanan yang ada didalam permukaan lumpur tidak mencukupi kebutuhannya, kerang akan memakan bahan organik yang tersuspensi dalam air. Apabila kedua sumber makanan tersebut masih kurang, maka akan memanfaatkan organisme yang ada dipermukaan sebagai pengganti plankton (Atmaja *et al*, 2014). Saat makanan yang ada dalam permukaan lumpur sedikit sekali sehingga kerang sendiri merupakan mangsa bagi cumi-cumi dan hiu. Sistem pencemaran kerang batik dimulai dari mulut, kerongkongan, lambung, usus, dan anus. Mulut dan anus kerang batik (*P.undulata*) terletak dalam rongga mantel (Adriyani dan Mahmudiono, 2009). Kerang batik merupakan bioindikator untuk memonitor senyawa-senyawa beracun di lingkungan perairan laut karena distribusi penyebarannya yang luas, mempunyai toleransi yang luas terhadap salinitas, tahan terhadap tekanan dan tingginya akumulasi berbagai bahan kimia. Kerang ini termasuk organisme *sessile*, yang tidak dapat bergerak bebas untuk pindah tempat sedangkan dalam waktu yang sama pencemaran berlangsung terus menerus. Kondisi ini menjadikan kerang bersifat resisten terhadap berbagai bahan-bahan pencemar (Liliandari dan Aunurohim, 2013).

Kerang merupakan salah satu diantara hewan laut yang paling efisien mengakumulasi logam berat. Hal ini disebabkan, kerang hidup di lapisan sedimen dan dasar perairan, bergerak sangat lambat dan makanannya adalah detritus di dasar perairan, sehingga peluang masuknya logam berat sangat besar (Supriharyono, 2002).

2.3.4 Sistem Pencernaan dan Sistem Reproduksi Kerang Batik

Sistem pencernaan dimulai dari mulut, kerongkongan, lambung, usus dan akhirnya bermuara pada anus. Anus ini terdapat saluran yang sama dengan saluran untuk keluarnya air. Sedangkan makanan golongan hewan kerang ini adalah hewan-hewan kecil yang terdapat dalam perairan berupa Protozoa, diatom, dll. Makanan ini dicerna di lambung dengan bantuan getah pencernaan dan hati, sisa-sisa makanan dikeluarkan melalui anus.

Jenis kerang-kerangan memiliki kelamin terpisah atau berumah dua. Umumnya pembuahan dilakukan secara eksternal. dalam kerang ini sel telur yang telah matang akan dikeluarkan dari ovarium, kemudian masuk ke dalam ruangan *suprabranchial*. Setelah itu terjadi pembuahan oleh sperma yang dilepaskan oleh hewan jantan. Telur yang telah dibuahi berkembang menjadi larva *glochidium*. Larva ini pada beberapa jenis ada yang memiliki alat kait dan ada pula yang tidak. Setelah itu larva akan keluar dari induknya dan menempel pada ikan sebagai parasite, lalu menjadi kista. Setelah beberapa hari kista tadi akan membuka dan keluarlah jenis bivalvia muda. akhirnya bivalvia ini hidup bebas di alam (Nontji, 2007).

Semua kerang batik adalah jantan ketika muda, beberapa akan menjadi betina seiring dengan kedewasaan. Organ yang dimiliki kerang batik yaitu ginjal, jantung, mulut, dan anus. Alat pernafasan kerang berupa insang dan bagian mantel. Insang berbentuk W dengan banyak lamella yang mengandung banyak batang insang. Kerang batik dapat bergerak dengan kaki berupa semacam organ pipih yang dikeluarkan dari cangkang sewaktu-waktu atau dengan membuka dan menutup cangkang (Ambarwati dan Trijoko, 2010).



2.4 Kualitas Air

2.4.1 Parameter Fisika

a. Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor penting dalam lingkungan perairan. perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi badan air. Suhu juga sangat berperan mengendalikan kondisi ekosistem perairan. Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi dan volatilisasi. jika terjadi peningkatan suhu perairan sebesar 10°C menyebabkan terjadinya peningkatan konsumsi oksigen oleh organisme akuatik sekitar 2 – 3 lipat. Peningkatan suhu tersebut juga berpengaruh terhadap peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba (Effendi, 2003).

Bagi bivalvia, suhu adalah salah satu faktor pengontrol tingkat pertumbuhan. Suhu sangat besar pengaruhnya pada kehidupan kerang-kerangan terutama yang hidup di daerah yang mempunyai empat musim, namun di perairan tropis pengaruh suhu tidak begitu nyata karena fluktuasi suhu tidak besar. Kisaran suhu normal untuk jenis kerang-kerangan adalah $20^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$ dengan fluktuasi tidak lebih dari 5°C (Herawati, 2008).

Pencemaran yang diakibatkan dari aktivitas rumah tangga, maupun limbah pabrik dapat menyebabkan peningkatan temperatur atau suhu perairan. Temperatur air yang terlalu tinggi akan mengakibatkan matinya organisme. Hal ini terjadi karena suhu air yang tidak sesuai untuk hidup dan rendahnya kadar oksigen yang terlarut (Subarnas, 2007). Kenaikan suhu air akan mengurangi adsorpsi senyawa logam berat. Suhu air yang lebih dingin akan meningkatkan adsorpsi logam berat yang nantinya akan mengendap di dasar. Sementara saat suhu air naik, senyawa logam berat akan melarut di air karena penurunan laju adsorpsi. Logam yang memiliki kelarutan yang kecil akan ditemukan di permukaan air selanjutnya dengan perpindahan dan waktu tertentu akan

mengendap hingga ke dasar, artinya logam tersebut hanya akan berada di dekat permukaan dalam waktu yang sesaat saja untuk kemudian mengendap lagi (Palar, 2004 *dalam* Rachmawati *et al.*, 2009).

b. Salinitas

Salinitas adalah konsentrasi seluruh larutan garam yang diperoleh dalam air laut. konsentrasi garam-garam jumlahnya relatif sama dengan dalam setiap contoh air atau air laut, sekalipun pengambilannya dilakukan di tempat yang berbeda. salinitas air berpengaruh terhadap tekanan osmotik air. semakin tinggi salinitas, akan semakin besar pula tekanan osmotiknya (Kordi dan Tancung 2007).

Kadar garam air biasanya didefinisikan sebagai jumlah (dalam garam) dari total garam terlarut yang ada dalam 1 kilogram air laut dan biasanya diukur dengan konduktivitas. semakin tinggi konduktivitas semakin tinggi kadar garamnya. komposisi kadar garam tersebut selalu dalam keadaan yang konstan dalam jangka waktu yang panjang. hal ini disebabkan karena adanya kontrol dari berbagai proses kimia dan biologi di dalam air laut. kondisi ini menyebabkan sebagian besar organisme yang hidup di perairan laut merupakan organism yang memiliki toleransi (sensitivitas) terhadap perubahan salinitas yang sangat kecil atau organisme yang diklasifikasikan sebagai organisme stenohalin (Widodo dan Suadi, 2006 *dalam* Armita, 2011).

Menurut Nybakken (1998), salinitas merupakan konsentrasi dari ion-ion yang terlarut dalam air dan dinyatakan dalam ppt atau promil. Salinitas sangat berhubungan dengan tekanan osmotik air sehingga organisme berada pada kondisi yang seimbang dengan medium tempat hidupnya. Perubahan salinitas dapat menyebabkan masalah terhadap tekanan osmotik pada organisme yang mungkin akan menimbulkan kematian. Perubahan salinitas dapat terjadi karena



aliran air dari daratan dan penguapan air. Peningkatan nilai salinitas mempunyai pengaruh negatif terhadap konsentrasi logam berat, semakin tinggi salinitas maka konsentrasi logam berat akan semakin rendah, yang menyebabkan proses penurunan logam berat juga akan berkurang (Bangun, 2005).

2.4.2 Parameter Kimia

a. Derajat Keasaman (pH) Air

Derajat keasaman sering di kenal dengan istilah pH. (singkatan dari *puissance negative de H*), yaitu logaritma dari kepekatan ion-ion H (hydrogen) yang terlepas dalam suatu cairan. Derajat keasaman atau pH air menunjukkan aktivitas ion hydrogen dalam larutan tersebut dan dinyatakan sebagai konsentrasi ion hydrogen (dalam mol per liter). pH air mempengaruhi tingkat kesuburan perairan karena mempengaruhi kehidupan jasad renik (Kordi dan Tancung, 2007). Organisme akuatik dapat hidup dalam suatu perairan yang mempunyai nilai pH netral dengan nilai kisaran toleransi antara asam lemah dan basa lemah. pH yang ideal bagi kehidupan organisme akuatik umumnya berkisar antara 7-8,5. Kondisi perairan yang sangat asam yaitu 4,5 maupun sangat basa yaitu 9,5 merupakan titik kematian dari organisme, karena pada pH asam atau basa polutan yang ada pada perairan bersifat toksik (Barus, 2004). Pada saat pH asam kelarutan logam beratnya tinggi, dan pada pH basa kelarutan logam beratnya rendah.

Maslukah (2006), menjelaskan bahwa derajat keasaman dalam perairan merupakan suatu peubah yang sangat penting dan mempengaruhi konsentrasi logam berat dan senyawa-senyawa lainnya di perairan. Kelarutan logam dalam air dikontrol oleh pH air. Kenaikan pH pada perairan biasanya akan diikuti dengan semakin kecilnya kelarutan dari senyawa-senyawa logam tersebut.

b. Oksigen Terlarut (DO)

Sangat penting karena dibutuhkan oleh organisme perairan dan sangat mempengaruhi kehidupan organisme baik langsung maupun tidak langsung. oksigen terlarut dalam air diperoleh dari udara yaitu dengan difusi langsung dari udara dan melalui pergerakan air yang teratur juga dihasilkan dari fotosintesis tanaman yang berklorofil (Sutika, 1989 *dalam* Armita, 2011).

Effendi (2003), menyatakan bahwa hubungan antara kadar oksigen terlarut jenuh dengan suhu yaitu semakin tinggi suhu maka kelarutan oksigen dan gas lain juga berkurang dengan meningkatnya salinitas, sehingga kadar oksigen terlarut di laut cenderung lebih rendah dari pada kadar oksigen di perairan tawar. selanjutnya dikatakan bahwa peningkatan suhu sebesar 1 °C akan meningkatkan konsumsi oksigen sekitar 10%.

Simanjuntak (2012), menyatakan bahwa oksigen terlarut merupakan salah satu penunjang utama kehidupan di laut dan indikator kesuburan perairan. kadar oksigen terlarut semakin menurun seiring dengan semakin meningkatnya limbah organik di perairan. hal ini disebabkan oksigen yang ada dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan zat organik menjadi zat anorganik. Kelarutan logam berat sangat dipengaruhi oleh kandungan oksigen terlarut. Pada daerah dengan kandungan oksigen yang rendah daya larutnya lebih rendah sehingga mudah mengendap. Jika oksigen tinggi maka kation-kation logam mengalami oksidasi sehingga akan terjadi pengendapan, sehingga penyerapan oleh kerang menjadi berkurang (Ramlah 1987 *dalam* Maslukah, 2006).

3. MATERI DAN METODE

3.1 Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah kerang batik, dan logam berat (Pb). Parameter kualitas air yang diukur antara lain: suhu, pH, salinitas, dan oksigen terlarut (DO).

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada lampiran 1.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Menurut Hartanto (2003), metode eksperimen adalah menyelidiki fenomena-fenomena yang dihasilkan dari perlakuan-perlakuan yang sengaja diberikan oleh peneliti. Tujuan penelitian ini adalah untuk meneliti pengaruh dari suatu perlakuan tertentu terhadap gejala suatu kelompok tertentu dibanding dengan kelompok lain yang menggunakan perlakuan berbeda. Menurut Alsa, (2004) dalam hartanto, (2003) menyebutkan bahwa terdapat syarat-syarat yang harus dipenuhi dalam penelitian eksperimen, yaitu:

1. peneliti harus dapat menentukan secara sengaja kapan dan dimana ia akan melakukan penelitian
2. penelitian terhadap hal yang sama harus dapat diulang dalam kondisi yang sama
3. peneliti harus dapat memanipulasi (mengubah, mengontrol) variabel yang diteliti sesuai dengan yang dikehendaki.
4. diperlukan kelompok pembandingan (*control group*) selain kelompok yang diberi perlakuan (*experimental group*).

Adapun penelitian ini perlakuan yang digunakan ada 3 yaitu, kerang batik ukuran kecil, sedang, besar dengan dosis 0 ppm (kontrol) dan 3 ppm, kemudian dilakukan 3 kali pengulangan.

3.4 Prosedur Penelitian

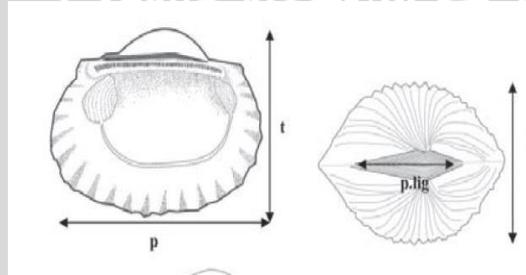
Penelitian ini mengukur kadar logam berat timbal (Pb) dari air kerang batik setelah diberi perlakuan. Adapun prosedur penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan bak-bak percobaan

Menyiapkan bak percobaan 18 buah berukuran 20x13x9 cm, dibersihkan lalu diisi air masing-masing 2 liter air.

2. Menyiapkan organisme

kerang batik dikelompokkan terlebih dahulu ke dalam 3 ukuran yaitu:



Gambar 2. P: panjang cangkang, L: lebar cangkang, T: tinggi cangkang

(Ambarwati dan Trijoko,2010)

- 10 ekor kerang (*P.undulata*) dengan ukuran cangkang kecil, panjang $\pm 2,5$ cm, lebar ± 1 cm, dan tinggi $\pm 1,5$ cm.
- 10 ekor kerang (*P. undulata*) dengan ukuran cangkang sedang, panjang ± 3 cm, lebar $\pm 1,5$ cm, dan tinggi ± 2 cm.
- 10 ekor kerang (*P.undulata*) dengan ukuran cangkang besar, panjang ± 5 cm, lebar ± 2 cm, dan tinggi ± 4 cm (Purnomo *et al*, 2014), kemudian diaklimatisasi dengan media air laut.

3. Membuat larutan Pb

Dibuat stok $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ sebesar 3 ppm, dan di hitung pembuatan larutan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ pada (lampiran 2) sehingga menghasilkan jumlah larutan Pb sebesar 9,6 gram atau sama dengan 3 ppm.

4. Memasukkan kerang batik dalam bak-bak percobaan sesuai perlakuan kerang batik diaklimatisasi selama satu hari agar dapat beradaptasi dengan lingkungan baru.

5. Memasukkan Logam Berat sebesar 3 ppm

Mencampurkan logam berat Pb ke dalam bak-bak percobaan yang telah diaklimatisasi dan diaduk secara merata.

6. Mengukur kandungan logam berat Pb yang terkandung dalam air dan daging kerang batik.

Cara pengambilan sampel yaitu mengambil sebanyak 50 ml sampel air media dan mengambil 2 sampel padat setiap bak percobaan kemudian dianalisis kadar logam berat Pb. Hal tersebut dilakukan selama 2 kali pengambilan yaitu pada hari ke 1 dan 8.

7. Hasil

3.5 Analisa Logam Berat Timbal (Pb)

Pengukuran logam berat Timbal baik sampel padat (daging kerang batik) maupun sampel cair (media cair) dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang

1. Analisa Timbal (Pb) pada air

Analisa Timbal (Pb) pada air adalah sebagai berikut:

- a. Menambahkan 15 ml HNO_3 ke dalam 250 ml sampel air
- b. Mendidihkan air sampel hingga 25 ml
- c. Memindahkan larutan tersebut ke dalam labu ukur 50 ml
- d. Mengencerkan larutan tersebut dengan menambahkan aquades hingga 50 ml

- e. Menganalisis sampel menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* pada panjang gelombang 283,3 nm dan mencatat hasilnya menggunakan satuan ppm.
2. Analisa Timbal (Pb) pada daging kerang batik (*Paphia undulata*) adalah sebagai berikut :
- a. Memisahkan daging kupang putih yang didapat dengan cangkangnya.
 - b. Menambahkan 20 ml H_2SO_4 pekat dan 15 ml HNO_3 pekat kemudian dipanaskan diatas *hot plate*.
 - c. Menambahkan HNO_3 sedikit demi sedikit.
 - d. Memanaskan sampel sampai berwarna coklat atau kehitaman.
 - e. Menambahkan $HClO_4$ sedikit demi sedikit.
 - f. Memanaskannya lagi sampai berwarna jernih atau berwarna kuning.
 - g. Memasukkan sampel ke dalam labu ukur 50 ml dan menambahkan aquades 50 ml.
 - h. Menganalisis kandungan kadmium menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* pada panjang gelombang 283,3 dan mencatat hasilnya menggunakan satuan ppm.

3.6 Metode Analisa Kualitas Air

Parameter kualitas air yang di ukur meliputi suhu, pH, salinitas, dan DO dan Alkalinitas. Tujuan analisis parameter kualitas air untuk mengetahui kondisi lingkungan yang mendukung habitat kerang batik.

a. Suhu

Prosedur pengukuran suhu menurut Kordi dan Tancung (2007), adalah :

- Mencelupkan thermometer ke dalam media kultur.
- Membiarkan 1-2 menit agar keadaannya konstan.
- Mengangkat dan membaca besarnya suhu pada skala thermometer tersebut.

b. Derajat Keasaman (pH)

Prosedur pengukuran pH menurut Bloom (1998), adalah :



- Mengkalibrasi pH meter terlebih dahulu dengan aquades.
- Mencelupkan pH meter kedalam air media beberapa saat.
- Membaca angka yang tertera pada alat tersebut.

c. Pengukuran Salinitas

Prosedur pengukuran salinitas menurut Kordi dan Tancung (2007), adalah:

- Membuka penutup refraktometer dan menetesinya dengan aquades serta menstandarkannya agar garis biru berhimpit dengan angka nol.
- Membersihkan kaca objek refraktometer dan menetes air sampel secukupnya.
- Melihat nilai salinitasnya yang tertera pada skala refraktometer.

Mencatat hasilnya.

d. Oksigen Terlarut (DO)

Pengukuran oksigen terlarut dilakukan dengan metode winkler adalah:

- Sampel air dimasukkan kedalam botol winkler hingga penuh dan jangan sampai ada gelembung udara
- Kemudian buka tutup botol, ditambahkan 1 ml $MnSO_4$ dan 1 ml KI
- Setelah itu, botol ditutup dan dibolak-balik secara perlahan agar tercampur rata, sehingga terbentuk endapan warna coklat.
- Kemudian sampel air ditambahkan larutan 1 ml asam sulfat pekat ($H_2S_2O_4$) 0,0125 N sampai sampel berwarna kuning pekat
- Setelah itu, ditambahkan 5 tetes larutan amilum dan dicampur sehingga didapatkan sampel berubah menjadi warna biru
- Lalu dititrasi sampai warna biru hilang
- Selanjutnya didapatkan nilai DO sengan menghitung jumlah setiap 1 ml larutan titrasi yang terpakai setara dengan 1 ml O_2 dalam 1 ml air sampel.

3.7 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap percobaan faktorial. Berdasarkan Rancangan Acak

lengkap percobaan faktorial, terdapat 6 perlakuan dan 3 ulangan. Kemudian menentukan varietas mana yang lebih potensial dengan mencari nilai perbandingan BNT (Beda Nyata Terkecil). BNT adalah suatu kriteria yang dapat dipakai untuk melakukan uji statistik antara sepasang harga rata-rata yang telah direncanakan. Analisis varian yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan :

- i = 1, 2, ..., t dan $j = 1, 2, \dots, r$
- Y_{ij} = Pengamatan pada perlakuan ke-i dan ke-j
- μ = Rataan umum
- τ_i = Pengaruh perlakuan ke-i = $\mu_i - \mu$
- ε_{ij} = Pengaruh acak pada perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

Rancangan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Rancangan percobaan

Ukuran	Dosis	Ulangan		
		1	2	3
A	Kontrol	KBKa1	KBKa2	KBKa3
	3 ppm	KBKb1	KBKb2	KBKb3
B	Kontrol	KBSa1	KBSa2	KBSa3
	3 ppm	KBSb1	KBSb2	KBSb3
C	Kontrol	KBBa1	KBBa2	KBBa3
	3 ppm	KBBb1	KBBb2	KBBb3



Keterangan:

- A: Diberi kerang batik ukuran kecil ($\pm 2,5$ cm)
- B: Diberi kerang batik ukuran sedang (± 3 cm)
- C: Diberi kerang batik ukuran besar (± 5 cm)

3.8 Analisa Data

Untuk mengetahui penurunan logam berat Pb oleh Kerang batik (*Paphia undulata*). dengan perbedaan ukuran kecil, sedang, dan besar, maka dilakukan Rancangan Acak Lengkap (RAL) percobaan faktorial dengan 6 perlakuan. Tabel menentukan hasil pengamatan dan tabel perhitungan jumlah kuadrat disajikan pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Tabel Hasil Pengamatan

1. Menentukan tabel hasil pengamatan

	Perlakuan	Ulangan			Rerata	Jumlah
	Dosis	1	2	3		
Ukuran	Kontrol					
A	3 ppm					
B	Kontrol					
	3 ppm					
C	Kontrol					
	3 ppm					
Rerata						
Jumlah						

Tabel 3. Perhitungan Jumlah Kuadrat

2. Menentukan tabel perhitungan jumlah kuadrat

	Perlakuan	Ulangan			Rerata	Jumlah
		1	2	3		
A	Kontrol					
	3 ppm					
B	Kontrol					
	3 ppm					
C	Kontrol					
	3 ppm					
Rerata						
Jumlah						

3. Perhitungan Analisis Ragam

SK	Db	JK	KT	F Hitung	F5%	F1%
Perlakuan	$n - 1$	$\sum \frac{n \cdot \bar{y}^2}{r} - FK$	$JK P / (n-1)$	$\frac{KTP}{KTG}$		



Ulangan	$r - 1$	$\sum^r B^2 \frac{i}{n} - FK$	$JK B/(r-1)$	$\frac{KTB}{KTG}$
Galat	$(n-1)(r-1)$	$JKT - JKP - JKU$	$\frac{JKG}{(n-1)(r-1)}$	
Total	$n-1$	$\sum^{rn} x_{ij}^2 - FK$		

Keterangan:

SK : Sumber keragaman

DB : Derajat bebas

DBP : Derajat bebas perlakuan

DBU : Derajat bebas ulangan

DBG : Derajat bebas galat

DBT : derajat bebas total

KT : Kuadrat tengah

KTP : Kuadrat tengah perlakuan

KTU : Kuadrat tengah ulangan

KTG : Kuadrat tengah galat

JK : Jumlah kuadrat

JKP : Jumlah kuadrat perlakuan

n : Total perlakuan

r : Ulangan

4. Menentukan JK komponen penyusun

5. Menyelesaikan Analisis Sidik Ragam

6. Berdasarkan tabel sidik ragam, lakukan uji hipotesis dengan membandingkan

F. Hitung dan F. Tabel

a) Jika $F. Hitung > F. Tabel$ pada taraf 1 % ($\alpha = 0,01$), maka tolak H_0 artinya terdapat perbedaan yang sangat nyata di antara perlakuan

b) Jika $F. Hitung > F. Tabel$ pada taraf 5 % ($\alpha = 0,05$) tetapi $1 <$ daripada $F. Tabel 0,01$ maka tolak H_0 artinya terdapat perbedaan yang nyata di antara perlakuan



c) Jika $F_{\text{Hitung}} < F_{\text{Tabel}}$ pada taraf 5 % ($\alpha = 0,05$), maka terima H_0 artinya terdapat perbedaan yang tidak nyata di antara perlakuan

6. Uji BNT

Hanafiah, (2005), menjelaskan bahwa Jika pada hasil analisis sidik ragam diperoleh nilai $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ 0,5 maka perlu dilakukan uji lanjut menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT). Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) digunakan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan sehingga didapatkan urutan perlakuan terbaik dengan rumus :

$$SED = \left(\frac{\sqrt{2 \times KT \text{ acak}}}{Ulangan} \right)$$

BNT 5% = t tabel 5% (db galat) x SED

BNT 1% = t tabel 1% (db galat) x SED

Kemudian dibuat tabel BNT yang merupakan tabel selisih harga rata-rata terbesar terkecil atau sebaliknya, tergantung parameter yang diamati.

Selanjutnya dibandingkan dengan nilai BNT 5% dan 1% dengan ketentuan :

- Bila selisih $<$ BNT 5% \rightarrow n.s (non significant), berarti tidak berbeda nyata
- Bila BNT 5% $<$ selisih $<$ BNT 1% \rightarrow *, berarti berbeda nyata
- Bila selisih BNT $>$ 1% \rightarrow **, berarti berbeda sangat nyata

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Konsentrasi Logam Berat Pb dalam air

Konsentrasi logam berat Pb dalam air selama penelitian mengalami penurunan sesuai dengan ukuran kerang batik yang berbeda. Air yang digunakan adalah air yang telah diberi logam berat Pb sebesar 3 ppm dan tanpa

pemberian logam berat Pb (0 ppm). Data hasil rata-rata pengukuran Pb dalam air dengan dosis 0 ppm (kontrol) dan 3 ppm disajikan pada tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Data hasil rata-rata penurunan logam berat timbal (ppm) dalam air dengan dosis 0 ppm (kontrol).

Perlakuan	Konsentrasi Logam Berat Pb awal	Konsentrasi logam berat Pb akhir	Penurunan Logam berat Pb	Prosentase logam berat Pb yang hilang
Kerang batik kecil ($\pm 2,5$ cm)	0.050	0.024	0.025	50%
Kerang batik sedang (± 3 cm)	0.050	0.021	0.028	56%
Kerang batik besar (± 5 cm)	0.050	0.021	0.028	56%

Tabel 5. Data hasil rata-rata penurunan logam berat timbal (ppm) dalam air dengan dosis 3 ppm.

Perlakuan	Konsentrasi Logam Berat Pb awal	Konsentrasi logam berat Pb akhir	Penurunan Logam Berat Pb	Prosentase logam berat Pb yang hilang
Kerang batik kecil ($\pm 2,5$ cm)	2.786	2.316	0.47	16.87%
Kerang batik sedang (± 3 cm)	2.810	1.619	1.191	42.38%
Kerang batik besar (± 5 cm)	2.848	2.153	0.694	24.36%

Selanjutnya untuk mengetahui perbedaan pengaruh penurunan logam berat Pb oleh kerang batik ukuran kecil, sedang, dan besar maka perlu dilakukan uji F yang disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Sidik ragam penurunan logam berat Pb dalam air

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F.Hitung	F _{5%}	F _{1%}
Ulangan	2	0.01	0.005			
Perlakuan:	5	3.39	0.67	55.83*	3.33	5.64
U (Ukuran kerang)	2	0.39	0.195	16.25*	4.10	7.56
D (Dosis Pb)	1	2.58	2.58	215*	4.96	10.04
UD (Ukuran kerang dan Dosis)	2	0.42	0.21	17.5*	4.10	7.56
Galat	10	0.12	0.012			
Total	17	3.52				



Keterangan:

* = Berbeda nyata

** = berbeda sangat nyata

Hasil perhitungan tabel sidik ragam (tabel 6) menunjukkan bahwa nilai F hitung pada perlakuan kombinasi antara ukuran kerang dan dosis logam berat lebih besar dari F tabel 0.05 sehingga penurunan logam berat oleh kerang batik pada ukuran yang berbeda berpengaruh sangat nyata. Dalam hal ini berarti hipotesis (H_1) diterima yaitu ada perbedaan interaksi antara kerang batik ukuran kecil, sedang, besar dan dosis terhadap penurunan logam berat timbal (Pb). Selanjutnya jika ingin mengetahui perlakuan kombinasi antara ukuran kerang dan dosis maka perlu dilakukan uji BNT. Pada Uji BNT didapatkan BNT 5% yaitu sebesar 0.188. Berikut ini adalah tabel rata-rata pada uji BNT.

Tabel 7. Tabel rata-rata hasil penurunan logam berat Pb di air

Perlakuan	Rata-rata	Notasi
KBK (0 ppm)	0.025	a
KBS (0 ppm)	0.028	a
KBB (0 ppm)	0.028	a
KBK (3 ppm)	0.47	b
KBB (3 ppm)	0.694	c
KBS (3 ppm)	1.191	d

Keterangan:KBK (Kerang Batik Kecil) : $\pm 2,5$ cmKBS (Kerang Batik Sedang) : ± 3 cmKBB (Kerang Batik Besar) : ± 5 cm

Tabel 7 pada uji BNT tersebut menunjukkan perlakuan kerang batik kecil (KBK; $\pm 2,5$ cm), kerang batik sedang (KBS; ± 3 cm) dan kerang batik besar (KBB; ± 5 cm) tidak memberikan perbedaan yang nyata pada penurunan Pb dalam air. Sedangkan perlakuan dengan dosis 3 ppm kerang batik kecil (KBK; \pm

2,5 cm) berbeda nyata dengan kerang batik besar (KBB) dan kerang batik sedang (KBS; \pm 3 cm). Pada perlakuan kerang batik dengan dosis 3 ppm ukuran kecil (KBK; \pm 2,5 cm) berbeda nyata juga dengan kerang batik ukuran sedang (KBS; \pm 3 cm) maupun kerang batik besar (KBB; \pm 5 cm). Hal tersebut sama halnya dengan (tabel 4) bahwa pada perlakuan kontrol (0 ppm) pada kerang batik sedang (KBS; \pm 3 cm) dan besar memiliki prosentase tertinggi yaitu sebesar 56% dan prosentase terendah pada kerang batik kecil (KBK; \pm 2,5 cm) sebesar 50%. Begitu juga dengan perlakuan dosis 3 ppm (tabel 5) pada kerang batik sedang (KBS; \pm 3 cm) memiliki prosentase tertinggi sebesar 42.38% dan prosentase terendah pada kerang batik kecil (KBK; \pm 2,5 cm) sebesar 16.87%. Menurunnya konsentrasi logam berat Pb pada air kontrol yang tidak diberi logam berat tidak hanya diserap oleh kerang batik tersebut melainkan terdapat faktor lain seperti plankton, detritus atau mengalami pengendapan di dasar perairan. Pada perlakuan air yang diberi logam berat Pb dengan dosis 3 ppm logam berat yang hilang lebih banyak pada kerang batik ukuran sedang (KBS; \pm 3 cm) dibandingkan dengan kerang batik kecil (KBK; \pm 2,5 cm) dan kerang batik besar (KBB; \pm 5 cm). Penurunan logam berat oleh kerang ini adalah berkaitan dengan mekanisme kerang dalam menurunkan logam melalui lendir kerang. Abdul gani *et al.* (2010) menyebutkan bahwa kerang mempunyai mucus atau lendir yang penyusun utamanya adalah glikoprotein, karena glikoprotein yang mengandung asam amino gugus karboksil dan merupakan polipeptida. Pada kondisi tertentu, karboksil akan mengalami dekarboksilasi sehingga glikoprotein ini bermuatan negatif yang akan mampu mengikat logam berat tersebut. Oleh karena itu sifat mucus mengalami regenerasi, maka logam berat Pb yang telah terikat pada mucus turut terlepas dari tubuhnya. Pada penelitian ini terdapat hasil yang berbeda, yaitu kerang batik sedang (KBS; \pm 3 cm) rata-rata penurunannya paling tinggi yaitu sebesar 42.38%. Fenomena seperti penelitian diatas bahwa telah

terjadi fenomena *growth dilution* yaitu bioakumulasi logam berat cenderung menurun seiring dengan meningkatnya ukuran cangkang pada kerang. Djawad dan Bertha, (2009) menjelaskan bahwa kerang merupakan organisme yang mampu menyerap setiap partikel yang terdapat pada badan air. Kerang dapat mengakumulasi logam berat dari air sumber, menurunkan populasi bakteri dari sumber, dan mengurangi peningkatan bahan organik terlarut dan mengendalikan peledakan populasi plankton. Dalam penelitian diatas juga berhubungan dengan pH air, yaitu pada pH tinggi maka logam berat Pb rendah, karena pada pH tinggi kelarutan Pb itu rendah, bahkan pada pH tertentu Pb itu tidak larut dalam perairan, sehingga mengendap didasar perairan. Hal ini sesuai dengan pendapat Maslukah (2006), menjelaskan bahwa derajat keasamaan dalam perairan merupakan suatu peubah yang sangat penting dan mempengaruhi konsentrasi logam berat dan senyawa-senyawa lainnya di perairan. Kelarutan logam dalam air dikontrol oleh pH air. Kenaikan pH pada perairan biasanya akan diikuti dengan semakin kecilnya kealrutan dari senyawa-senyawa logam tersebut.

4.2 Konsentrasi Logam Berat Pb pada kerang batik dengan ukuran yang berbeda

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerang batik ukuran kecil, sedang, dan besar dapat menurunkan logam berat Pb. Data hasil rata-rata penurunan Pb tiap kerang disajikan pada tabel 8.

Tabel 8. Data hasil rata-rata pengukuran logam berat timbal dalam kerang batik pada ukuran yang berbeda dengan dosis 0 ppm (kontrol)

Perlakuan	Konsentrasi Logam Berat Pb akhir	Konsentrasi logam berat Pb awal	Logam berat Pb yang diserap	Prosentase logam berat Pb yang hilang
Kerang batik kecil (KBK; ± 2,5 cm)	0.143	0.118	0.025	17.48%
Kerang batik sedang (KBS; ± 3 cm)	0.210	0.183	0.027	12.85%
Kerang batik besar (KBB; ± 5 cm)	0.173	0.144	0.029	16.76%

Tabel 9. Data hasil rata-rata pengukuran logam berat timbal (ppm) dalam kerang batik pada ukuran yang berbeda dengan dosis 3 ppm

Perlakuan	Konsentrasi Logam Berat Pb akhir	Konsentrasi logam berat Pb awal	Logam berat Pb yang diserap	Prosentase logam berat Pb yang hilang
Kerang batik kecil (KBK; \pm 2,5 cm)	0.579	0.114	0.465	80.31%
Kerang batik sedang (KBS; \pm 3 cm)	1.367	0.181	1.186	86.75%
Kerang batik besar (KBB; \pm 5 cm)	0.835	0.142	0.693	82.99%

Selanjutnya untuk mengetahui perbedaan pengaruh penurunan logam berat Pb oleh kerang batik ukuran kecil, sedang, dan besar maka perlu dilakukan uji F yang disajikan pada tabel 6.

Tabel 10. Sidik ragam penyerapan logam berat Pb oleh kerang batik pada ukuran yang berbeda

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F.Hitung	F _{5%}	F _{1%}
Ulangan	2	0.0018	0.0009			
Perlakuan:	5	3.198	0.63	35.73*	3.33	5.64
U (Ukuran Kerang)	2	0.527	0.26	14.52*	4.10	7.56
D (Dosis Pb)	1	2.365	2.365	132.12*	4.96	10.04
UD (Ukuran kerang dan dosis Pb)	2	0.306	0.153	98.547*	4.10	7.56
Galat	10	0.179	0.0179			
Total	17					

Keterangan:

*= Berbeda nyata

**= berbeda sangat nyata

Hasil perhitungan tabel sidik ragam (tabel 10) diketahui bahwa nilai F hitung pada perlakuan kombinasi ukuran kerang dan dosis logam lebih besar dari F tabel (0,05) sehingga penurunan logam berat oleh kerang batik pada ukuran yang berbeda berpengaruh sangat nyata. Dalam hal ini berarti hipotesis (H_1) diterima yaitu ada perbedaan interaksi antara kerang batik ukuran kecil, sedang, besar dan dosis terhadap

penurunan logam berat timbal (Pb). Jika F hitung lebih besar dari F tabel maka perlu dilakukan uji lanjut yaitu uji beda nyata terkecil (BNT). Pada Uji BNT didapatkan BNT 5% yaitu sebesar 0.25. Berikut ini adalah tabel rata-rata pada uji BNT.

Tabel 11. Tabel rata-rata hasil penyerapan logam berat Pb pada kerang batik

Perlakuan	Rata-rata	Notasi
KBK (0 ppm)	0.024	a
KBB (0 ppm)	0.028	a
KBS (0 ppm)	0.115	a
KBK (3 ppm)	0.463	b
KBB (3 ppm)	0.693	c
KBS (3 ppm)	1.186	d

Keterangan:

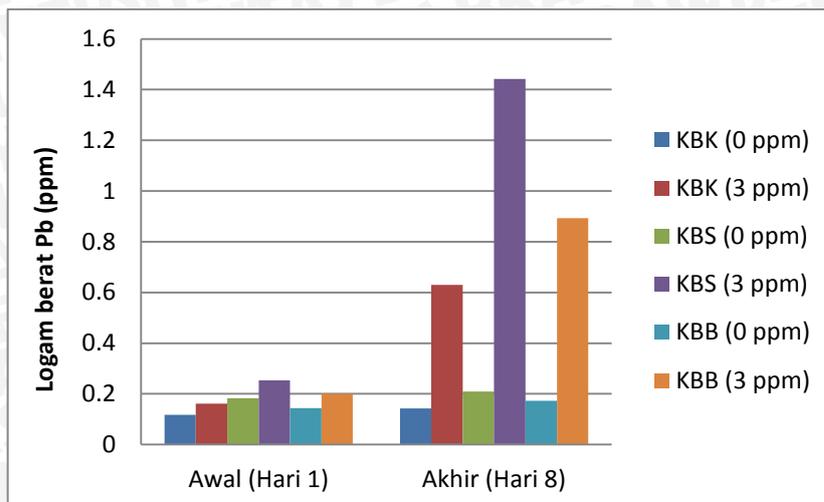
KBK (Kerang Batik Kecil) : $\pm 2,5$ cm

KBS (Kerang Batik Sedang) : ± 3 cm

KBB (Kerang Batik Besar) : ± 5 cm

Tabel 11 pada uji BNT tersebut menunjukkan perlakuan kerang batik kecil (KBK; $\pm 2,5$ cm), kerang batik sedang (KBS; ± 3 cm) dan kerang batik besar (KBB; ± 5 cm) tidak memberikan perbedaan yang nyata pada penurunan Pb dalam air. Sedangkan perlakuan dengan dosis 3 ppm kerang batik kecil (KBK; $\pm 2,5$ cm) berbeda nyata dengan kerang batik besar (KBB; ± 5 cm) dan kerang batik sedang (KBS; ± 3 cm). Pada perlakuan kerang batik dengan dosis 3 ppm ukuran kecil (KBK; $\pm 2,5$ cm) berbeda nyata juga dengan kerang batik ukuran sedang (KBS; ± 3 cm) maupun kerang batik besar (KBB; ± 5 cm). Hal tersebut sama

halnya dengan (tabel 8) bahwa pada perlakuan kontrol (0 ppm) pada kerang batik kecil (KBK; \pm 2,5 cm) memiliki prosentase tertinggi yaitu sebesar 17.48% dan prosentase terendah pada kerang batik sedang (KBS; \pm 3 cm) sebesar 12.85%. Begitu juga dengan perlakuan dosis 3 ppm (tabel 9) pada kerang batik sedang (KBS; \pm 3 cm) memiliki prosentase tertinggi sebesar 86.75% dan prosentase terendah pada kerang batik kecil (KBK; \pm 2,5 cm) sebesar 80.31%. Hal ini disebabkan oleh perbedaan aktivitas yang disebabkan oleh perbedaan ukuran kerang, kondisi fisiologis, kemampuan akumulasi dan aktivitas masing-masing biota. Lestari, (2002) menyatakan bahwa akumulasi logam berat Pb dalam tubuh kerang dapat terjadi melalui rantai makanan, insang, dan difusi permukaan kulit. Akumulasi logam berat Pb dalam tubuh kerang dapat terjadi melalui absorpsi air, partikel dan plankton dengan cara menyaring (*filter feeder*). Seperti kita ketahui bahwa kerang dalam menyaring makanan dalam air dengan menggunakan insang (Walne, 1978). Sorensen (1991) dalam Suryono (2012) mengatakan bahwa logam berat seperti Pb akan terakumulasi dalam jaringan insang kerang, yang biasanya akan direspon kerang dengan mengeluarkan lendir yang menyelimuti kerang. Kerang mempunyai kemampuan mengakumulasi logam berat dalam tubuhnya maka kandungan logam berat dalam tubuh kerang akan meningkat terus bersamaan dengan lamanya kerang tersebut tinggal dalam perairan. Grafik penyerapan logam berat Pb dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 3. Grafik penyerapan logam berat Pb oleh kerang batik pada ukuran yang berbeda

Grafik diatas (gambar 3) menunjukkan bahwa logam berat Pb pada tubuh kerang batik ukuran kecil (KBK;± 5 cm), (KBS;± 3 cm) kerang batik sedang, dan kerang batik besar (KBB;± 5 cm) mengalami peningkatan. Hutagalung dan Razak (1981) mengemukakan bahwa semakin tinggi konsentrasi logam berat maka semakin tinggi penyerapan dan peningkatan logam berat tersebut oleh kerang dalam jaringan tubuh seperti insang, gonad, usus dan lambung. Amriani et al, (2011) menjelaskan bahwa logam Pb pada jaringan kerang mempunyai kecenderungan yang tinggi logam Pb pada kerang yang memiliki cangkang besar. Hal ini diduga karena besarnya cangkang kerang maka umur spesies tersebut juga diperkirakan lebih tinggi sehingga waktu akumulasi logam telah berlangsung lama dibandingkan dengan ukuran cangkang yang lebih kecil (umur lebih muda). Tetapi dalam penelitian ini didapatkan hasil bahwa kerang batik ukuran sedang (KBS;± 3 cm) memiliki rata-rata tertinggi dalam penurunan logam berat dibandingkan dengan kerang batik besar (KBB;± 5 cm). Pada ukuran kerang sedang ini masih dalam kondisi aktif sehingga banyak mengakumulasi logam berat. Aktifitas kerang menurun seiring dengan ukuran kerang yang berkisar antara (2.5 – 3 cm) atau pada ukuran kerang sedang semakin tinggi

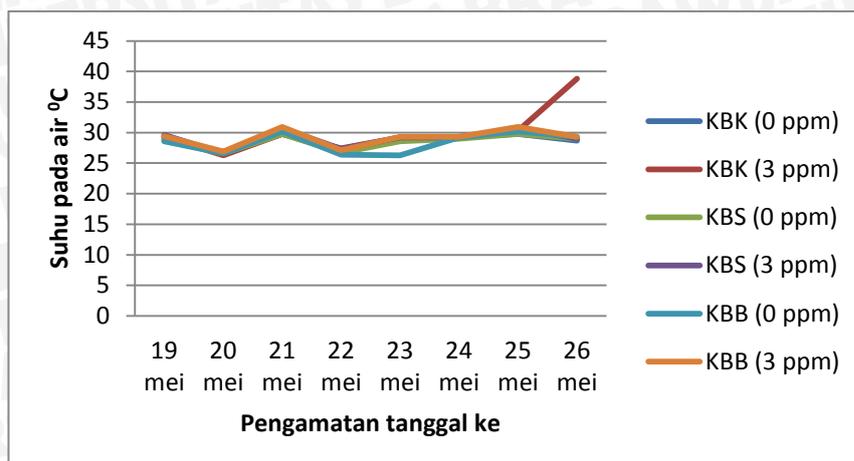
dalam mengakumulasi logam berat, dan proses pemanfaatannya juga semakin berkurang. Hal ini sesuai dengan pendapat dari Abdulgani et al, (2010) bahwa telah terjadi fenomena *growth dilution* yaitu menurunnya logam berat seiring dengan meingkatnya ukuran cangkang. hal tersebut dapat terjadi karena diduga mekanisme *growth dilution* terkait dengan cara makan kerang yang menyaring melalui sifon inkuren dan tersaring di insang. Insang kerang mempunyai mucus atau lendir yang penyusun utamanya adalah glikoprotein, sehingga diduga logam tersebut terikat menjadi metallothienin yang dapat mengikat logam. Faktor lain yaitu diduga karena adanya tingkat kejenuhan organisme dalam mengakumulasi logam berat, oleh karena itu diduga juga bahwa tingkat akumulasi logam berat bergantung pada jenis spesiesnya. Prasetyo (2009), menyatakan bahwa tingginya logam berat dalam kerang disebabkan karena mobilitasnya lamban, mempunyai kemampuan menyerap logam berat di lingkungan perairan tempat hidup dan tidak dapat meregulasi logam berat tersebut. Pendapat lain oleh Hutagalung (1984), juga menjelaskan bahwa faktor konsentrasi logam berat dalam organisme tergantung pada jenis logam berat, jenis organisme, lama pemaparan, serta kondisi lingkungan perairan seperti, pH, temperatur dan salinitas. Dari hasil penelitian diatas menjelaskan bahwa kerang batik ukuran sedang (KBS) lebih besar penyerapannya dibandingkan dengan kerang batik besar (KBB) hal itu dikarenakan bahwa kadar logam berat yang terdapat pada kerang selalu menurun seiring dengan naiknya ukuran kerang. Wardani *et al.* (2014), menjelaskan bahwa dugaan yang menyebabkan menurunnya akumulasi timbal karena adanya gangguan pada fisiologis kerang, yang menyebabkan fungsi keseimbangan antara tingkat pengambilan dan tingkat pengeluaran menjadi tidak maksimal sehingga mempengaruhi proses akumulasi logam berat dan penyebarann di jaringan tubuh kerang. Tubuh organisme air terdapat enzim-

enzim yang mengandung gugus sulfidril (-SH) yang mudah berikatan dengan ion-ion logam berat yang masuk ke dalam tubuh kerang, akibat ikatan gugus (-SH) dengan ion logam berat menyebabkan berkurang dan tidak sama sekali bekerjanya enzim dalam proses metabolisme tubuh. Penurunan logam berat diduga merupakan akibat terlepasnya ion logam dari struktur protein kerang yang kemudian terlarut keluar (*leaching*) dari daging kerang sebagai upaya penyeimbang konsentrasi dalam daging kerang.

4.3 Parameter Kualitas Air

4.3.1 Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam mengatur proses kehidupan dan penyebaran organisme (Makmur et al., 2013). Suhu mengontrol tingkat metabolisme, aktivitas reproduksi, dan menentukan spesies yang dapat bertahan hidup. Suhu juga memberi efek pada konsentrasi oksigen terlarut dan berpengaruh pada aktivitas bakteri dan kimia toksik dalam air (Murphy, 2007). Hasil pengamatan yang diperoleh bahwa nilai rata-rata kisaran suhu adalah antara 26.6°C-29.8°C. Pengukuran suhu dilakukan setiap hari selama 8 hari. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan suhu (lampiran 3) pada tiap perlakuan dan pengulangan, meskipun perbedaan yang ada tidak signifikan dengan grafik sebagai berikut:

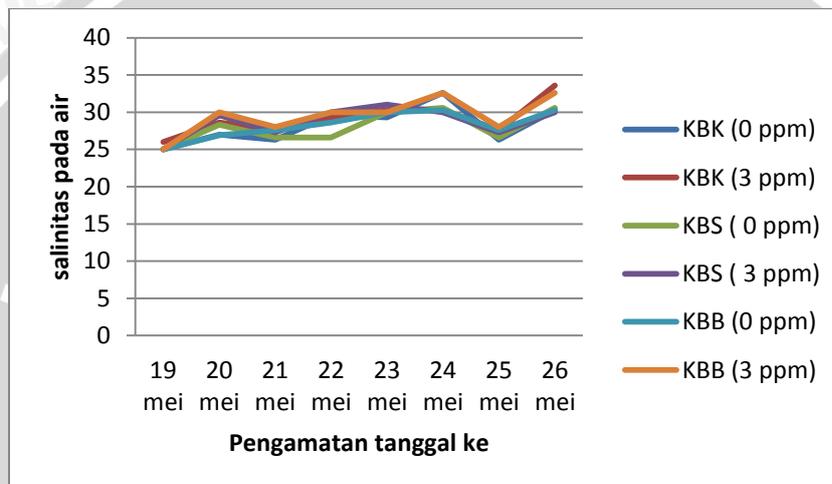


Gambar 4. Grafik perubahan suhu

Grafik diatas (gambar 4) menunjukkan bahwa suhu selama penelitian terjadi naik turunnya suhu pada bak percobaan, suhu terendah terdapat pada bak percobaan kontrol (0 ppm), dan suhu tertinggi terdapat pada percobaan dengan dosis 3 ppm. Berdasarkan hasil pengukuran selama proses penelitian, suhu berkisar 26.6°C - 29.8°C . Penurunan dan peningkatan selama penelitian diakibatkan oleh faktor lingkungan (udara) yang bergantung pada intensitas sinar matahari. Suryanto et al. (2002), bahwa kisaran suhu yang optimum untuk mendukung kehidupan bivalvia berkisar 28 - 32°C . Suhu akan mempengaruhi aktivitas metabolisme dan perkembangbiakan dari organisme tersebut (Nybakken, 1988). Suhu yang tinggi akan menyebabkan metabolisme pada organisme air juga tinggi. Jika respirasi juga tinggi dengan demikian penyerapan logam berat juga lebih tinggi, Hal ini sesuai dengan pendapat Rachmawatie *et al.* (2009), bahwa kenaikan suhu air akan mengurangi adsorpsi senyawa logam berat. Suhu air yang lebih dingin akan meningkatkan adsorpsi logam berat yang nantinya akan mengendap di dasar. Sementara saat suhu air naik, senyawa logam berat akan melarut di air karena penurunan laju adsorpsi.

4.3.1 Salinitas

Salinitas adalah jumlah total (gr) material padat termasuk NaCl yang terkandung dalam satu kilogram air laut dimana bromine dan iodine diganti dengan klorin dan bahan organik lainnya telah terbakar habis. Salinitas mempengaruhi aktivitas fisiologis sel dimana dengan adanya peningkatan salinitas akan meningkatkan pengeluaran energi yang digunakan untuk proses osmoregulasi (Efendi, 2010). Grafik pengamatan harian salinitas sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik rata-rata perubahan salinitas

Grafik perubahan salinitas (gambar 4) menunjukkan nilai salinitas tetap stabil pada masing-masing bak percobaan yaitu 25 ppt – 33.6 ppt. Sesuai dengan pernyataan Broom (1985) bahwa kerang hanya dapat hidup di daerah dengan salinitas lebih dari 23 ppt. Kerang ini mampu mentoleransi dengan salinitas yang tinggi dan rendah. Namun pada salinitas yang sangat rendah, yaitu 9.4 ppt kerang tidak dapat tumbuh melainkan mengalami kematian.

Salinitas dapat mempengaruhi keberadaan logam berat di perairan. Bila terjadi penurunan salinitas karena adanya proses desalinasi maka akan menyebabkan peningkatan daya toksik logam berat dan tingkat bioakumulasi logam berat semakin besar (Erlangga, 2007). Pada salinitas rendah akan terjadi peningkatan konsentrasi kation Pb bebas, karena yang membentuk molekul/ion

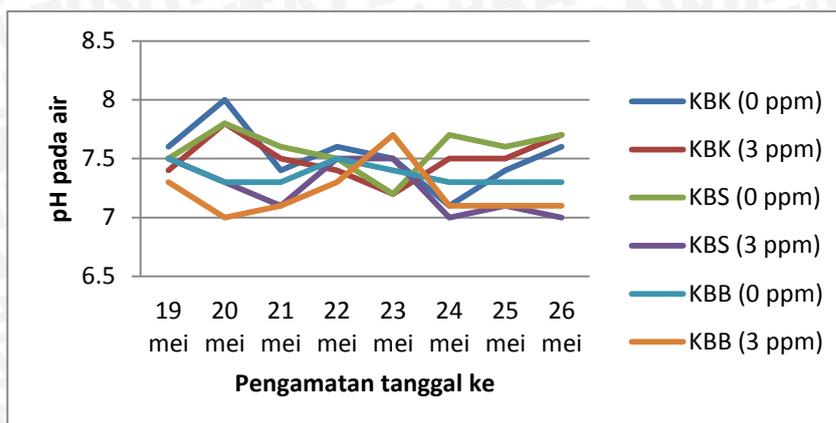
kompleks relatif kecil. Hal ini diduga dapat menyebabkan kenaikan toksisitas akut logam Pb pada kondisi salinitas rendah (Yudiati, 2009). Perubahan salinitas dapat terjadi karena aliran air dari daratan dan penguapan air. Peningkatan nilai salinitas mempunyai pengaruh negatif terhadap konsentrasi logam berat, semakin tinggi salinitas maka konsentrasi logam berat akan semakin rendah, yang menyebabkan proses penurunan logam berat juga akan berkurang (bangun, 2005).

4.3.2 pH

Derajat keasaman (pH) merupakan nilai konsentrasi ion hydrogen dalam suatu larutan. Dalam air bersih jumlah konsentrasi ion H^+ dan OH^+ berada dalam keadaan seimbang sehingga air yang bersih akan bereaksi netral (Barus, 2004). Nilai pH akan mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia, toksisitas logam memperlihatkan peningkatan pada pH rendah dan berkurang pada pH meningkat. Sebagian besar biota akuatik sensitive terhadap perubahan pH dan menyukai pH sekitar 7 – 8.5 (Effendi, 2003).

Nilai pH pada saat penelitian berkisar antara 6.6 – 8.1 dimana kadar pH tersebut menunjukkan bahwa kondisi air tidak terlalu asam dan tidak terlalu basa. Hasil pengamatan harian nilai pH menunjukkan adanya perbedaan pH yang tidak signifikan pada tiap perlakuan. untuk lebih jelasnya dapat dilihat grafik berikut:





Gambar 6. Grafik rata-rata perubahan pH

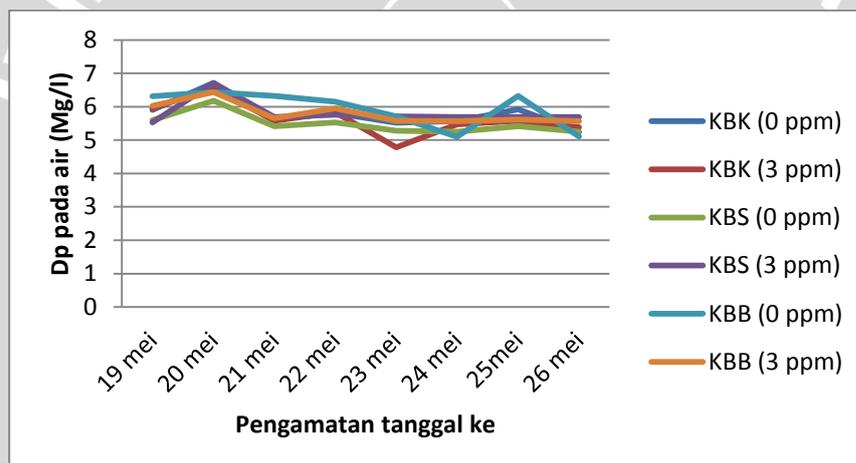
Kelarutan logam dalam air dikontrol oleh pH air. pH yang asam dapat mempengaruhi kelarutan logam berat di perairan. Kenaikan pH menurunkan kelarutan logam dalam air, karena kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada air, sehingga akan mengendap membentuk lumpur. Sedangkan pH yang rendah dapat menyebabkan kelarutan logam-logam dalam air semakin besar (Palar, 2012). Pada saat pH asam kelarutan logam beratnya tinggi, dan pada pH basa kelarutan logam beratnya rendah. Maslukah (2006), menjelaskan bahwa derajat keasamaan dalam perairan merupakan suatu peubah yang sangat penting dan mempengaruhi konsentrasi logam berat dan senyawa-senyawa lainnya di perairan. Kelarutan logam dalam air dikontrol oleh pH air. Kenaikan pH pada perairan biasanya akan diikuti dengan semakin kecilnya kealrutan dari senyawa-senyawa logam tersebut.

4.3.3 Oksigen terlarut (DO)

Konsentrasi oksigen terlarut merupakan parameter yang sangat penting dalam menentukan kualitas perairan. Konsentrasi oksigen ditentukan oleh keseimbangan antara produksi dan konsumsi oksigen dalam ekosistem. Oksigen diproduksi oleh komunitas autotrof melalui proses fotosintesis dan dikonsumsi

oleh semua organisme melalui pernafasan. Disamping itu, oksigen juga diperlukan untuk perombakan bahan organik dalam ekosistem (Izzati, 2008).

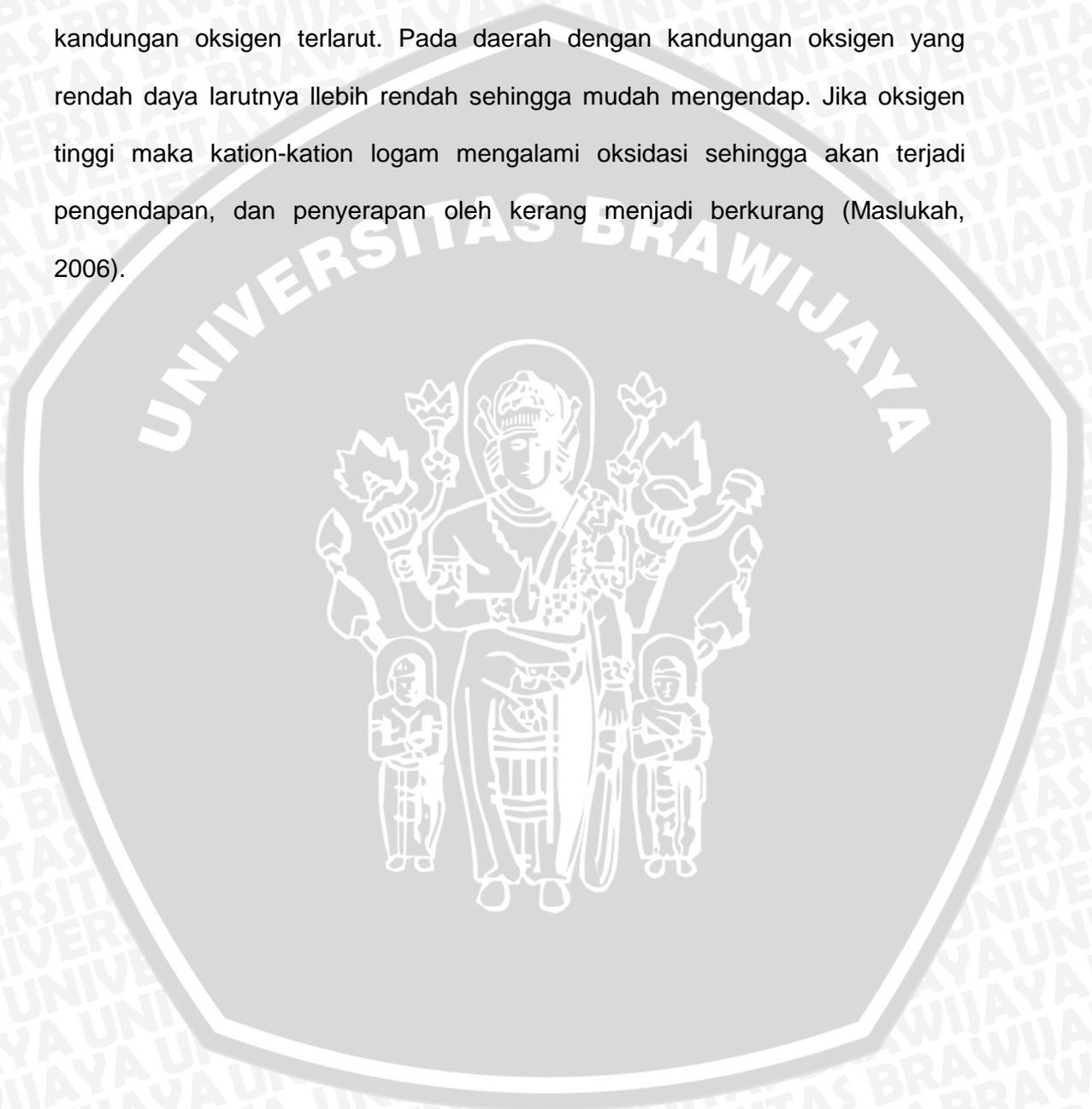
Selama dilakukan penelitian, nilai DO berfluktuasi naik turun. Perubahan nilai DO selama penelitian dapat dipengaruhi oleh aktivitas organisme seperti respirasi. Dimana aktivitas ini dapat mengurangi nilai oksigen yang terkandung dalam perairan. Oksigen dalam perairan juga dipengaruhi oleh suhu, apabila suhu meningkat maka nilai oksigen dalam perairan menurun. Hal ini dikarenakan suhu perairan berpengaruh pada aktifitas respirasi organisme yang berdampak pada penurunan nilai DO. Grafik pengamatan nilai DO (gambar 6) selama penelitian sebagai berikut:



Gambar 7. Grafik perubahan DO

Batas minimal toleransi bagi moluska benthik adalah 4 mg/l. Oksigen terlarut di sekitar perairan tersebut masih dapat ditolerir untuk kehidupan kerang dalam melakukan proses metabolisme yang diperlukan untuk pertumbuhan (Atmaja *et al*, 2014). Masuknya logam berat ke dalam insang dapat menyebabkan keracunan, karena bereaksi dengan kation logam tersebut dengan fraksi tertentu dari lendir insang. Kondisi ini menyebabkan proses metabolisme dari insang menjadi terganggu. Lendir yang berfungsi sebagai pelindung diproduksi lebih banyak sehingga terjadi penumpukan lendir. Hal ini akan memperlambat respirasi dan

pengikatan oksigen pada insang dan pada akhirnya menyebabkan kematian (Yudiati *et al*, 2009). Kandungan oksigen terlarut yang rendah akan menyebabkan daya larut logam lebih rendah dan mudah mengendap (Rachmaningrum *et al.*, 2015). Kelarutan logam berat sangat dipengaruhi oleh kandungan oksigen terlarut. Pada daerah dengan kandungan oksigen yang rendah daya larutnya lebih rendah sehingga mudah mengendap. Jika oksigen tinggi maka kation-kation logam mengalami oksidasi sehingga akan terjadi pengendapan, dan penyerapan oleh kerang menjadi berkurang (Maslukah, 2006).



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang penurunan logam berat Pb menggunakan kerang batik dengan ukuran berbeda dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kerang batik pada ukuran kecil, sedang dan besar pada dosis 0 ppm memiliki kemampuan yang berbeda dengan kerang batik ukuran kecil, sedang, dan besar pada dosis 3 ppm dalam menurunkan logam berat Pb. Kerang batik ukuran kecil, sedang, dan besar pada dosis 0 ppm tidak terdapat perbedaan yang nyata dalam menurunkan logam berat Pb. Pada kerang batik kecil, sedang, dan besar dengan dosis 3 ppm memiliki perbedaan penurunan, yaitu kerang batik sedang (KBS; ± 3 cm) memiliki prosentase tertinggi sebesar 86.75% dalam penurunan logam Pb, karena kerang batik tersebut aktifitasnya masih aktif, sehingga dalam proses penyerapannya juga tinggi. dan terendah pada kerang batik besar (KBK; $\pm 2,5$ cm) dengan prosentase terendah 80.31% dalam penurunan logam Pb, karena kerang tersebut masih sangat rentan dalam proses penyerapan logam sehingga penyerapan logam berat juga semakin rendah.
2. Hasil pengukuran kualitas air pada media bak-bak percobaan menunjukkan bahwa pH, suhu, salinitas, dan kandungan DO masih dalam kondisi normal untuk pertumbuhan dari kerang batik.

5.2 Saran

- Perlu adanya perhatian dari pihak terkait (pemerintah beserta stakeholder) terhadap proses pembuangan limbah pabrik industri secara langsung ke badan air sehingga tidak mengganggu ekosistem perairan baik untuk tambak, sungai ataupun laut.

- Selain itu juga diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh pemaparan logam berat (Pb) pada organ-organ kerang batik (*paphia undulata*), serta berapa logam berat yang terakumulasi dalam kerang sehingga kerang tersebut masih tetap bertahan hidup.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdulgani, N., Aunurohim dan A. W. Indarto. 2008. Konsentrasi Kadmium (Cd) pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Surabaya dan Madura. ITS: Surabaya.
- Adriyani, R. dan Mahmudiono, T. 2009. *Kadar Logam Kadmium, Protein dan Organoleptik Pada Daging Bivalvia dan Perendaaman Larutan Asam Cuka J. Penelit. Med Eksakta* 8(2): 152-161.
- Afriansyah, A. 2009. Konsentrasi Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu) dalam Air, Seston, kerang dan fraksinasinya dalam Sedimen di Perairan Delta Berau, Kalimantan Timur.
- Agustina, T. 2010. *Kontaminasi Logam Berat Pada Makanan Dan Dampaknya Pada Kesehatan. TEKNUBUGA*.2(2): 53-65.
- Ambarwati, R dan trojoko. 2010. *Morfologi Fungsional Kerang Batik Paphia undulata (Bivalve: Veneridae)*. Laporan Penelitian Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya. Hl 3-8.
- Amriani. B. Hendrarto dan A. Hadiyanto. 2012. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) Dan Seng (Zn) Pada Kerang Darah (*Anadara Granosa L.*) Dan Kerang Bakau (*Polymesoda Bengalensis L.*) Di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Volume 9, Issue 2: 45-50 (2011) ISSN 1829-8907.
- Arfiati, D., 2007. *Kemampuan Tiga Jenis Tiram Dalam Biofilter Fitoplankton*. Disertasi. Program Pasca Sarjana Universitas Brawijaya: Malang.
- Armita, D. 2011. *Analisis Perbandingan Kualitas Air Daerah Budidaya Rumput Laut Dengan Daerah Tidak Ada Budidaya Rumput Laut, Di Dusun Malelaya, Desa Punaga, Kecamatan Mangarabombang, Kabupaten Takalar*. Skripsi. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Universitas Hassanudin. Makassar.
- Atmaja Bahari, S, Sri rejeki, Restiana, W. 2014. *Pengaruh Padat tebar berbeda terhadap Pertumbuhan dan kelulushidupan Kerang Darah (Anadara granosa) Yang Dibudidaya di Perairan Terabrasi Desa Kaliwlingi Kabupaten Brebes*. *Journal Of Aquaculture Management and Technology*. Vol 3 (4): 207-213
- Bangun, J.M., 2005. *Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Kadmium (Cd) Dalam Air, Sedimen Dan Organ Tubuh Ikan Sokang (Triacanthus nieuhofii) Di Perairan Ancol, Teluk Jakarta*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor:IPB.
- Barus. 2004. *Pengantar Limnologi. Studi tentang Ekosistem Danau dan Sungai*. Jurusan Biologi FMIPA. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Blom, J. H. 1998. *Chemical and Physical Water Quality Analysis*. Nuffic UNIBRAW/LUW/Fish. Malang.
- Broom MJ. 1985. *The Biology and Culture Of Marine Bivalve Molluses Of The Genus Anadara*. ICLARM. Philipina.

- Cookson, Jr. John T, 1995. *Bioremediation Engineering Design And Application*. Mc-Graw-Hill, Inc. New York.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Universitas Indonesia press. Jakarta.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya Dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta. Penerbit Universitas Indonesia (UI Press).
- Defeo, O. dan A. McLachlan. 2005. *Pattens, Processes and Regulatory FMechanisms In Sandy Beaxh Macrofauna: A Multi-Scala Analysis*. Marine Ecology Progress Series, 295 (6) : 1-20.
- Djawad, M.I dan Bertha, N. 2009. *Efektifitas Tiram Bakau (Crassostrea sp.) Dalam Mereduksi Cu Pada Air Pemeliharaan Udang Windu (Panaeus monodon)*. E-Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan tropis. Vol.1: (2) Hal 1-10.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Erlangga, 2007. *Efek Pencemaran Perairan Sungai Kampar Di Provinsi Riau Terhadap Ikan Baung (hemobagrus hemurus)*. Thesis. Sekolah Pasca Sarjana. IPB Bogor. 87 hal.
- Fardiaz S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi IPB. Bogor.
- Fauziah, A.R., B.S.Rahardja dan Y.Cahyoko. 2012. *Korelasi Ukuran Kerang Darah (Anadara granosa) Dengan Konsentrasi Logam Berat Merkuri (Hg) Di Muara Sungai Ketingan, Sidoarjo, Jawa Timur*. Jurnal of Marine and Coastal Science. Vol.1 : (1).
- Ghufran, M., H. Kordi, dan A. Tamsil. 2010. *Pembenihan Ikan Laut Ekonomis Secara Buatan*. Andi Offset: Yogyakarta
- Hanafiah, K. A. 2005. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 360 hal.
- Handayani S. 2013. *Bioremediasi Sumber Air Bersih Daerah Aliran Sungai Brantas Hilir*. Dosem Fakultas Pertanian. Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
- Hartanto, R. 2003. *Modul Metodologi Penelitian*. Fakultas Peternakan. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Hendricks, M. E., R. V. Brusca, M. Cordero and G. Ramirez. 2007. *Marine and Brackish-Water Molluscan Biodiversity in The Californoa. mexico*. Scientia Marina: 637-647.
- Herawati V. E. 2008. *Analisis Kesesuaian Perairan Segara Anakan Kabupaten Cilacap Sebagai Lahan Budidaya Kerang Totok (Polymesoda erosa)*

Ditinjau dari aspek Produktivitas Primer Menggunakan Penginderaan jauh. Tesis. Program Pasca Sarjana. Universitas Diponegoro. Semarang.

Hutagalung, H. P dan Razak, H. 1981. Kandungan Logam Berat Dalam Beberapa Perairan Laut Indonesia, Dalam Kondisi Lingkungan Pesisir dan Laut Indonesia. Puslitbang Oseabologi LIPI. Jakarta.

Hutagalung, H.P., Setiapermana dan Riyono. 1997. *Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota.* LIPI. Jakarta.

Hutagalung, H.P. 1984. *Logam Berat Dalam Lingkungan Laut.* Oseana. Vol. 9 : (1).

Izzati, M. 2008. *Perubahan Konsentrasi Oksigen terlarut dan pH Perairan tambak Setelah Penambahan Rumput Laut (Sargassum Plagyophyllu) dan Ekstraknya.* <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/janafis/article/viewFile/2623/2336>. Diakses Pada Tanggal 03 maret 2015. Pukul 17.00 WIB.

Kordi dan Tancung. 2005. *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan.* Rineka Cipta. Jakarta.

Lestari, F. 2010. *Bahaya Kimia : Sampling dan pengukuran Kontaminan Kimia di Udara.* Buku Kedokteran EGC. Jakarta.

Liliandari, P dan Aunurohim. 2013. *Kecepatan Filtrasi Kerang Hijau (Perna viridis) Terhadap Chaetoceros sp dalam Media Logam Tercemar Kadmium.* Jurnal Sains dan Seni Pomits. Vol: 2 (1).

Makkasau, A., M. Sjahrul, M. N Jalaluddin, dan I. Raya. 2011. *Teknik Fitoremediasi Fitoplankton Suatu Alternatif Pemulihan Lingkungan Laut yang Tercemar Ion Logam Cd^{2+} dan Cr^{6+} .* Pendidikan Guru Sekolah Dasar. **7(2)**: 155-168.

Mangampa. M, D. Suryanto, dan M. Tjaronge. 1999. *Model Pengembangan Teknologi Budidaya Udang Ramah Lingkungan di Tambak.* Balai Penelitian Perikanan Pantai Maros, Maros. Hal (4).

Makmur, Resky., Emiyarti dan L. O. A. Afu. 2013. Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Sedimen di Kawasan Mangrove Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Mina Laut Indonesia.* **02** (06): 47-58.

Maslukah, L. 2006. *Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Zn, dan Pola Sebarannya Di Muara Banjir Kanal Barat, Semarang.* Pascasarjana Institut Pertanian Bogor:IPB.

Munawar dan Mukhtasor. 2013. *Proses Biostimulasi Dengan Optimasi Nutrien Untuk Bioremediasi Tanah tercemar Tumpahan Minyak Mentah Di kawasan Pantai.* Fakultas Teknologi Kelautan. ITS. Surabaya.

Munawar, Mukhtasor, Tini S. 2007. *Bioremediasi Tumpahan Minyak Mentah Dengan Metode Biostimulasi Nutrien Organik Di Lingkungan Pantai Surabaya Timur.* Berk Penel Hayati. 13:(91-96)

- Murphy. 2007. General Information. [Http://bcn.Boulder.co.us](http://bcn.Boulder.co.us). Diakses pada tanggal 22 Mei 2015.
- Nontji, A. 2007. *Laut Nusantara*. Penerbit: Djambatan. Jakarta.
- Nybakken, J.W. 1998. *Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologis*. Gramedia: Jakarta.
- Palar, H. 2012. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta: Jakarta
- Panjaitan, G. Y. 2009. *Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) Dan Timbal (Pb) Pada Pohon Avicennia marina Di Hutan Mangrove*. Skripsi. Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara Medan.
- Prasetyo, A. D. 2009. Penentuan Kandungan Logam (Hg, Pb dan Cd) dengan Penambahan Bahan Pengawet dan Waktu Perendaman yang Berbeda pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Muara Kamal, Teluk Jakarta. Skripsi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah: Jakarta.
- Rachmaningrum., M. Eka., W., Kancita, P. 2015. *Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Perairan Sungai Citarum Hulu Segmen Dayeuhkolot-Nanjung*. Jurnal Online Teknologi Nasional. Vol 3 (1).
- Rachmawatie, Zainul H, Indah W.A. 2009. Analisis Konsentrasi Merkuri (Hg) dan Kadmium (Cd) Di Muara Sungai Porong Sebagai Area Buangan Limbah Lumpur Lapindo. Jurnal Kelautan. Vol 2 (2).
- Radiopoetro. 1996. *Zoologi*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Rahmawati, U. 2010. *Pola Alokasi Pendapatan Dan Faktor-Faktor Yang Mendasari Keputusan masyarakat Mermata Pencapaian Sebagai Nelayan Kupang Di Desa Balungdowo Kecamatan Candi Kabupaten Sidoajo*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Jember.
- Rosita, E., W.R., Melani dan A.Zulfojar. 2013. *Efektivitas Fitoremediasi Kangkung Air (Ipomoea aquatic FORSK) Terhadap Penyerapan Orthophospat Pada Detergen Ditinjau Dari Detensi Waktu dan Konsentrasi Orthophospat*. Universitas Maritim Raja Ali haji. Riau.
- Schneider, J. A. 2001. *Bivalve Systematics During the 20 th Century*. Journal of Paleontology 75 (6): 1119-1127.
- Silviana, D. R., Jabang, N., Izmiarti. 2014. *Kepadatan Populasi dan Distribusi Ukuran Cangkang Kerang Lokan (Rectidens sp.) di Perairan Tanjung Mutiara Danau Singkarak, Sumatera Barat*. Jurnal Biologi Universitas Andalas. Vol 3(2): 109-115
- Simanjuntak, M. 2012. *Kualitas Air Laut Ditinjau Dari Aspek Zat Hara, Oksigen Terlarut Dan pH Di Perairan Banggai, Sulawesi Tengah*. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis. 4(2): 290-303.
- Sinaga, D Marsaulina, I. Ashar, T. 2013. *Perbandingan Penurunan Kadar Cadmium (Cd) Pada Kerang Darah (Anadara granosa) Dengan Perendaman Larutan Jeruk Nipis (Citrus aurantifolia) Pada Berbagai*

Konsentrasi dan Lama Perendaman. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Sumatera Utara. Medan.

Subarnas, N. 2007. *Terampil Berkreasi*. Grafindo Media Pratama: Bandung.

Supriharyono. 2002. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumberdaya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Suryanto, A. M. 2011. *Pencemaran lingkungan (sumber, dampak, dan upaya penanggulangannya)*. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang.

Suryono. C. A. 2006. *Bioakumulasi Logam Berat Melalui Sistim Jaringan Makanan dan Lingkungan Pada Kerang Bulu Anadara inflata*. Ilmu Kelautan. Vol. 11(1): 19-22.

Wardhana, Wisnu Arya. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Penerbit : Andi. Yogyakarta

Wardani, D. A. Kusuma., N. K. Dewi dan N. R. Utami. 2014. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Daging Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Muara Sungai Banjir Kanal Barat Semarang. *Unnes J Life Sci*. 3 (1): 1-8.

Wetipo, Y.S. Jubhar, CH. Mangimbulude, Ferdy, S.R. 2013. *Potensi Chlorella sp Sebagai Agen Bioremediasi Logam Berat Di air*. Fakultas Sains dan Matematika. Universitas Kristen Satya Wacana. Salatiga.

Yudiati, E., S. Sedjati, I. Enggar dan I. Hasibuan. 2009. Dampak Pemaparan Logam Berat Kadmium pada Salinitas yang Berbeda terhadap Mortalitas dan Kerusakan Jaringan Insang Juvenile Udang Vaname (*Litopeneus vannamei*). *Jurnal Ilmu Kelautan*. 14 (4) : 29-35.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat dan Bahan

a. Alat

No	Alat	Fungsi
1	Thermometer	Mengukur suhu
2	pH meter	Untuk mengetahui nilai pH
3	DO meter	Untuk mengetahui nilai DO (oksigen terlarut)
4	refraktometer	Untuk mengetahui nilai salinitas
5	Timbangan analitik	Untuk menimbang logam berat timbal (Pb)

b. Bahan

No	Alat	Fungsi
1	Logam Berat Pb	Sebagai obyek pengamatan
2	Tissue	Membersihkan alat
3	Kertas label	Memberi tanda pada setiap perlakuan
3	Aquades	Mengkalibrasi alat

Lampiran 2. Data Hasil Penurunan Logam berat Pb pada Air Kontrol (0 ppm) dan Pemberian Pb dengan dosis 3 ppm

a. Penurunan Pb pada air kontrol (0 ppm) selama waktu penelitian (8 hari)

Perlakuan Awal Akhir Penurunan

	(Hari ke 0)	(hari ke 8)	
KBK 1	0.050	0.038	0.012
KBK 2	0.050	0.020	0.030
KBK 3	0.050	0.016	0.034
Rata-rata	0.050	0.024	0.025
KBS 1	0.050	0.020	0.030
KBS 2	0.050	0.016	0.034
KBS 3	0.050	0.028	0.022
Rata-rata	0.050	0.021	0.028
KBB 1	0.050	0.016	0.034
KBB 2	0.050	0.027	0.023
KBB 3	0.050	0.021	0.029
Rata-rata	0.050	0.021	0.028

b. Penurunan Pb pada air dengan dosis 3 ppm selama waktu penelitian (8 hari)

Perlakuan	Awal (Hari ke 0)	Akhir (hari ke 8)	Penurunan
KBK 1	2.780	2.365	0.415
KBK 2	2.850	2.429	0.421
KBK 3	2.730	2.156	0.574
Rata-rata	2.786	2.316	0.47
KBS 1	2.780	1.702	1.078
KBS 2	2.700	1.551	1.149
KBS 3	2.950	1.604	1.346
Rata-rata	2.81	1.619	1.191
KBB 1	2.814	2.202	0.612
KBB 2	2.930	2.006	0.924
KBB 3	2.800	2.253	0.547
Rata-rata	2.848	2.153	0.694

Lampiran 3. Data Hasil Penyerapan Logam berat Pb pada kerang batik Kontrol (0 ppm) dan Pemberian Pb dengan dosis 3 ppm

a. Penyerapan Pb oleh kerang batik pada dosis (0 ppm) selama waktu penelitian (8 hari)

Perlakuan	Kandungan Pb pada Kerang		Penyerapan
	Awal (hari 1)	Akhir (hari 8)	
KBK 1	0.122	0.112	0.010
KBK 2	0.149	0.121	0.028
KBK 3	0.155	0.121	0.034
Rata-rata	0.143	0.118	0.024
KBS 1	0.213	0.184	0.29
KBS 2	0.20	0.166	0.034
KBS 3	0.223	0.201	0.022
Rata-rata	0.210	0.183	0.115
KBB 1	0.166	0.134	0.032
KBB 2	0.166	0.143	0.023
KBB 3	0.186	0.157	0.029
Rata-rata	0.173	0.144	0.028

b. Penyerapan Pb oleh kerang batik pada dosis (3 ppm) selama waktu penelitian (8 hari)

Perlakuan	Kandungan Pb pada Kerang		Penyerapan
	Akhir (Hari 8)	Awal (Hari 1)	
KBK 1	0.525	0.110	0.415
KBK 2	0.52	0.119	0.401
KBK 3	0.693	0.120	0.573
Rata-rata	0.579	0.114	0.463
KBS 1	1.250	0.182	1.068
KBS 2	1.310	0.163	1.147
KBS 3	1.543	0.199	1.344
Rata-rata	1.367	0.181	1.186
KBB 1	0.741	0.131	0.61
KBB 2	1.064	0.142	0.922
KBB 3	0.702	0.155	0.547
Rata-rata	0.835	0.142	0.693

Lampiran 4. Perhitungan Penurunan Logam Berat Pb Oleh Air

Air	Perlakuan	Dosis	Ulangan			Jumlah	Rerata
			1	2	3		
KBK		0 ppm	0.012	0.030	0.034	0.076	0.025
		3 ppm	0.415	0.421	0.574	1.41	0.47
KBS		0 ppm	0.030	0.034	0.022	0.086	0.028



	3 ppm	1.078	1.149	1.346	3.573	1.191
KBB	0 ppm	0.034	0.023	0.029	0.086	0.028
	3 ppm	0.612	0.924	0.547	2.083	0.694
Jumlah		2.181	2.581	2.552	7.314	

$$\begin{aligned} \text{Faktor koreksi (FK)} &= \frac{(\text{Total jendral})^2}{\text{Banyak pengamatan}} \\ &= \frac{(7.314)^2}{18} \\ &= \frac{53.49}{18} \\ &= 2.97 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total (JKT)} &= \sum^{rn} x_{ij}^2 - FK \\ &= (0.012)^2 + (0.415)^2 + (0.030)^2 + \dots + (0.547)^2 - 2.97 \\ &= 6.49 - 2.97 \\ &= 3.52 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Ulangan (JKU)} &= \sum^{B^2} \frac{i}{n} - FK \\ &= \frac{(2.181)^2 + (2.581)^2 + (2.552)^2}{6} - 2.97 \\ &= \frac{17.92}{6} - 2.97 \\ &= 0.01 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKP Kombinasi} &= \frac{(0.076)^2 + (1.41)^2 + (0.086)^2 + (3.573)^2 + (0.086)^2 + (2.083)^2}{3} - FK \\ &= \frac{19.09}{3} - 2.97 \\ &= 3.39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK galat} &= \text{Jk total} - \text{JK perlakuan} - \text{JK ulangan} \\ &= 3.52 - 3.39 - 0.01 \\ &= 0.12 \end{aligned}$$

Dosis



Air	0 ppm	3 ppm	Jumlah perlakuan
KBK	0.076	1.41	1.48
KBS	0.086	3.573	3.65
KBB	0.086	2.083	2.16
Jumlah dosis	0.248	7.066	7.31

$$JK \text{ Perlakuan air} = \frac{(1.48)^2 + (3.65)^2 + (2.16)^2}{2 \times 3} - FK$$

$$= \frac{2.19 + 13.32 + 4.66}{2 \times 3} - 2.97$$

$$= 0.39$$

$$JK \text{ Dosis} = \frac{(0.248)^2 + (7.066)^2}{3 \times 3} - FK$$

$$= \frac{0.061 + 49.92}{9} - 2.97$$

$$= 2.58$$

$$JK \text{ Air dan dosis} = JK \text{ perlakuan kombinasi} - JK \text{ Air} - JK \text{ Dosis}$$

$$= 3.39 - 0.39 - 2.58$$

$$= 0.42$$

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F.Hitung	F _{5%}	F _{1%}
Ulangan	2	0.01	0.005			
Perlakuan:	5	3.39	0.67	55.83*	3.33	5.64



U (Ukuran kerang)	2	0.39	0.195	16.25*	4.10	7.56
D (Dosis Pb)	1	2.58	2.58	215*	4.96	10.04
UD (Ukuran dan Dosis) Galat	2	0.42	0.21	17.5*	4.10	7.56
	10	0.12	0.012			
Total	17	3.52				

UJI BNT

$$\text{BNT 5\%} = t_{\alpha/2} \frac{\sqrt{2 \cdot KT \cdot Galat}}{r}$$

$$= 2.110 \frac{\sqrt{2 \cdot x 0.012}}{3}$$

$$= 2.110 \times 0.089$$

$$= 0.188$$

$$\text{BNT 1\%} = t_{\alpha/2} \frac{\sqrt{2 \cdot KT \cdot Galat}}{r}$$

$$= 2.898 \frac{\sqrt{2 \cdot 0.012}}{3}$$

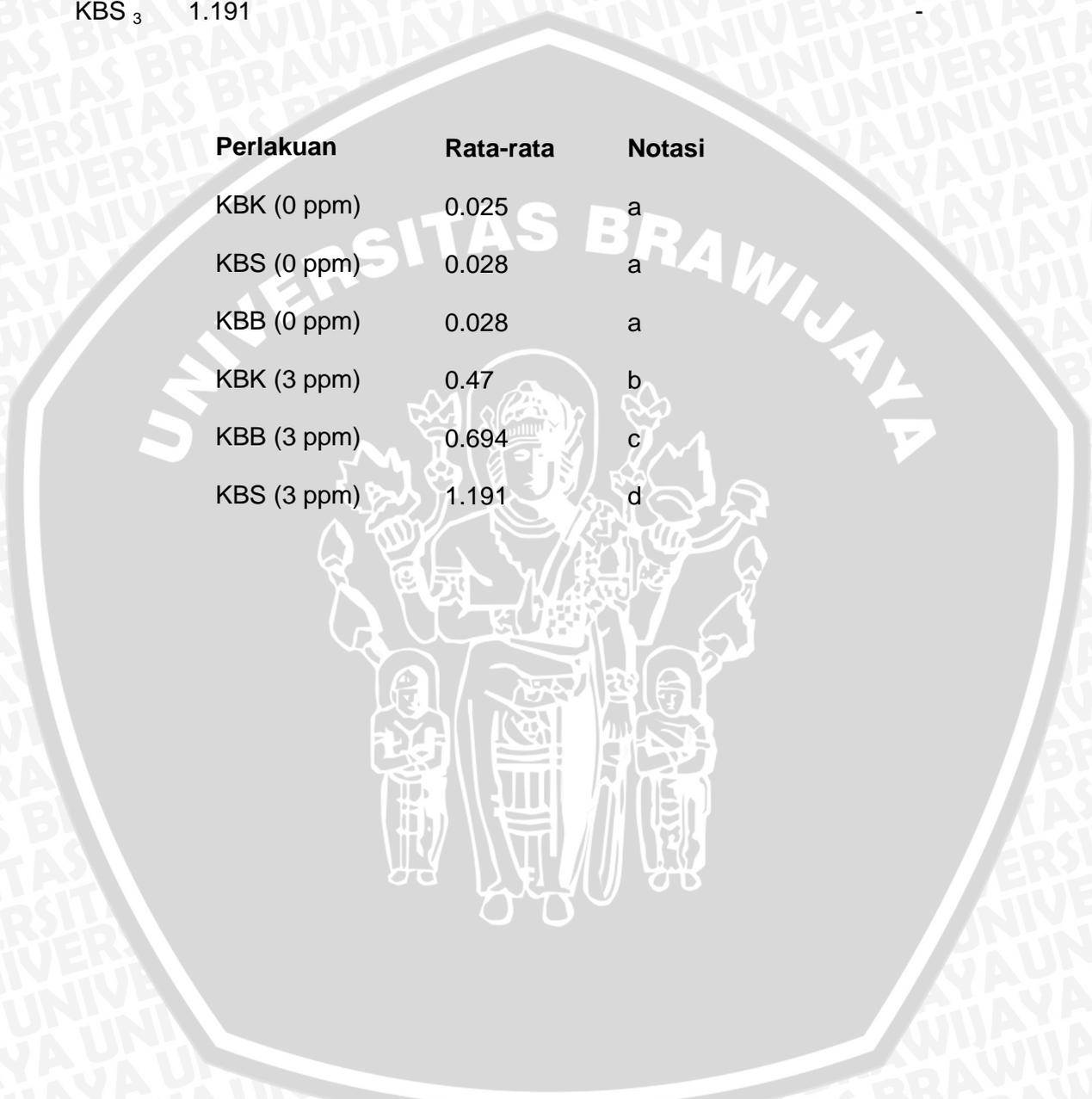
$$= 2.898 \times 0.089$$

$$= 0.25$$

	KBK ₀	KBS ₀	KBB ₀	KBK ₃	KBB ₃	KBS ₃
	0.025	0.028	0.028	0.47	0.694	1.191
KBK ₀	0.025	-	0.003 _{tn}	0.003 _{tn}	0.445*	0.669*
KBS ₀	0.028	-	-	0.442*	0.666*	1.163*



KBB ₀	0.028	-	0.442*	0.666*	1.163*
KBK ₃	0.47	-	-	0.224*	0.721*
KBB ₃	0.694	-	-	-	0.497*
KBS ₃	1.191	-	-	-	-



Perlakuan	Rata-rata	Notasi
KBK (0 ppm)	0.025	a
KBS (0 ppm)	0.028	a
KBB (0 ppm)	0.028	a
KBK (3 ppm)	0.47	b
KBB (3 ppm)	0.694	c
KBS (3 ppm)	1.191	d

Lampiran 5. Perhitungan Penyerapan Logam Berat Pb Oleh Kerang Batik dengan Ukuran Berbeda

Air	Perlakuan	Dosis	Ulangan			Jumlah	Rerata
			1	2	3		
KBK		0 ppm	0.010	0.028	0.034	0.072	0.024
		3 ppm	0.415	0.401	0.573	1.389	0.463



KBS	0 ppm	0.29	0.034	0.022	0.346	0.115
	3 ppm	1.068	1.147	1.344	3.559	1.186
KBB	0 ppm	0.032	0.023	0.029	0.084	0.028
	3 ppm	0.61	0.922	0.547	2.079	0.693
Jumlah		2.425	2.555	2.549	7.529	

$$\text{Faktor koreksi (FK)} = \frac{(\text{Total jendral})^2}{\text{Banyak pengamatan}}$$

$$= \frac{(7.529)^2}{18}$$

$$= \frac{56.68}{18}$$

$$= 3.149$$

$$\text{JK Total (JKT)} = \sum^n r_n x_{ij}^2 - \text{FK}$$

$$= (0,010)^2 + (0,415)^2 + (0,29)^2 + \dots + (0,547)^2 - 3.149$$

$$= 6.52 - 3.149$$

$$= 3.371$$

$$\text{JK Ulangan (JKU)} = \sum^n r_B^2 \frac{i}{n} - \text{FK}$$

$$= \frac{(2.425)^2 + (2.555)^2 + (2.549)^2}{6} - 3.149$$

$$= \frac{18.905}{6} - 3.149$$

$$= 0.0018$$

$$\text{JKP Kombinasi} = \frac{(0,072)^2 + (1,389)^2 + (0,346)^2 + (3,559)^2 + (0,084)^2 + (2,079)^2}{3} - \text{FK}$$

$$= \frac{19.04}{3} - 3.149$$

$$= 3.198$$

$$\text{JK galat} = \text{Jk total} - \text{JK perlakuan} - \text{JK ulangan}$$

$$= 3.371 - 3.198 - 0.0018$$

$$= 0.171$$

Dosis

Jumlah

Ukuran	0 ppm	3 ppm	perlakuan
KBK	0.072	1.389	1.461
KBS	0.346	3.559	3.905
KBB	0.084	2.079	2.163
Jumlah dosis	0.502	7.027	7.529

$$JK \text{ Perlakuan ukuran} = \frac{(1.461)^2 + (3.905)^2 + (2.163)^2}{2 \times 3} - FK$$

$$= \frac{2.134 + 15.249 + 4.678}{2 \times 3} - 3.149$$

$$= 0.527$$

$$JK \text{ Dosis} = \frac{(0.502)^2 + (7.027)^2}{3 \times 3} - FK$$

$$= \frac{0.25 + 49.37}{9} - 3.149$$

$$= 2.365$$

$$JK \text{ Ukuran dan dosis} = JK \text{ perlakuan kombinasi} - JK \text{ Ukuran} - JK \text{ Dosis}$$

$$= 3.198 - 0.527 - 2.365$$

$$= 0.306$$

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F.Hitung	F _{5%}	F _{1%}
Ulangan	2	0.0018	0.0009			
Perlakuan:	5	3.198	0.63	35.73*	3.33	5.64



U (Ukuran Kerang)	2	0.527	0.26	14.52*	4.10	7.56
D (Dosis Pb)	1	2.365	2.365	132.12*	4.96	10.04
UD (Ukuran kerang dan dosis Pb)	2	0.306	0.153	98.547*	4.10	7.56
Galat	10	0.179	0.0179			
Total	17					

UJI BNT

$$\text{BNT 5\%} = t_{\alpha/2} \frac{\sqrt{2 \cdot KT \cdot Galat}}{r}$$

$$= 2.110 \frac{\sqrt{2 \cdot 0.0179}}{3}$$

$$= 2.110 \times 0.119$$

$$= 0.25$$

$$\text{BNT 1\%} = t_{\alpha/2} \frac{\sqrt{2 \cdot KT \cdot Galat}}{r}$$

$$= 2.898 \frac{\sqrt{2 \cdot 0.0179}}{3}$$

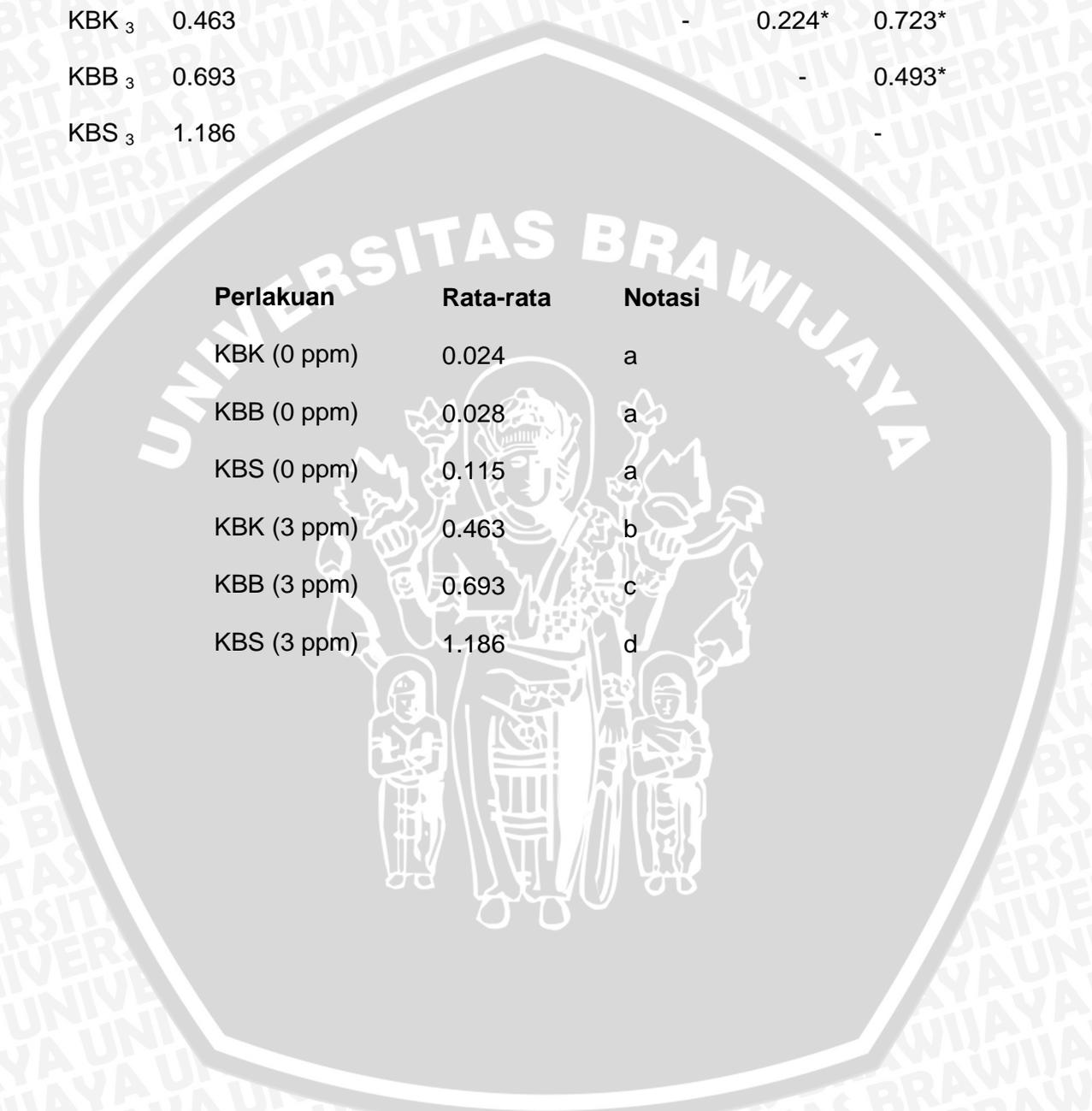
$$= 2.898 \times 0.119$$

$$= 3.017$$

KBK ₀	KBS ₀	KBB ₀	KBK ₃	KBB ₃	KBS ₃
0.024	0.028	0.115	0.463	0.693	1.186



KBK ₀	0.024	-	0.004 ^{tn}	0.091 ^{tn}	0.439*	0.669*	1.162*
KBB ₀	0.028	-		0.087 ^{tn}	0.435*	0.665*	1.158*
KBS ₀	0.115	-			0.348*	0.578*	1.071*
KBK ₃	0.463	-				0.224*	0.723*
KBB ₃	0.693	-					0.493*
KBS ₃	1.186	-					



Perlakuan	Rata-rata	Notasi
KBK (0 ppm)	0.024	a
KBB (0 ppm)	0.028	a
KBS (0 ppm)	0.115	a
KBK (3 ppm)	0.463	b
KBB (3 ppm)	0.693	c
KBS (3 ppm)	1.186	d

Lampiran 6. Perhitungan Dosis Logam Berat Timbal (Pb)

Logam Berat Timbal menggunakan $Pb(NO_3)_2$ dengan dosis 3 ppm



$$\text{Mr Pb} = 207.2$$

$$N = 14.07$$

$$O = 16 \times 3 = 48$$

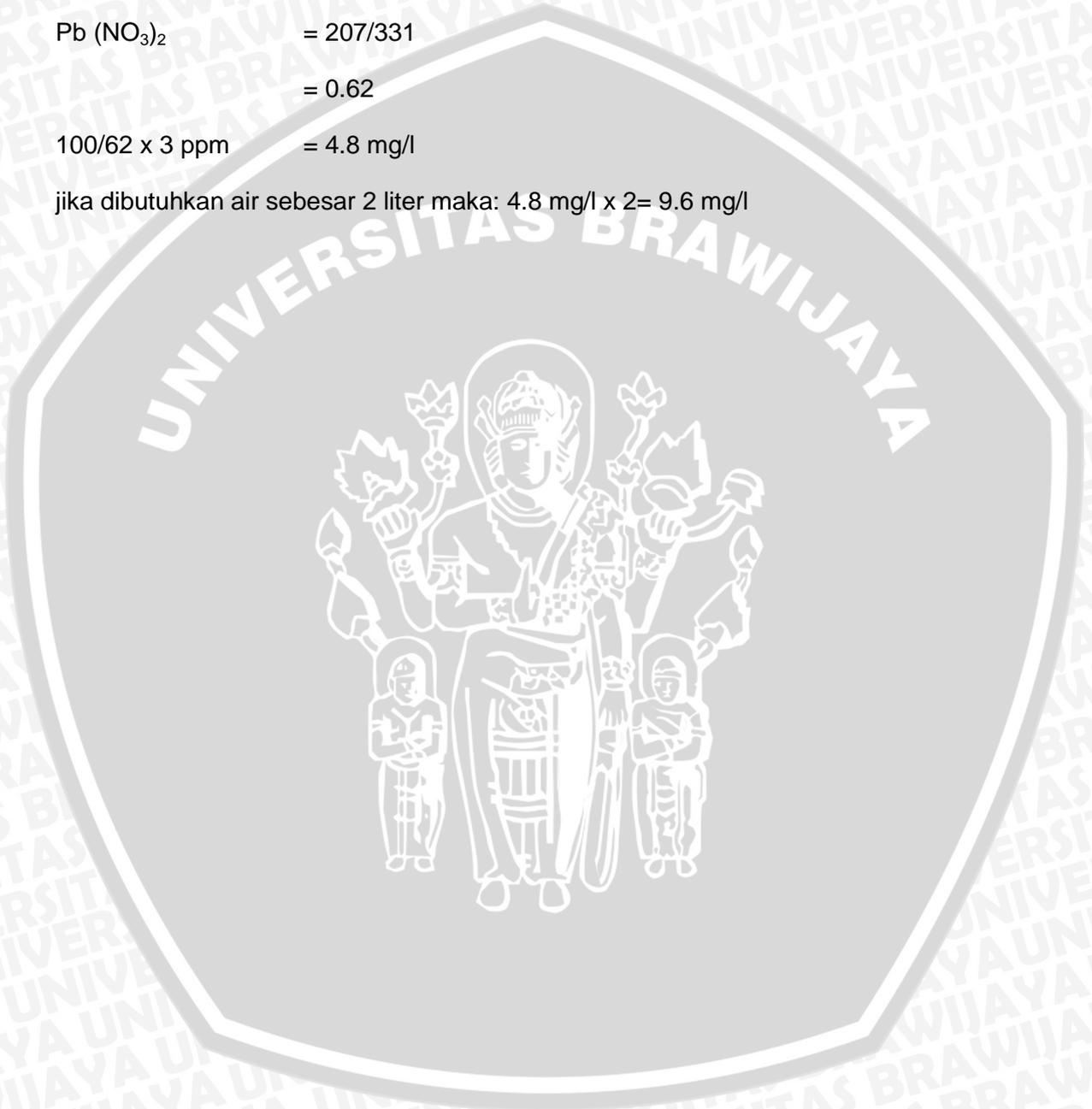
$$1 \text{ Mol Pb (NO}_3)_2 = 331 \text{ mg}$$

$$\text{Pb (NO}_3)_2 = 207/331$$

$$= 0.62$$

$$100/62 \times 3 \text{ ppm} = 4.8 \text{ mg/l}$$

jika dibutuhkan air sebesar 2 liter maka: $4.8 \text{ mg/l} \times 2 = 9.6 \text{ mg/l}$



Lampiran 7. Data Kualitas Air

6.1 Suhu (Kontrol)

Perlakuan	19 Mei	20 Mei	21 Mei	22 Mei	23 Mei	24 Mei	25 Mei	26 Mei
KBK 1	29,1	27	29,7	27	29,1	29,5	29,7	28,7
KBK 2	29,1	26,5	30	27	29,1	29,4	30	28,8
KBK 3	28,8	26,3	29,7	26,7	29,2	29,2	29,7	28,8
Rata-rata	29	26,6	29,8	26,9	29,1	29,3	29,8	28,7
KBS 1	28,5	26,5	30,2	26,9	28,9	29	29,6	29,1
KBS 2	28,8	26,7	29,7	26,7	28,8	28,9	29,7	28,9
KBS 3	28,9	26,7	29,6	26,7	28,3	29,1	30,2	29
Rata-rata	28,7	26,6	29,8	26,7	28,6	29	29,8	29
KBB 1	28,7	27	30,5	26,2	28,7	29,2	30,8	29,3
KBB 2	28,6	26,3	29,3	26,5	26,3	29,3	29,3	29,3
KBB 3	28,6	26,6	30,8	26,6	26,3	29,3	30,5	29,5
Rata-rata	28,6	26,6	30,2	26,4	26,3	29,2	30,2	29,3

Suhu (3 ppm)

Perlakuan	19 Mei	20 Mei	21 Mei	22 Mei	23 Mei	24 Mei	25 Mei	26 Mei
KBK 1	29,2	26,3	30,2	27,3	29	29,2	30,4	28,9
KBK 2	29,2	26,3	29,7	27,3	29,3	29,3	30,5	28,8
KBK 3	29,5	26,4	29,6	27,6	29,3	29,3	30,2	28,8
Rata-rata	29,3	26,3	29,8	27,4	29,2	29,2	30,3	38,8
KBS 1	29,6	26,7	30,9	27,2	29,1	29,2	30,2	29
KBS 2	29,7	26,6	31,2	27,2	29,3	29	31,2	29
KBS 3	29,5	26,7	30,2	27,5	29,3	29	30,9	29,2
Rata-rata	29,6	26,6	30,7	27,3	29,2	29,2	30,7	29
KBB 1	29,4	26,8	31,2	27,3	29,3	29,5	30,9	29,2
KBB 2	29,8	27	30,6	27,1	29,3	29,4	30,6	29,4
KBB 3	29	27,1	30,9	27,1	29,4	29,2	31,2	29,5
Rata-rata	29,4	26,9	30,9	27,1	29,3	29,3	30,9	29,3

6.2 Salinitas (Kontrol)

Perlakuan	19 Mei	20 Mei	21 Mei	22 Mei	23 Mei	24 Mei	25 Mei	26 Mei
-----------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------



KBK 1	25	26	27	29	30	31	26	31
KBK 2	25	27	26	30	29	33	26	31
KBK 3	25	28	26	30	29	34	27	30
Rata-rata	25	27	26,3	29,6	29,3	32,6	26,3	30,3
KBS 1	25	29	28	28	31	30	26	32
KBS 2	25	28	26	26	30	30	26	30
KBS 3	25	28	26	26	29	32	28	30
Rata-rata	25	28,3	26,6	26,6	30	30,6	26,6	30,6
KBB 1	25	30	28	29	30	30	28	31
KBB 2	25	29	27	29	30	30	27	30
KBB 3	25	30	28	28	30	31	28	30
Rata-rata	25	29,6	27,6	28,6	30	30,3	27,6	30,3

Salinitas (3 ppm)

Perlakuan	19 Mei	20 Mei	21 Mei	22 Mei	23 Mei	24 Mei	25 Mei	26 Mei
KBK 1	26	28	28	30	31	30	28	34
KBK 2	26	29	27	30	30	30	27	31
KBK 3	26	29	28	28	30	31	28	36
Rata-rata	26	28,6	27,6	29,3	30,3	30,3	27,6	33,6
KBS 1	25	30	29	30	31	30	26	30
KBS 2	25	29	27	30	31	30	27	30
KBS 3	25	30	26	30	31	30	29	30
Rata-rata	25	29,6	27,3	30	31	30	27,3	30
KBB 1	25	30	27	30	30	31	28	34
KBB 2	25	30	29	30	30	33	29	33
KBB 3	25	30	28	30	30	34	27	31
Rata-rata	25	30	28	30	30	32,6	28	32,6

6.3 pH (kontrol)

Perlakuan	19 Mei	20 Mei	21 Mei	22 Mei	23 Mei	24 Mei	25 Mei	26 Mei
KBK 1	7,7	8,1	7,3	7,7	7,6	7,2	7,4	7,1

KBK 2	7,6	8	7,7	7,6	7,5	7,1	7,7	7,9
KBK 3	7,6	8	7,4	7,6	7,5	7	7,3	7,9
Rata-rata	7,6	8	7,4	7,6	7,5	7,1	7,4	7,6
KBS 1	7,5	7,8	7,6	7,5	7,1	7,8	7,7	7,7
KBS 2	7,5	7,8	7,7	7,5	7,2	7,7	7,7	7,7
KBS 3	7,6	7,9	7,7	7,6	7,3	7,7	7,6	7,8
Rata-rata	7,5	7,8	7,6	7,5	7,2	7,7	7,6	7,7
KBB 1	7,6	7,4	7,3	7,6	7,4	7,3	7,3	7,3
KBB 2	7,5	7,4	7,2	7,5	7,4	7,4	7,2	7,4
KBB 3	7,5	7,3	7,4	7,5	7,4	7,4	7,3	7,3
Rata-rata	7,5	7,3	7,3	7,5	7,4	7,3	7,3	7,3

pH (3 ppm)

Perlakuan	19 Mel	20 Mei	21 Mei	22 Mei	23 Mei	24 Mei	25 Mei	26 Mei
KBK 1	7,5	8	7,5	7,5	7,3	7,3	7,5	7,9
KBK 2	7,4	7,7	7,5	7,4	7,2	7,8	7,5	7,6
KBK 3	7,4	7,7	7,5	7,4	7,3	7,4	7,5	7,6
Rata-rata	7,4	7,8	7,5	7,4	7,2	7,5	7,5	7,7
KBS 1	7,8	7	7,2	7,8	7,6	7	7,1	7
KBS 2	7,3	7	7,2	7,3	7,5	7	7,2	7
KBS 3	7,6	8	7,1	7,6	7,6	7	7,2	7
Rata-rata	7,5	7,3	7,1	7,5	7,5	7	7,1	7
KBB 1	7,4	7	7	7,4	7,8	7,2	7,2	7
KBB 2	7,3	7	7,1	7,3	7,7	7,1	7,1	7,1
KBB 3	7,4	7,2	7,2	7,4	7,8	7	7	7,2
Rata-rata	7,3	7	7,1	7,3	7,7	7,1	7,1	7,1

6.4 DO (Kontrol)

Perlakuan	19 Mei	20 Mei	21 Mei	22 Mei	23 Mei	24 Mei	25 Mei	26 Mei
KBK 1	5,87	6,70	5,08	5,92	5,84	5,07	5,94	6,09
KBK 2	5,77	6,70	5,84	5,19	5,61	5,67	5,84	5,68
KBK 3	6,08	6,75	5,94	6,33	5,11	5,97	5,98	5,71
Rata-rata	5,9	6,71	5,62	5,81	5,52	5,57	5,92	5,82
KBS 1	5,82	6,36	5,16	5,57	4,73	5,10	5,62	5,24
KBS 2	5,67	5,86	5,46	5,69	5,14	5,43	5,46	5,43
KBS 3	5,33	6,32	5,62	5,33	5,99	5,24	5,16	5,10
Rata-rata	5,6	6,18	5,41	5,53	5,28	5,25	5,41	5,25
KBB 1	6,22	6,53	6,97	6,16	6,86	5,64	5,92	4,67
KBB 2	6,41	6,68	6,07	6,17	5,20	4,99	6,07	4,99
KBB 3	6,30	6,13	5,92	6,13	5,07	4,67	6,97	5,67
Rata-rata	6,31	6,44	6,32	6,15	5,71	5,1	6,32	5,11

Do (3 ppm)

Perlakuan	19 Mei	20 Mei	21 Mei	22 Mei	23 Mei	24 Mei	25 Mei	26 Mei
KBK 1	6,18	6,63	5,44	5,79	5,48	5,67	6,02	4,77
KBK 2	5,98	6,75	5,30	5,93	4,38	4,99	5,30	5,93
KBK 3	5,71	6,34	6,02	5,77	4,49	4,67	5,44	5,49
Rata-rata	5,95	6,57	5,58	5,83	4,78	5,47	5,58	5,39
KBS 1	5,58	6,66	6,09	6,02	6,86	4,95	5,63	6,15
KBS 2	5,18	6,78	5,37	6,24	5,20	5,98	5,37	5,98
KBS 3	5,84	6,66	5,63	5,04	5,07	6,15	6,09	4,95
Rata-rata	5,53	6,7	5,69	5,76	5,71	5,69	5,69	5,69
KBB 1	6,01	6,53	5,02	5,56	5,47	5,07	6,09	5,97
KBB 2	5,84	6,68	5,86	6,15	5,76	5,67	5,86	5,67
KBB 3	6,24	6,13	6,09	6,15	5,52	5,97	5,02	5,07
Rata-rata	6,03	6,44	5,65	5,95	5,58	5,57	5,61	5,57



Lampiran 7. Gambar percobaan

a. Toples percobaan



b. Contoh ukuran kerang batik

