

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA TERUMBU KARANG
DAN FORAMINIFERA BENTIK DI DAERAH PESISIR TELUK
LAMPUNG DENGAN METODE ICP-OES**

(Skripsi)

Oleh

BENNY



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

ABSTRAK

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA TERUMBU KARANG DAN FORAMINIFERA BENTIK DI DAERAH PESISIR TELUK LAMPUNG DENGAN METODE ICP-OES

Oleh

Benny

Terumbu karang dan foraminifera bentik merupakan bioindikator pencemaran yang efisien untuk menduga pencemaran logam berat karena toleransi yang besar terhadap tekanan ekologis yang tinggi, sehingga biota ini digunakan sebagai hewan uji dalam pemantauan tingkat akumulasi logam berat perairan laut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan logam berat dan Untuk mengetahui tingkat pencemaran logam berat seperti Perak(Ag), Kadmium (Cd), Kobalt (Co), Khrom (Cr), Tembaga (Cu), Besi (Fe), Mangan (Mn), Nikel (Ni), Timbal (Pb) dan Seng (Zn) di Perairan Pesisir Teluk Lampung dengan menggunakan metode ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry). Rancangan penelitian ini adalah observasi lapangan dan sampel dianalisis di laboratorium kimia FMIPA Unila. Data yang dihasilkan dianalisis secara deskriptif.

Hasil penelitian yang diperoleh pada sampel Terumbu karang yang yang diambil dari ketiga lokasi mengacu baku mutu Logam Berat pada Sedimen hanya logam Ag yang melewati baku mutu Logam menurut Peraturan Gubernur DIY No. 7 Tahun 2010, dengan rata – rata (0,42 mg/Kg), (0,19 mg/Kg), (0,23 mg/Kg). Jika mengacu pada baku mutu logam pada Air laut untuk biota logam Berat yang melewati standar baku mutu adalah Logam Ag, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb dan Zn. Pada sampel Foraminifera logam berat yang melebihi baku mutu pada sedimen adalah Logam Ag Pada sampel lokasi pantai sari ringgung dan pulau tegal dengan nilai 0,250 mg/kg dan 0,161 mg/kg. Jika mengacu pada baku mutu logam pada Air laut untuk biota logam berat yang melewati standar baku mutu adalah Logam Ag, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb dan Zn.

Kata kunci: Terumbu Karang, Foraminifera Bentik, Logam Berat, ICP-OES, Teluk Lampung

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA TERUMBU KARANG
DAN FORAMINIFERA BENTIK DI DAERAH PESISIR TELUK
LAMPUNG DENGAN METODE ICP-OES**

Oleh

BENNY

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

**Judul Skripsi : ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT
PADA TERUMBU KARANG DAN
FORAMINIFERA BENTIK DI DAERAH
PESISIR TELUK LAMPUNG DENGAN
METODE ICP-OES**

Nama Mahasiswa : Benny

Nomor Pokok Mahasiswa : 1317021016

Program Studi : Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Endang Linirin Widiastuti, Ph.D.

NIP 19610611 198603 2 001

Drs. R. Supriyanto, M.Si.

NIP 19581111 199003 1 001

2. Ketua Jurusan Biologi

Dra. Nuning Nurcahyani, M.Sc.

NIP 19660305 199103 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

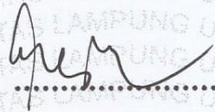
Ketua

: Endang Linirin Widiastuti, Ph.D.



Sekretaris

: Drs. R. Supriyanto, M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing

: Drs. M. Kanedi, M.Si.

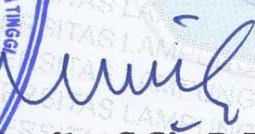


2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D.

NIP 19710212 199512 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 06 Juli 2017

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Bangun Sari pada tanggal 04 Januari 1995. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Hamdi dan Ibu Dina. Memiliki dua orang kakak pria bernama Erick Setiawan dan Andi.

Jenjang pendidikan yang pernah ditempuh penulis diawali dari Sekolah Dasar Negeri (SDN) 03 Candimas tahun 2001-2007. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan ke Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 1 NATAR tahun 2007-2010, kemudian melanjutkan kembali ke Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 1 NATAR tahun 2010-2013. Tahun 2013 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam Organisasi Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) sebagai Anggota Bidang Ekspedisi (2014-2015) serta Klub Selam Anemon (KSAn) FMIPA dan dipercaya sebagai Ketua Umum (2015-2016). Selain itu penulis melakukan kerja praktik (KP) pada tahun 2016 dengan judul “ Perilaku Harian Dan Daya Jelajah Kukang Sumatera (*Nycticebus coucang*) di Hutan Lindung Batutegi”.

MOTTO

*Hidup ini seperti sepeda.
Agar tetap seimbang, kau harus terus
bergerak*

-Albert Einstein

*Jangan pernah menunggu.
Waktunya tidak akan pernah tepat*

-Napoleon Hill

*Ku Persembahkan Skripsiku Ini
Kepada Kedua Orang Tuaku
Hamdi dan Dina*

SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamin, Puji dan syukur Penulis haturkan kepada ALLAH SWT , Dzat yang Maha Besar, Maha Memiliki Ilmu,serta lantunan sholawat beriring salam menjadi persembahan penuh kerinduan pada suri tauladan kita, Rasulullah Muhammad SAW.

Penulis telah menyelesaikan skripsi dengan judul **“ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA TERUMBU KARANG DAN FORAMINIFERA BENTIK DI DAERAH PESISIR TELUK LAMPUNG DENGAN METODE ICP-OES”** yang didanai oleh Puslitbang Pesisir dan Kelautan – LPPM Universitas Lampung. Ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya penulis tunjukan kepada semua yang telah membantu sejak memulai kegiatan sampai terselesaikannya skripsi ini, ucapan tulus penulis sampaikan kepada :

1. Keluargaku tercinta, Abah Hamdi, mamak Dina, Kak Erick setiawan, Kak Andi, Mbak Kusrinawati, Mbak Puput dan Rava Albany atas segala kasih sayang yang telah diberikan, do'a yang terus dipanjatkan, serta memberikan nasihat, semangat serta canda tawa kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

2. Ibu Endang Linirin Widiastuti, Ph.D. selaku Pembimbing 1 atas semua ilmu, bantuan, bimbingan, nasihat, saran, dan pengarahan, baik selama perkuliahan maupun dalam penyusunan skripsi.
3. Bpk R. Supriyanto, M.S. selaku Pembimbing 2 atas semua ilmu, bantuan, bimbingan, nasihat, saran, dan pengarahan, baik selama perkuliahan maupun penyusunan skripsi.
4. Bpk M. Kanedi, M.Si. selaku Pembahas atas semua ilmu, bantuan, bimbingan, nasihat, saran, dan pengarahan, baik selama perkuliahan maupun penyusunan skripsi.
5. Bpk Prof. Dr. Sutyarso, M. Biomed. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan motivasi selama perkuliahan maupun dalam penyusunan skripsi.
6. Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P. selaku Rektor Universitas Lampung.
7. Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
8. Ibu Dra. Nuning Nurcahyani, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung.
9. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung, terima kasih telah banyak memberikan ilmu pengetahuan selama perkuliahan.
10. Terimakasih keluarga keduaku Klub Selam Anemon, para senior dan junior atas bantuan, pengalaman, kebersamaan dan suka cita serta kasih sayang kepada penulis sampai saat ini.
11. Keluarga besar HIMBIO FMIPA Universitas Lampung.

12. Rekan seperjuangan selama penelitian Eva Octarianita dan Carina Pertiwi SS.Rh dan keluarga Biomolekuler terimakasih atas bantuan, kebersamaan dan kerjasamanya selama penelitian berlangsung.
13. Teman-teman Biologi Angkatan 2013 (Nyoman, Alfi, Jemy, Aji, Agung, Ubi, Rohman, Hendra, Rio, Iffa, Carina, Eva, Nasya, Teta, Fatma, Vozza, Yaya, Dame, Bella, Nungki, Sita, Ade, Sarah, Siska, Ariska, Nadia dan lainnya yang tidak dapat disebutkan satu-persatu) atas keakraban, canda tawa, dukungan, dan kebersamaannya selama ini yang telah kalian berikan.
14. Seluruh kakak dan adik tingkat Jurusan Biologi FMIPA Unila yang tidak dapat disebutkan satu-persatu atas kebersamaannya di FMIPA, Universitas Lampung.
15. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan penulis dukungan, berbagai kritik dan saran.
16. Serta almamater Universitas Lampung yang tercinta.

Semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapat balasan kebaikan pula dari Allah SWT. Aamiin.

Demikianlah, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan pengetahuan baru kepada setiap orang yang membacanya.

Bandar Lampung, 06 Juli 2017

Benny

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL DEPAN	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN JUDUL DALAM	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
RIWAYAT HIDUP	vi
MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
SANWACANA	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan Penelitian.....	3
C. Rumusan Masalah.....	3
D. Manfaat penelitian.....	3
E. Kerangka Pemikiran.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Terumbu Karang.....	5
1. Pengertian Terumbu Karang.....	5
2. Klasifikasi Terumbu Karang.....	6

3. Biologi Terumbu Karang.....	7
4. Reproduksi Terumbu Karang.....	8
5. Faktor Pertumbuhan Terumbu Karang.....	9
B. Foraminifera	11
1. Pengertian Foraminifera.....	11
2. Faktor Pertumbuhan Foraminifera.....	12
3. Bentuk Hidup Foraminifera	12
4. Manfaat Foraminifera	13
C. Pencemaran Logam Berat.....	15
1. Pengertian Logam Berat.....	15
2. Jenis Logam Berat	16
3. Baku Mutu Logam Berat.....	30
D. Inductively Coupled Plasma– Optical Emission Spectrometry (ICP-OES)	31
1. Pengertian ICP- OES.....	31
2. Prinsip Kerja ICP-OES	31
3. Analisis Kualitatif Dan Kuantitatif dengan ICP- OES.....	34
4. Kelebihan dan Kekurangan ICP- OES.....	35

III. METODE KERJA

A. Waktu dan Tempat.....	36
B. Alat dan Bahan.....	36
C. Pelaksanaan Penelitian	37
1. Pengambilan Sampel.....	37
2. Persiapan Bahan Uji	38
D. Analisis Logam Berat	39
E. Parameter Penelitian	39
F. Analisis Data	39
G. Diagram Alir.....	40

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kandungan Logam Berat Pada Terumbu Karang.....	41
B. Kandungan Logam Berat Pada Foraminifera.....	47
C. Keberadaan Logam Berat	50

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	54
B. Saran	54

DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN	59

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Baku Mutu Logam Berat Pada Sedimen.....	30
Tabel 2. Baku Mutu Logam Berat Pada Air Laut.....	31
Tabel 3. Koordinat Pengambilan Sampel.....	37
Tabel 4. Rerata Kandungan Logam Berat Pada Terumbu Karang.....	41
Tabel 5. Rerata Kandungan Logam Berat Pada Foraminifera.....	47
Tabel 6. Parameter Kualitas Air Di Teluk Lampung.....	50

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Proses Logam Berat Masuk Ke Lingkungan Laut.....	16
Gambar 2. Instrumen ICP- OES.....	33
Gambar 3. Lokasi Pengambilan Sampel.....	37
Gambar 4. Diagram Alir Penelitian.....	40
Gambar 5. Pola Arus Pada Saat Kondisi Pasang Bulan Purnama.....	51
Gambar 6. Pola Arus Pada Saat Kondisi Surut Bulan Purnama.....	52
Gambar 7. Pola Arus Pada Saat Kondisi Pasang Bulan Perbani.....	52
Gambar 8. Pola Arus Pada Saat Kondisi Surut Bulan Perbani.....	53
Gambar 9. Lokasi Pengambilan Sampel	58
Gambar 10. Proses Pengambilan Sampel	58
Gambar 11. Alat ICP-OES	58
Gambar 12. Proses Pemisahan Larutan Sampel Dengan Centrifuge.....	59
Gambar 13. Sampel Foraminifera	59
Gambar 14. Sampel Terumbu Karang	59
Gambar 15. Larutan HNO ₃ Pekat	59
Gambar 16. Proses Pelarutan Sampel	60
Gambar 17. Sampel siap uji	60

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara maritim yang mempunyai wilayah perairan yang lebih luas di banding wilayah daratannya. Indonesia juga dikenal sebagai pusat Segitiga Terumbu Karang dunia (The Coral Triangel) yang di dalamnya terdapat berbagai macam Terumbu karang yang letaknya tersebar di seluruh wilayah perairan Indonesia, luas Terumbu karang Indonesia mencapai 50.000 km² dan hamper 25 % dari luas Terumbu karang yang ada di dunia.

Terumbu karang Indonesia berjumlah sekitar 70-80 dan lebih dari 500 jenis yang merupakan bagian dari 70 % keanekaragaman terumbu karang yang ada di dunia (Dahuri, 2003).

Ekosistem Terumbu karang merupakan bagian dari ekosistem laut yang penting karena menjadi sumber kehidupan bagi beranekaragam biota laut. Terumbu karang mempunyai fungsi yang sangat penting sebagai tempat memijah, mencari makan, daerah asuhan bagi biota laut, sebagai sumber plasma nutfah, serta sebagai pelindung pantai dari degradasi dan abrasi (Dahuri, 2000).

Foraminifera termasuk dalam Filum Protozoa yang mulai berkembang pada jaman *kambrium* sampai *resen*. Mayoritas anggotanya hidup pada Lingkungan laut dan mempunyai ukuran yang beragam mulai dari 3 μm

sampai 3 mm (Haq and Boersma, 1983). Menurut habitatnya, foraminifera dibagi menjadi foraminifera planktonik dan foraminiferabentik. Foraminifera merupakan organisme bersel tunggal yang mempunyai kemampuan membentuk cangkang dari zat-zat yang berasal dari dirinya sendiri atau dari benda asing disekelilingnya. Dinding cangkang tersebut mempunyai komponen dan struktur yang bervariasi.

Perairan laut merupakan tempat bermuaranya aliran air dari daratan melalui sungai dan kanal. Dengan demikian laut menjadi tempat terkumpulnya berbagai zat pencemar yang dibawa aliran air. Limbah-limbah ini terbawa ke laut dan selanjutnya mencemari laut (Yanney, 2001). Logam berat merupakan salah satu unsur pencemar perairan yang bersifat toksik dan harus terus diwaspadai keberadaannya (Nontji, 1993).

Masuknya bahan pencemar akan mampu menurunkan potensi sumber daya hayati, Pencemaran oleh bahan-bahan industri yang mengandung bahan berbahaya, misalnya logam berat seperti Merkuri (Hg), Cadmium(Cd), Plumbum (Pb) cenderung meningkatkan kasus keracunan dan gangguan kesehatan masyarakat (Nontji, 1993.)

Dengan meningkatnya perkembangan industri di Lampung maka akan mengakibatkan efek buruk terhadap biota laut khususnya Terumbu karang dan Foraminifera karena limbah dari industri baik industri skala pabrik, rumah tangga dan juga industri pariwisata.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui Logam berat yang terkandung dan tingkat pencemaran Logam berat pada Terumbu karang dan Foraminifera bentik di perairan Teluk Lampung.

C. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai sumber informasi mengenai tingkat pencemaran Logam berat di perairan Teluk Lampung.

D. Kerangka Pikir

Perairan laut merupakan tempat yang penting bagi kehidupan masyarakat baik dari segi ekonomi dan lainnya. Sebagian besar masyarakat menggantungkan hidup dari sumber daya alam laut baik dengan mencari ikan dan biota laut lain untuk dimakan, dijual dan sebagian lain nya menjual keindahan bawah air melalui pariwisata bahari.

Ekosistem terumbu karang merupakan bagian dari ekosistem laut yang penting karena menjadi sumber kehidupan bagi beranekaragam biota laut. Terumbu karang mempunyai fungsi yang sangat penting sebagai tempat memijah, mencari makan, daerah asuhan bagi biota laut, sebagai sumber plasma nutfah, serta sebagai pelindung pantai dari degradasi dan abrasi

Foraminifera merupakan biota laut yang dapat menjadi bioindikator pencemaran Logam berat di suatu perairan beberapa spesies foraminifera bentik banyak dijumpai pada sedimen pasir dan lumpur pasiran.

Dengan meningkatnya perkembangan industri di Lampung maka akan mengakibatkan efek buruk terhadap biota laut khususnya terumbu karang dan foraminifera karena limbah dari industri dan rumah tangga yang dibuang akan mengalir dan mencemari perairan.

Pantai Sari Ringgung, Pulau Tegal dan Perairan Tarahan merupakan perairan yang rentan terhadap pencemaran karena lokasi geografis yang berdekatan dengan industri dan merupakan perairan yang sibuk dengan lalu lintas kapal. Dengan demikian perlu dilakukan kajian kandungan logam berat pada terumbu karang dan Foraminifera yang ada di perairan Teluk Lampung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Terumbu Karang

1. Pengertian Terumbu Karang

Terumbu karang merupakan ekosistem yang khas perairan tropis. Menurut Timotius (2003), Terumbu karang merupakan struktur dasar lautan yang terdiri dari deposit kalsium karbonat (CaCO_3) yang dapat dihasilkan oleh hewan karang bekerjasama dengan Alga penghasil kapur. Sedangkan hewan karang adalah hewan yang tidak bertulang belakang termasuk kedalam filum Coelenterata (hewan berongga) atau Cnidaria.

Aktivitas biota akan membentuk suatu kerangka atau bangunan dari kalsium karbonat (CaCO_3) sehingga mampu menahan gelombang laut yang kuat.

Menurut Nybakken (1992) terumbu karang dibagi menjadi dua tipe berdasarkan pertumbuhannya, yaitu:

- a. *Hermatypic corals* adalah hewan karang yang dapat membentuk terumbu dari kalsium karbonat.
- b. *Ahermatypic corals* adalah hewan karang yang tidak dapat membangun terumbu dari kalsium karbonat (CaCO_3).

Sedangkan habitat terumbu karang menurut Suharsono (1998) dibagi menjadi 3 yaitu:

1. Habitat *reef flat*, yaitu habitat Terumbu karang yang terletak di zona pasang surut dengan kondisi lingkungan selalu mengalami perubahan salinitas, sinar matahari, dan suhu. Tipe *reef flat* tahan pada perubahan tersebut.
2. Habitat *slope*, yaitu habitat Terumbu karang yang selalu berada dibawah permukaan air laut. Umumnya terdapat pada kedalaman 0 sampai dengan belasan meter tergantung dari sudut kemiringan dinding terumbu karangnya. Terumbu karang yang meghadap ke laut terbuka disebut *front reef* , sebaliknya terumbu karang yang menghadap ke pulau tersebut disebut *back reef*.
3. Habitat *rampart*, yaitu habitat terumbu karang yang berada di antara *reef flat* dan *reef slope*.

2. Klasifikasi Terumbu Karang

Menurut Veron (1988), klasifikasi hewan karang adalah sebagai berikut:

Filum : Coelentrata

- . Kelas : Anthozoa
- Bangsa : Scelerentinia (Madreporia)
- Keluarga : Astrocoeniidae
 - Rocilloporidae
 - Acroporidae
 - Poritidae
 - Siderastreidae
 - Agariciidae
 - Fungiidae
 - Oculunidae
 - Pectinidae
 - Musidae
 - Feriidae
 - Dendrophyliidae

Trachyphylidae
. Kelas : Acynoria (Octocoralia)
Bangsa : Alcyonacea

3. Biologi Terumbu Karang

Hewan karang biasanya hidup dengan cara membentuk suatu kelompok (koloni), tetapi ada juga yang hidup sendiri (soliter). Mulut hewan karang terletak di bagian atas. Makanan yang masuk dengan cara menangkap *Zooplankton* yang melayang di dalam air atau menerima hasil fotosintesis dari *Zooxanthellae*. Selanjutnya makanan tersebut akan dicerna oleh *filament mesentery* dan sisanya dikeluarkan melalui mulut (Razak, 2005). Menurut Suharsono (1998), dinding polip terumbu karang terdiri dari tiga lapisan, yaitu :

a. Lapisan Ektoderm

Lapisan Ektoderm merupakan lapisan terluar yang terdiri dari *glandula* yang berisi *mucus*, *cilli*, dan *sel knidoblast* yang berisi *nematocyst*.

b. Lapisan mesoglea

Lapisan mesoglea merupakan lapisan tipis seperti jelly dan terletak diantara *lapisan ektoderm* dan *endoderm*. Di dalam lapisan jelly terdapat *fibril* sedangkan di luarnya terdapat sel seperti sel otot.

c. Lapisan endoderm

Lapisan paling dalam dan merupakan tempat alga (*Zooxanthellae*) yang bersimbiosis secara mutualisme dengan hewan karang.

Simbiosis ini menghasilkan terumbu yang berasal dari kalsium karbonat (CaCO_3).

4. Reproduksi Terumbu Karang

Terumbu karang mampu bereproduksi dengan cara sebagai berikut ;

Reproduksi aseksual (*vegetative*) adalah reproduksi yang tidak melibatkan peleburan gamet jantan (sperma) dan gamet betina (ovum). Ada beberapa tipe reproduksi aseksual adalah :

Pertunasan yaitu satu polip membelah menjadi dua polip, polip baru tumbuh dari polip lama dan tumbuh diantara polip-polip lain (Timotius, 2003).

Fragmentasi adalah suatu proses terbentuknya koloni baru sebab adanya patahan karang, karena karang bercabang mudah sekali patah oleh faktor fisik seperti ombak atau badai atau factor biologi predasi oleh ikan (Soekarno, 1983)

Polip *bailout* adalah proses terbentuknya polip baru karena adanya pertumbuhan jaringan pada karang yang telah mati.

Partenogenesis adalah proses larva tumbuh dari telur yang tidak mengalami pembuahan atau fertilisasi.

5. Faktor Pertumbuhan Terumbu Karang

Terumbu karang akan berkembang dengan baik apabila kondisi lingkungan perairan mendukung pertumbuhan karang. Beberapa faktor lingkungan yang berperan dalam ekosistem Terumbu karang antara lain :

a. Cahaya matahari

Merupakan faktor paling penting dalam pertumbuhan terumbu karang, karena cahaya matahari digunakan oleh *Zooxanthellae* dalam proses fotosintesis. Tanpa cahaya yang cukup laju fotosintesis akan terhambat dan pembentukan kerangka kalsium karbonat atau kalsifikasi dalam terumbu karang akan terhambat pula (Suharsono, 1998).

b. Suhu

Suhu dapat membatasi sebaran terumbu karang secara geografis. Suhu optimal untuk kehidupan karang antara 25°C-28°C, dengan pertumbuhan optimal merata tahunan berkisar 23°C-30°C. Pada temperatur dibawah 19°C pertumbuhan karang terhambat bahkan dapat mengakibatkan kematian dan pada suhu diatas 33°C menyebabkan karang mengalami stress karena suhu yang terlalu tinggi dan mengalami pemutihan (*coral bleaching*), dimana karang mengeluarkan *Zooxanthellae* dari tubuhnya (Putranto, 1997).

c. Salinitas

Terumbu karang memerlukan salinitas yang relatif tinggi untuk pertumbuhan. Salinitas optimum bagi kehidupan karang berkisar

27 ppm – 40 ppm sehingga karang jarang sekali ditemukan di daerah bercurah hujan yang tinggi, perairan dengan kadar garam tinggi dan muara sungai (Nybakken, 1992)

d. Sedimentasi

Kekeruhan perairan dapat menghambat penetrasi cahaya yang masuk ke perairan dan akan mempengaruhi kehidupan karang karena karang tidak dapat melakukan fotosintesis dengan baik. Jenis karang yang tumbuh di perairan bersedimentasi tinggi seperti, *foliate*, *branching*, dan *ramose*. Sedangkan daerah yang jernih/sedimentasinya rendah lebih banyak dihuni oleh karang yang berbentuk piring (*plate* atau *digitate plate*) (Suharsono, 1998).

e. Gelombang dan arus

Arus dan gelombang berperan dalam pertumbuhan karang, karena membawa O₂ dan plankton untuk makanan serta mencegah sedimen mengendap pada karang yang dapat menghambat pertumbuhan karang (Nybakken, 1997). Pertumbuhan karang dalam perairan yang berarus kuat akan lebih baik dari pada di perairan yang tenang dan terlindungi. Tipe karang yang hidup pada perairan yang memiliki gelombang besar atau arus lebih mengarah ke bentuk *encrusting* dan *massive* (Suharsono, 1998).

f. Substrat

Substrat keras sangat tepat untuk larva karang menempel dan tumbuh, karena substrat yang keras membuat larva karang

mampu mempertahankan diri dari hempasan ombak dan arus yang kuat (Aldila, 2011).

B. Foraminifera

1. Pengertian Foraminifera

Foraminifera diklasifikasikan ke dalam Kerajaan Protista (organisme bersel tunggal) dan masuk ke dalam Filum Protozoa yang hidup secara akuatik (terutama hidup di laut), memiliki satu atau lebih kamar yang terpisah satu sama lain oleh sekat (septa) yang ditembus oleh banyak lubang halus atau foramen. Foraminifera biasanya terdapat pada batuan sedimen dan jumlahnya sangat melimpah dan memiliki peranan penting dalam analisis mikropaleontologi dan paleokologi. Foraminifera dapat berkembangbiak secara seksual maupun aseksual, hal ini dilihat dengan adanya dua bentuk yang berbeda dalam satu spesies foraminifera (*dimorfisme*) antara lain megalosferik dan mikrosferik. Berdasarkan daur hidupnya foraminifera termasuk ke dalam kelompok Holoplankton (zooplankton sejati) atau organisme plankton di seluruh siklus hidupnya (Boltovskoy dan Wright, 1976).

Berdasarkan cara hidupnya foraminifera dibagi menjadi dua bagian, yaitu foraminifera planktonik (hidup di permukaan dan terhampar luas di lautan) dan foraminifera bentonik (hidup didasar laut pada kedalaman tertentu). Namun berdasarkan ukurannya foraminifera dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok foraminifera besar dan kelompok foraminifera kecil. Kelompok foraminifera besar pada umumnya termasuk dalam

foraminifera bentonik dan foraminifera kecil umumnya termasuk foraminifera planktonik (Pringgoprawiro dan Kapid, 2000).

2. Faktor Pertumbuhan Foraminifera

Faktor Abiotik dan Biotik dari lingkungan seperti, salinitas, suhu, substrat, kedalaman, nutrisi, kandungan organik dalam sedimen, kekeruhan, gelombang dan arus, serta faktor-faktor ekologi lainnya dapat mempengaruhi sebaran dari foraminifera bentik. Kemampuan beradaptasi sangat dibutuhkan foraminifera bentik untuk dapat tetap berproduksi dan bertahan di habitatnya, mulai dari perairan dangkal sampai laut dalam. Foraminifera merupakan organisme yang sangat melimpah di lingkungan terumbu karang, untuk memproduksi material biogenik sebagai bahan pembentuk kerangka karang (Tomascik, dkk., 1997).

3. Bentuk Hidup Foraminifera

Berdasarkan bentuk cangkangnya, jenis jenis foraminifera terbagi menjadi 3 yaitu (Pratama, 2012):

a. Arenaceous (Foraminifera bercangkang pasiran)

Foraminifera bercangkang pasiran biasa ditemukan di lingkungan yang ekstrim seperti perairan payau atau di perairan laut dalam.

Disebut pasiran karena kenampakan permukaan cangkang terlihat kasar seperti taburan gula pasir.

b. Porcelaneous (Foraminifera bercangkang gampingan tanpa pori)

Foraminifera bercangkang gampingan tanpa pori biasa hidup soliter dengan membenamkan cangkangnya ke dalam sedimen kecuali bagian

mulutnya (aperture) yang muncul kepermukaan sedimen. Dinamakan Porselaneous karena pada cangkang dewasa, kenampakan foraminifera porcellaneous tampak seperti jambangan porselen dengan bentuk kamar bersegi atau lonjong.

c. *Hyalin* (Foraminifera bercangkang gampingan berpori)

Foraminifera gampingan berpori merupakan jenis yang memiliki variasi bentuk cangkang sangat banyak seperti lampu kristal dengan ornamen rumit, bening dan berkilau.

Cangkang foraminifera umumnya terdiri dari kamar-kamar yang tersusun sambung-menyambung selama masa pertumbuhannya. Bahkan ada yang berbentuk paling sederhana, yaitu berupa tabung yang terbuka atau berbentuk bola dengan satu lubang (Cangkang foraminifera tersusun dari bahan organik, butiran pasir atau partikel-partikel lain yang terikat menyatu oleh semen, atau kristal CaCO_3 tergantung dari spesiesnya). Foraminifera yang telah dewasa mempunyai ukuran berkisar dari 100 mikrometer sampai 20 sentimeter. Fosil foraminifera bermanfaat dalam Biostratigrafi, Paleoekologi, Paleobiogeografi, dan eksplorasi minyak dan gas bumi (Alfandi, 2012).

4. Manfaat Foraminifera

Menurut Berger and Winterer (1978), Foraminifera memiliki beberapa manfaat atau kegunaan sebagai berikut:

- a. Foraminifera biasa digunakan untuk mengetahui umur relatif dari suatu lapisan atau batuan, yaitu untuk menyusun biokronologi batuan dengan menggunakan keberadaan foraminifera planktonik sebagai penciri.
- b. Fosil foraminifera dapat digunakan untuk memecahkan masalah-masalah geologi, antara lain :
 1. Sebagai fosil petunjuk, yaitu fosil Foraminifera sangat berguna untuk biostratigrafi yang dapat memberikan tanggal relatif terhadap batuan.
 2. Penentuan lingkungan pengendapan yaitu tipe perairan. Contohnya perairan dangkal, perairan payau, laut dalam, abisal, batial, dan lain-lain. Karena keanekaragaman, kelimpahan, dan morfologi mereka sangat kompleks, dan akurat.
 3. Untuk menemukan deposit minyak potensial, yaitu foraminifera digunakan sebagai penunjuk dalam eksplorasi minyak bumi sejak perang dunia pertama, pada saat revolusi industri dimulai.
 4. Foraminifera juga dapat dimanfaatkan dalam arkeologi diprovenancing beberapa jenis bahan baku batu. Beberapa jenis batu, seperti batu gamping, biasanya ditemukan mengandung fosil foraminifera. Jenis dan konsentrasi fosil dalam sampel batu dapat digunakan untuk mencocokkan bahwa sampel ke sumber diketahui mengandung fosil yang sama.

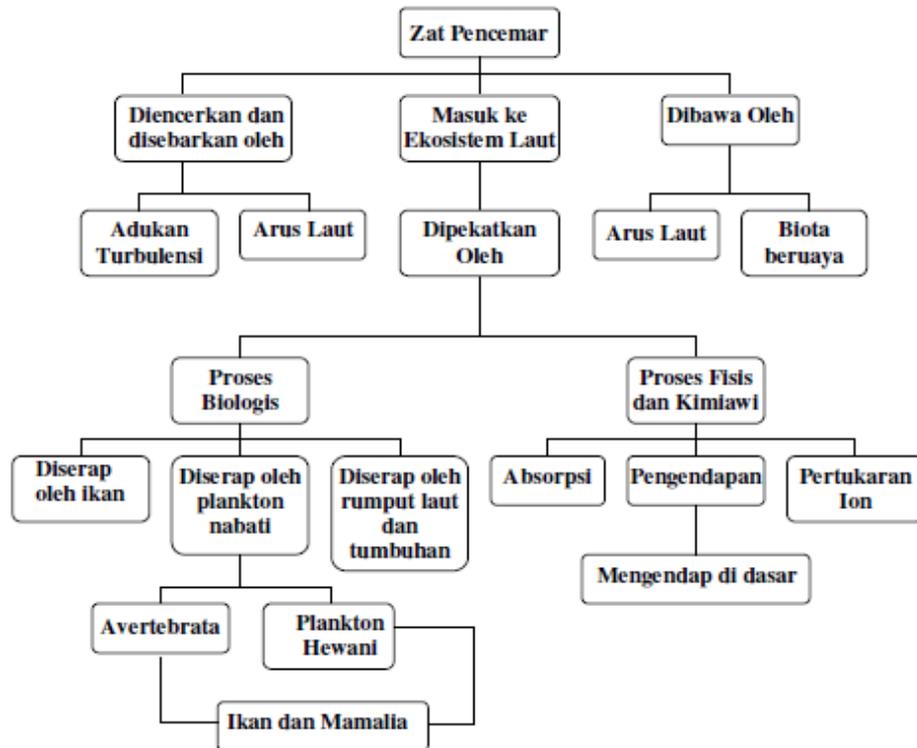
C. Pencemaran Logam Berat

1. Pengertian Logam Berat

Logam berat pada umumnya mempunyai sifat toksik dan berbahaya bagi organisme hidup, walaupun beberapa diantaranya diperlukan dalam jumlah kecil. Beberapa logam berat banyak digunakan dalam berbagai kehidupan sehari-hari. Secara langsung maupun tidak langsung toksisitas dari polutan itulah yang kemudian menjadi pemicu terjadinya pencemaran pada lingkungan sekitarnya. Apabila kadar logam berat sudah melebihi ambang batas yang ditentukan dapat membahayakan bagi kehidupan (Koestoer, 1995).

Logam berat dalam konsentrasi yang tinggi dapat mengakibatkan kematian beberapa jenis biota perairan. Disamping itu, dalam konsentrasi yang rendah logam berat dapat membunuh organisme hidup dan proses ini diawali dengan penumpukan logam berat dalam tubuh biota. Lama kelamaan, penumpukan yang terjadi pada organ target dari logam berat akan melebihi daya toleransi dari biotanya dan hal ini menjadi penyebab dari kematian biota terkait (Palar, 1994). Hutaga-lung (1997) menyatakan bahwa peningkatan kadar logam berat dalam air akan mengakibatkan logam berat yang semula dibutuhkan untuk berbagai proses metabolisme akan berubah menjadi racun bagi organisme. Selain bersifat racun logam berat juga akan terakumulasi dalam sedimen dan biota melalui proses gravitasi, biokonsentrasi, bioakumulasi dan biomagnifikasi oleh biota air.

Bila bahan pencemar masuk ke dalam lingkungan laut, maka bahan pencemar ini akan mengalami tiga macam proses akumulasi (Hutagalung, 1991), yaitu proses fisik, kimia dan biologis (Gambar 1).



Gambar1. Proses yang terjadi bila logam berat masuk ke lingkungan laut (Hutagalung, 1991)

2. Jenis Logam Berat

Callahan (1979) menyatakan bahwa bioakumulasi merupakan proses yang menentukan keberadaan logam tertentu di dalam biota. Beberapa jenis logam yang dapat terlibat dalam proses bioakumulasi adalah As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, dan Zn.

a. Logam Perak (Ag)

Perak murni memiliki warna putih yang terang. Unsur ini sedikit lebih keras dibanding emas dan sangat lunak dan mudah dibentuk, terkalahkan hanya oleh emas dan mungkin palladium. Perak murni memiliki konduktivitas kalor dan listrik yang sangat tinggi diantara semua logam dan memiliki resistansi kontak yang sangat kecil. Dalam hampir semua senyawaan perak sederhana (non kompleks), logam ini mempunyai tingkat oksidasi +1 dan ion Ag^+ adalah satu-satunya ion perak yang stabil dalam larutan air. Senyawa yang penting yaitu perak nitrat, satu-satunya garam perak yang sangat mudah larut dalam air dan tak berwarna (Sugiarto, 2003).

Perak digunakan untuk perhiasan, perabotan perak, dan lain sebagainya. Campuran logam ini biasanya mengandung 92.5% perak, dengan sisanya tembaga atau logam lainnya. Perak juga merupakan unsur penting dalam fotografi, dengan sekitar 30% dikonsumsi oleh industri dibidang ini. Pada fotografi konvensional digunakan film. Film ini mengandung senyawa perak, biasanya berupa butiran-butiran atau kristal-kristal AgBr yang ukurannya sangat kecil, yang disuspensikan dalam gelatin. Perak juga digunakan sebagai campuran logam pengganti gigi, solder, kotak listrik, dan baterai perak-timah dan perak-cadmium. Cat perak digunakan untuk membuat sirkuit cetak. Perak juga digunakan untuk produksi kaca dan dapat didepositkan sebagai lapisan pada gelas atau logam lainnya dengan metoda chemical deposition, electrode position atau dengan cara penguapan. Ketika

Perak baru saja didepositkan, lapisan ini merupakan reflektor cahaya paling baik. Tapi lapisan ini juga cepat rusak dan ternoda dan kehilangan reflektivitasnya. Walau unsur perak itu sendiri tidak beracun, banyak senyawa garamnya sangat berbahaya. Exposisi pada perak (baik logam maupun senyawa-senyawanya yang dapat larut) di udara jangan sampai melebihi 0.01 g/m^3 (berdasarkan 8 jam berat rata-rata, selama 40 jam per minggu). Senyawa-senyawa perak dapat diserap dalam sistim sirkulasi tubuh dan hasil reduksi perak dapat terdepositkan pada banyak jaringan tubuh. Sebuah kondisi (argyria) dapat menimbulkan pigmen pigmen abu-abu pada kulit tubuh dan selaput-selaput mucous. Perak memiliki sifat-sifat yang dapat membunuh bakteri tanpa membahayakan binatang-binatang besar.

b. Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd) merupakan unsur golongan II B yang mempunyai bilangan oksidasi +2 (Petrucci, 1987). Cd mempunyai nomor atom 48, massa atom 112,4 gr/mol, kerapatan $8,64 \text{ g/cm}^3$, titik cair $320,9 \text{ }^\circ\text{C}$, dan titik didih $767 \text{ }^\circ\text{C}$ (Stoeppler, 1992). Di perairan Cd tidak bereaksi, melainkan hanya terhidrasi sebagai ion kompleks yang berikatan dengan CO_3^{2-} , Cl^- , dan SO_4^{2-} (Marganof, 2003). Keberadaannya di alam dalam berbagai jenis batuan, tanah, dalam batubara, dan minyak. Kadmium dapat terikat pada protein dan molekul organik lainnya dan membentuk garam dengan asam-asam organik. Dalam bentuk mineral, Cd berada dalam batuan greenochite (CdS) yang berasosiasi dengan batuan ZnS (Fergusson, 1991).

Keberadaan kadmium di alam berhubungan erat dengan hadirnya logam Pb dan Zn. Dalam industri pertambangan Pb dan Zn, proses pemurniannya akan selalu memperoleh hasil samping kadmium yang terbuang dalam lingkungan (Palar, 2004). Kadmium digunakan sebagai pigmen dalam pembuatan keramik, penyepuhan listrik, pembuatan aloi dan baterai alkali (Lu, 1995).

Dibandingkan dengan jenis logam berat lainnya, kadmium merupakan salah satu jenis logam berat yang memiliki toksisitas yang tinggi, penyebaran yang luas serta memiliki waktu paruh (*biological life*) yang panjang dalam tubuh organisme hidup yaitu sekitar 10-30 tahun karena tidak dapat didegradasi (Lu, 1995).

Salah satu dampak keracunan Cd yaitu penyakit tulang yang dikenal dengan "*Itai-itai Kyo*". Keracunan logam Cd dalam waktu lama dapat membahayakan kesehatan paru-paru, tulang, hati, ginjal, kelenjar reproduksi, berefek pada otak, dan menyebabkan tekanan darah tinggi. Logam Cd juga bersifat neurotoksin yang menimbulkan dampak kerusakan indera penciuman (Petrucci, 1987).

c. Kobalt (Co)

Kobalt merupakan logam berwarna abu-abu perak dan memiliki berat molekul 58.93 g/mol. Kobalt dan senyawanya terdapat di dalam perairan melalui sumber alam dan aktivitas manusia. Kobalt secara alami terdapat di bebatuan, tanah, air, tanaman, dan hewan. Sumber alami Co di lingkungan adalah tanah, debu, air laut, lava gunung berapi, dan kebakaran hutan. Co bisa berasal dari limbah pembakaran

minyak, pembakaran batubara, sisa pembakaran kendaraan bermotor, pesawat, serta limbah dari industri logam keras.

Pada manusia, kadar Co normal dalam urin adalah sebesar 98 µg/L, sedangkan kadar Co normal dalam darah 0,18 µg/L. Logam Co bisa mengakibatkan iritasi serta dermatitis bagi pekerja di lingkungan industri logam keras, industri karet, industri kaca, dan industri plastik. Debu Co bisa menyebabkan penyakit mirip asma dengan gejala batuk, nafas pendek, sulit bernafas, penurunan fungsi paru-paru yang bahkan bisa mengakibatkan kematian. Co dapat mengakibatkan gangguan jantung akibat paparan kronis yang biasanya dialami oleh para pekerja dalam industri yang menggunakan bahan baku Co. Para pekerja yang menghirup udara dengan kadar Co 0,038 mg/m³ (100.000 kali lipat lebih besar daripada batas kadar aman Co di udara) dapat menyebabkan gangguan fungsi paru-paru.

d. Logam Kromium (Cr)

Logam Kromium bernomor atom 24, berat atom 51,996, titik cair 1875°C, titik didih 2665°C, dan massa jenis 7,19 g/ml (Reilly, 1991). Kromium merupakan logam yang keras, tahan panas, elektropositif, dan merupakan penghantar panas yang baik. Di alam unsur ini tidak ada dalam bentuk logam murni. Sumber alami kromium sangat sedikit, yaitu batuan chromite (FeCr_2O_4) dan chromic oxide (Cr_2O_3) (Novotny dan Olem, 1994). Di perairan alami kromium jarang ditemukan dan biasanya dalam bentuk kromium trivalent (Cr^{3+}) dan kromium hexavalent (Cr^{6+}). Sumber Cr^{6+} berasal dari industri

pelapisan logam dan produksi pigmen. Cr^{3+} banyak terdapat dalam limbah industri pencelupan tekstil, keramik gelas, dan dari kegiatan penyamakan kulit. Organisme akuatik dapat terpapar oleh Cr melalui media itu sendiri, sedimen maupun makanan (Effendi, 2003).

Toksisitas unsur Cr terhadap organisme perairan tergantung pada bentuk kromium, bilangan oksidasinya, dan pH (Hutagalung, 1991). Penurunan pH dan kenaikan suhu dapat meningkatkan toksisitas Cr^{6+} terhadap organisme air. Toksisitas Cr^{6+} lebih besar daripada toksisitas Cr^{3+} . Cr^{6+} yang larut di dalam air sebagian besar diserap oleh ikan melalui insang sehingga akumulasinya paling banyak didapatkan pada insang daripada organ lainnya. Kadar kromium pada perairan tawar biasanya kurang dari 0,001 mg/L dan pada perairan laut sekitar 0,00005 mg/L. Kromium trivalen biasanya tidak ditemukan pada perairan tawar; sedangkan pada perairan laut sekitar 50% kromium merupakan kromium trivalen (Effendi, 2003). Kadar kromium yang diperkirakan aman bagi kehidupan akuatik adalah sekitar 0,05 mg/L (Effendi, 2003). Kadar kromium 0,1 mg/l dianggap berbahaya bagi kehidupan organisme laut (Effendi, 2003). Kadar maksimum kromium untuk keperluan air baku air minum dan kegiatan perikanan menurut Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 adalah sebesar 0,05 mg/l.

e. Tembaga (Cu)

Tembaga sering disebut salah satu jenis logam “mata uang” karena menurut sejarahnya logam tersebut merupakan salah satu bahan utama membuat mata uang karena banyak langsung sebagai logamnya, dapat ditempa, tidak reaktif secara kimia, dan sangat berharga. Kelimpahan tembaga dalam kerak bumi adalah 68 ppm (Kristian, dkk. 2010).

Tembaga adalah logam merah muda, yang lunak, dapat ditempa, dan liat. Melebur pada 1.038 °C. Karena potensial elektroda standarnya positif, (+0,34 V untuk pasangan Cu/Cu²⁺), ia tak larut dalam asam klorida dan asam sulfat encer, meskipun dengan adanya oksigen ia bisa larut sedikit. Tembaga mudah larut dalam asam nitrat 6 M (Vogel, 1990). Konfigurasi elektron 29Cu adalah [Ar] 3d¹⁰ 4s¹, jari-jari metaliknya 128 pm, jari-jari ioniknya 73 pm untuk Cu²⁺ dan 77 pm untuk Cu⁺, energi ionisasi pertama Cu adalah 745,3 kJ.mol⁻¹, dengan densitas pada suhu 20°C sebesar 8,95 g.cm⁻³, dan nilai keelektronegativitasnya 1,9 (Kristian H.S., dkk. 2010).

Tembaga (Cu) di perairan alami terdapat dalam bentuk partikulat, koloid dan terlarut. Fase terlarut merupakan Cu²⁺ bebas dan ikatan kompleks, baik dengan ligan inorganik, terutama (CuOH⁺, Cu₂(OH)₂²⁺) maupun organik. Ikatan Cu kompleks dengan ligan organik, terutama adalah oleh material humus. Ikatan kompleks Cu yang terjadi dalam sedimen laut adalah yang paling stabil, sementara yang terbentuk dalam kolom air laut stabilitasnya paling rendah (Sanusi, 2006).

Tembaga (Cu) adalah logam yang paling beracun terhadap organisme laut selain merkuri dan perak (Clark, 1992). Di alam dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas, akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan atau sebagai senyawa padat dalam bentuk mineral (Palar, 1994). Dalam badan perairan laut, tembaga dapat ditemukan dalam bentuk persenyawaan seperti CuCO_3^- dan CuOH^- dan lain sebagainya. Adapun logam berat dari aktivitas manusia berupa buangan sisa dari industri ataupun buangan rumah tangga. Sebagai contoh adalah Cu, logam ini secara alamiah dapat masuk ke badan perairan melalui pengompleksan partikel logam di udara karena hujan dan peristiwa erosi yang terjadi pada batuan mineral yang ada di sekitar perairan (Palar, 1994).

Logam Cu dapat terakumulasi dalam jaringan tubuh, maka apabila konsentrasinya cukup besar logam berat akan meracuni manusia tersebut. Pengaruh racun yang ditimbulkan dapat berupa muntah-muntah, rasa terbakar di daerah esopagus dan lambung, kolik, diare, yang kemudian disusul dengan hipotensi, nekrosis hati dan koma (Supriharyono, 2000).

f. Logam Besi (Fe)

Tingginya kandungan logam besi (Fe) disebabkan oleh kandungan Fe yang berasal dari beberapa sumber, yaitu selain dari tanah juga berasal dari aktivitas manusia yang terjadi di daratan yakni adanya buangan limbah rumah tangga yang mengandung besi, reservoir air dari besi,

endapan-endapan buangan industri dan korosi dari pipa-pipa air yang mengandung logam besi yang dibawa aliran sungai menuju ke laut. Hal ini dapat juga dikaitkan dengan kondisi perairan, berdasarkan hasil pengukuran kualitas perairan terhadap kandungan oksigen terlarut (DO) yang rendah mengacu pada hasil analisis kementerian lingkungan hidup (1999). Menurut Begum *et al.* (2009a) dikatakan bahwa pencemaran berat apabila kadar DO antara 0,1-2 mg/L, Rendahnya Oksigen terlarut ini diduga dipakai oleh bakteri untuk menguraikan zat pencemar tersebut agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia, sehingga akan berdampak pada penurunan kadar oksigen terlarut. Dari hasil analisis, terlihat bahwa seluruh kandungan logam berat Besi (Fe) pada sedimen di semua stasiun jauh lebih besar dibandingkan logam berat Fe yang ada di kolom air. Hal ini diduga dipengaruhi oleh kondisi pH, temperature dan DO dalam air.

Hasil pengukuran pH selama penelitian diperoleh pH air cenderung rendah (asam) yaitu antara 5,39-7,02. Derajat keasaman (pH) air berpengaruh terhadap kesadahan kadar besi dalam air, apabila pH air rendah akan berakibat terjadinya proses korosif sehingga menyebabkan larutnya besi dan logam lain dalam air. Menurut Begum *et al.* (2009 a), $\text{pH} < 7$ dapat melarutkan logam. Dalam keadaan pH rendah besi yang ada dalam air berbentuk ferro (Fe^{2+}) dan ferri (Fe^{3+}), dimana bentuk ferri akan mengendap dan tidak larut dalam air serta tidak dapat dilihat dengan mata sehingga mengakibatkan air menjadi berwarna, berbau

dan berasa. Hal ini juga didukung oleh kecepatan arus yang sangat rendah. Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa kecepatan arus dilokasi penelitian berdasarkan dua bulan pengamatan (November hingga Desember) yaitu berkisar antara 0,02-0,13 m/detik. Kecepatan arus yang rendah, mendukung kation ferri (Fe^{3+}) semakin mudah terdeposit dalam sedimen terutama pada clay dan silt (Johnson *et al.*, 2005).

g. Mangan (Mn)

Logam Mangan adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Mn dan nomor atom 25, berwarna silver metalik, keras dan sangat rapuh. Logam mangan memiliki energi ionisasi $7,21 \text{ g/cm}^3$, titik leburnya sekitar 1) 1246 717, 3KJ/mol, 2)1509 KJ/mol, 3) 3248 KJ/mol. Logam mangan memiliki jari-jari atom 1,35 Ao. Logam ini bersifat paramagnetik. Pengambilan mangan oleh manusia terutama terjadi melalui makanan, seperti bayam, teh dan rempah-rempah. Bahan makanan yang mengandung konsentrasi tertinggi adalah biji-bijian dan beras, kacang kedelai, telur, kacang-kacangan, minyak zaitun, kacang hijau dan tiram. Setelah penyerapan dalam tubuh manusia mangan akan diangkut melalui darah ke hati, ginjal, pankreas dan kelenjar endokrin.

Kekurangan mangan pada manusia dapat menyebabkan Penurunan berat badan, iritasi kulit, mual & muntah, perubahan warna rambut , pertumbuhan rambut yang lambat.

Mangan (Mn) mampu menimbulkan keracunan kronis pada manusia hingga berdampak menimbulkan lemah pada kaki, otot muka kusam, dan dampak lanjutan bagi manusia yang keracunan Mn, bicaranya lambat dan hyperrefleks. Efek mangan terjadi terutama di saluran pernapasan dan di otak. Gejala keracunan mangan adalah halusinasi, pelupa dan kerusakan saraf. Ketika orang-orang yang terkena mangan untuk jangka waktu lama mereka menjadi impoten. Suatu sindrom yang disebabkan oleh mangan memiliki gejala seperti, skizofrenia kebodohan, lemah otot, sakit kepala dan insomnia. Karena merupakan elemen penting bagi kesehatan manusia kekurangan mangan juga dapat menyebabkan efek kesehatan. Ini adalah efek berikut: 1) Kegemukan , 2) Gula, 3) Pembekuan Darah, 4) Masalah kulit, 5) Menurunkan kadar kolesterol, 6) Gangguan Skeleton , 7) Kelahiran cacat, 8) Perubahan warna rambut, 9) Gejala Neurological.

h. Nikel (Ni)

Nikel adalah logam berwarna putih perak dengan berat atom 58.71 g/mol dan berat jenis 8.5. Nikel sebagai bahan paduan logam banyak digunakan di berbagai industri logam, berbagai macam baja, serta *electroplating*(pelapisan permukaan). Pencemaran Ni di udara berasal dari pembakaran batubara, pembakaran BBM, industri pemurnian logam Ni, serta limbah dari *incinerator*. Pembuangan limbah yang mengandung Ni mengakibatkan pencemaran Ni pada tanah, air, dan tanaman. Total Ni dalam tanah bisa mencapai 5-500 ppm, sedangkan kadar Ni pada air tanah mencapai 0.005-0.05 ppm dan kadar Ni pada

tumbuhan tidak lebih dari 1 ppm. Logam nikel dan senyawa nikel merupakan bahan karsinogenik. Ni subsulfida dapat mengakibatkan kanker paru-paru, kanker rongga hidung, dan kanker pita suara, bahkan dapat mengakibatkan kematian. Nikel merupakan bahan karsinogenik, terutama bagi pekerja di industri pemurnian nikel. The Environmental Protection Agency (EPA) menetapkan debu nikel murni dan nikel subsulfida sebagai bahan kars

i. Logam Timbal (Pb)

Timbal adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Pb dan nomor atom 82. Lambangnya diambil dari bahasa Latin *Plumbum*. Logam ini termasuk kelompok logam-logam golongan IVA pada tabel periodik unsur kimia. Mempunyai bobot (BA) 207,2. Timbal atau *Plumbum* adalah metal kehitaman, dahulu digunakan sebagai konstituen dalam cat, baterai, dan saat ini banyak digunakan dalam bensin. *Tetra Ethyl Lead* atau TEL sengaja ditambahkan kedalam bensin untuk meningkatkan nilai oktan. Sifat-sifat dan kegunaan logam timbal adalah:

1. Mempunyai titik lebur yang rendah sehingga mudah digunakan dan murah biaya operasinya.
2. Mudah dibentuk karena logam ini lunak
3. Mempunyai sifat kimia yang aktif sehingga dapat digunakan untuk melapisi logam untuk mencegah perkaratan.
4. Bila dicampur dengan logam lain membentuk logam campuran yang lebih bagus dari pada logam murninya.

5. Kepadatannya melebihi logam lain (Darmono, 1995).

Timbal adalah logam berat yang terdapat secara alami di dalam kerak bumi dan tersebar ke alam dalam jumlah kecil melalui proses alami. Timbal terakumulasi di lingkungan, tidak dapat terurai secara biologis dan toksisitasnya tidak berubah sepanjang waktu. Timbal bersifat toksik jika terhirup atau tertelan oleh manusia dan di dalam tubuh akan beredar mengikuti aliran darah, diserap kembali di dalam ginjal dan otak, dan disimpan di dalam tulang dan gigi. Timbal termasuk racun sistemik, keracunan akan menimbulkan gejala seperti rasa logam di mulut, garis hitam pada gusi, muntah-muntah, kolik, perubahan kepribadian, kelumpuhan dan kebutaan (Juli Soemirat Slamet, 1994).

Proses masuknya senyawa timbal ke dalam tubuh dapat melalui beberapa cara antara lain:

- a. Sekitar 80% timbal masuk ke dalam tubuh melalui saluran pernapasan, kemudian masuk ke pembuluh darah paru. Timbal yang terhirup akan berikatan dengan darah dan diedarkan ke seluruh jaringan dan organ tubuh. Lebih dari 90% timbal yang terserap oleh darah berikatan dengan sel-sel darah merah (Palar, 2004).
- b. Melalui makanan dan minuman (14%) yang akan ikut di metabolisme oleh tubuh.
- c. Penetrasi pada selaput atau lapisan kulit (1%), hal ini di sebabkan senyawa timbal dapat larut dalam lemak. Senyawa timbal

tersebut dapat melakukan penetrasi apabila partikel timbal menempel pada permukaan kulit (Hariono dan Bambang, 2005).

j. Seng (Zn)

Logam zink adalah yang putih kebiru-biruan; Logam ini cukup mudah ditempa dan liat pada 110-150°C. Zink melebur pada 410 °C dan mendidih pada 906°C. Logamnya yang murni, melarut lambat sekali dalam asam dan dalam alkali; adanya zat-zat pencemar atau kontak dengan platinum atau tembaga, yang dihasilkan oleh penambahan beberapa tetes larutan garam dari logam-logam ini, mempercepat reaksi (Vogel, 1985). Unsur yang berwarna putih-kebiruan mengkilap, rapuh pada suhu biasa tetapi liat pada suhu 100-150°C, konduktor listrik, pada suhu tinggi terbakar disertai asap putih oksidanya. Sifat lainnya adalah unsur elektropositif, mudah bereaksi dengan O₂ tetapi oksida yang terbentuk bersifat melapisi dan menghambat oksidasi selanjutnya; bereaksi dengan belerang dan unsur logam lainnya (Mulyono, 2006). Rata-rata tubuh orang dewasa mengandung Zn sekitar 1,4 -2,5 g yang tersebar hampir disemua sel. Sebagian besar seng berada di dalam hati , pankreas, ginjal, otot dan tulang. Jaringan yang banyak mengandung seng adalah bagian mata, kelenjar prostat, spermatozoa, kulit, rambut dan kuku. Kelebihan seng disimpan di dalam hati dalam bentuk metalotionein. Lainnya dibawa ke pankreas dan jaringan tubuh lain. Bentuk simpanan ini akan dibuang bersama sel-sel dinding usus halus yang umurnya 2-5 hari .

Logam seng berperan pula dalam sintesis dan degradasi kalogen, pembentukan kulit, metabolisme jaringan ikat dan penyembuhan luka, serta dalam pengembangan fungsi reproduksi laki-laki dan pembentukan sperma, selain itu sebagai pengangkut sintesis vitamin A, pembentukan antibodi sel, metabolisme tulang, transpor oksigen, pembentukan struktur dan fungsi membran serta proses penggumpalan darah (Almatsier, 2001).

3. Baku Mutu Logam Berat

Baku mutu logam berat pada sedimen telah ditetapkan oleh beberapa sumber di dunia. Berikut merupakan beberapa baku mutu logam berat pada sedimen.

Tabel 1. Baku mutu logam berat disedimen

No	Logam Berat	Baku Mutu mg/Kg	Sumber
1	Perak (Ag)	0,1	PerGub DIY No. 7 Tahun 2010
2	Kadmium (Cd)	2,5	Ministry of TheEnvironment
3	Kobalt (Co)	50	Ministry of TheEnvironment
4	Khrom (Cr)	80	ANZECC ISQG-Low
5	Tembaga (Cu)	62	ANZECC ISQG-Low
6	Besi (Fe)	20	ANZECC ISQG-Low
7	Mangan (Mn)	120	<i>National Sediment Quality Survey USEPA</i>
8	Nikel (Ni)	80	<i>National Sediment Quality Survey USEPA</i>
9	Timbal (Pb)	50	ANZECC ISQG-Low
10	Seng (Zn)	410	WAC 173-204-320

Tabel 2. Baku Mutu Logam Berat diAir Laut

No	Logam Berat	Baku Mutu mg/Kg	Sumber
1	Perak (Ag)	0,5	Menteri LH No 5 tahun 2014
2	Kadmium (Cd)	0,001	SK MEN KLH No. 51/1/2004

3	Kobalt (Co)	0,4	Menteri LH No 5 tahun 2014
4	Khrom (Cr)	0,005	SK MEN KLH No. 51/1/2004
5	Tembaga (Cu)	0,008	SK MEN KLH No. 51/1/2004
6	Besi (Fe)	0,5	USEPA (1986)
7	Mangan (Mn)	0,1	EPA (<i>Environmental Protection Agency</i>)
8	Nikel (Ni)	0,005	SK MEN KLH No. 51/1/2004
9	Timbal (Pb)	0,008	SK MEN KLH No. 51/1/2004
10	Seng (Zn)	0,005	SK MEN KLH No. 51/1/2004

D. Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES)

1. Pengertian ICP-OES

ICP-OES merupakan perangkat canggih untuk penentuan logam dalam berbagai matriks sampel yang berbeda. ICP dikembangkan untuk spektrometri emisi optik oleh Fassel et al. Di Iowa State University, Amerika Serikat dan oleh Greenfield et al. Di Albright & Wilson, Ltd, Inggris pada pertengahan 1960-an. Instrumen ICP-OES yang tersedia secara komersial pertama kali diperkenalkan pada tahun 1974 (Hou dan Jones, 2000).

2. Prinsip Kerja ICP-OES

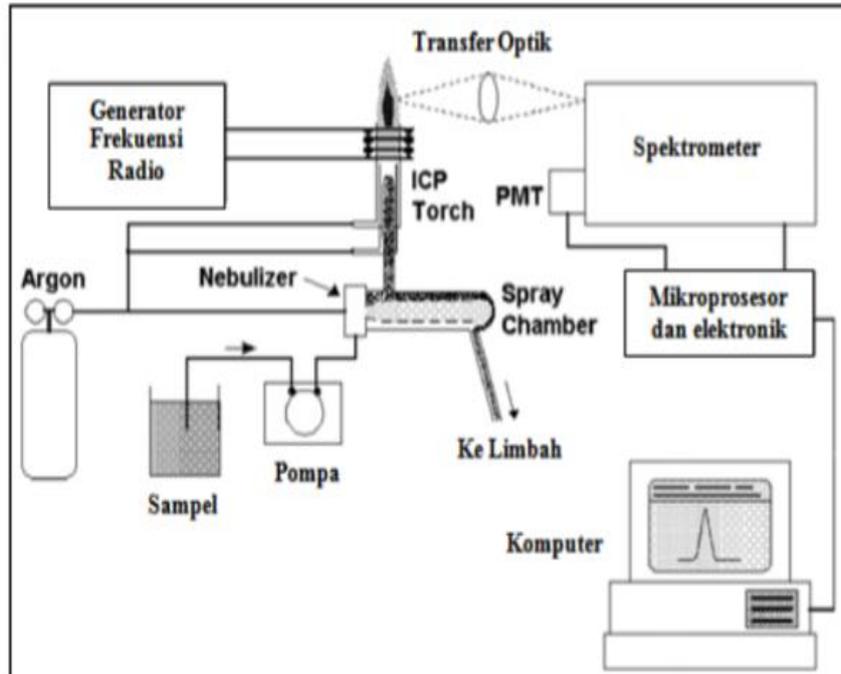
Teknik kerja didasarkan pada emisi spontan foton dari atom dan ion yang telah tereksitasi dalam radio frequency (RF) discharge. Sampel cair dan gas dapat diinjeksi langsung ke instrumen, sedangkan sampel padat memerlukan ekstraksi atau digesti asam sehingga analit akan didapatkan dalam bentuk larutan. Larutan sampel diubah menjadi aerosol dan

diarahkan ke saluran pusat plasma. Pada bagian inti Inductively Coupled Plasma (ICP) suhunya sekitar 10.000 °K, sehingga aerosol cepat diuapkan. Unsur analit dibebaskan sebagai atom-atom bebas dalam bentuk gas. Eksitasi tumbukan lebih lanjut dalam plasma menghasilkan energi tambahan untuk atom sehingga mempromosikannya ke keadaan tereksitasi. Energi yang cukup mengubah atom menjadi ion dan selanjutnya mempromosikan ion ke keadaan tereksitasi. Kedua jenis keadaan tereksitasi dari atom dan ion kemudian dapat kembali ke keadaan dasar melalui emisi foton. Foton ini memiliki energi khas yang ditentukan oleh struktur tingkat energi terkuantisasi untuk atom atau ion. Dengan demikian panjang gelombang dari foton dapat digunakan untuk mengidentifikasi unsur-unsur asalnya. Total jumlah foton berbanding lurus dengan konsentrasi unsur dalam sampel (Hou dan Jones, 2000).

Pada ICP-OES, gas argon diarahkan melalui torch yang terdiri atas tiga tabung konsentrasi yang terbuat dari kuarsa atau beberapa bahan lain yang sesuai. Sebuah kumparan tembaga, yang disebut load coil, mengelilingi ujung atas torch dan terhubung ke generator frekuensi radio (radio frequency, RF). Bila daya RF diterapkan pada load coil, arus bolak-balik bergerak di dalam kumparan, atau berosilasi, pada tingkat yang sesuai dengan frekuensi generator. Osilasi Rf dari arus dalam kumparan ini menyebabkan terbentuknya medan listrik dan medan magnet RF dibagian atas torch. Dengan gas argon yang berputar melalui torch, bunga api yang diterapkan pada gas menyebabkan beberapa elektron akan terlepas dari atom argonnya. Elektron ini kemudian tertangkap dan diakselerasi dalam

medan magnet. Menambahkan energi pada elektron dengan menggunakan kumparan dengan cara ini dikenal sebagai inductive coupling. Elektron berenergi tinggi ini selanjutnya bertumbukan dengan atom argon lainnya, menyebabkan lepasnya lebih banyak elektron. Ionisasi tumbukan gas argon ini berlanjut dalam reaksi berantai, mengubah gas menjadi plasma yang terdiri atas atom argon, elektron, dan ion argon, membentuk apa yang dikenal sebagai inductively coupled plasma (ICP) discharge. ICP discharge tersebut kemudian dipertahankan dalam torch dan load coil selama energi RF masih terus ditransfer melalui proses inductive coupling (Boss dan Fredeen, 1997).

Menurut (Boss dan Fredeen, 1997) komponen ICP-OES Meliputi Nebulizer, Pompa, Spray chamber dan Torch (Gambar 2).



Gambar 2. Instrumen ICP- OES

3. Analisis Kuantitatif dan Kuantitatif dengan ICP-OES

Untuk mendapatkan informasi kualitatif, yaitu unsur apa yang terdapat dalam sample, melibatkan identifikasi adanya emisi pada panjang gelombang khas dari unsur yang dituju. Secara umum, setidaknya tiga garis spektrum dari unsur yang diperiksa untuk memastikan bahwa emisi yang diamati memang benar merupakan milik unsur yang dituju.

Terkadang gangguan garis spektral dari unsur lain mungkin membuat suatu ketidak pastian tentang adanya unsur dalam plasma. Untungnya, dari sejumlah besar garis emisi yang tersedia untuk sebagian besar unsur memperbolehkan salah satu garis emisi yang dapat mengatasi gangguan tersebut dengan cara memilih diantara beberapa garis emisi yang berbeda untuk unsur yang dituju (Boss & Fredeen, 1997).

Untuk mendapatkan informasi kuantitatif, yaitu, seberapa banyak suatu unsur terdapat dalam sampel, dapat dicapai dengan menggunakan plot intensitas emisi terhadap konsentrasi yang disebut kurva kalibrasi. Larutan dengan konsentrasi analit yang diketahui, disebut larutan standar, dimasukkan kedalam ICP dan intensitas emisi khas untuk semua unsur, atau analit, diukur. Intensitas ini kemudian dapat di plot terhadap konsentrasi standar untuk membentuk kurva kalibrasi bagi semua unsur. Ketika intensitas emisi dari analit diukur, intensitas diperiksa terhadap kurva kalibrasi unsur tersebut untuk menentukan konsentrasi sesuaidengan intensitasnya (Boss & Fredeen, 1997).

4. Kelebihan dan Kekurangan ICP-OES

Dibandingkan dengan teknik lain, ICP-OES memiliki suhu atomisasi lebih tinggi, lingkungan yang lebih inert, dan kemampuan alami untuk penentuan hingga 70 element secara bersamaan. Hal ini membuat ICP lebih tahan terhadap gangguan matriks, dan lebih mampu mengoreksinya.

III. METODE KERJA

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Desember 2016 hingga Januari 2017. Pengambilan sampel Terumbu karang dan Foraminifera benthik dilakukan di beberapa titik pesisir teluk Lampung yang berdekatan dengan pabrik industri. Preparasi dan analisis sampel dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sampel terumbu karang dan foraminifera benthik, aquabides, Asam Nitrat pekat (100%) dan kertas saring. Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain alat-alat gelas laboratorium, plastik ziplok, dry ice, ice box, GPS, kulkas, mikroskop, neraca analitik dengan ketelitian $\pm 0,0001$ gram, oven, centrifuge, dan seperangkat alat ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry) (Varian 715-ES).

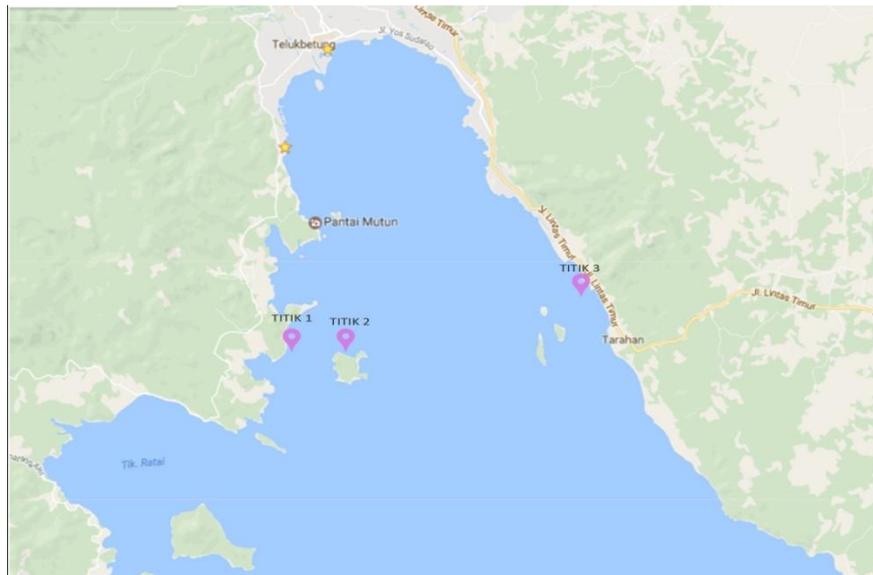
C. Pelaksanaan Penelitian

1. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel Terumbu karang dan Foraminifera benthik dilakukan dengan menggunakan alat scuba atau snorkeling di perairan pantai sari ringgung, pulau tegal dan perairan sekitar daerah Tarahan.

Tabel 3. Koordinat pengambilan sampel

No	Lokasi	Koordinat
1	Pantai Sari Ringgung	S 05 ⁰ 33'39.6" E 105 ⁰ 15'15.0"
2	Pulau Tegal	S 05 ⁰ 33'46.2" E 105 ⁰ 16'38,5"
3	Tarahan	S 05 ⁰ 31'11.7" E 105 ⁰ 20'42.7



Gambar 3. Lokasi pengambilan sampel

Sampel Terumbu karang diambil dari koloni karang yang masih banyak jumlahnya sedangkan sampel Foraminifera diambil dari pasir sekitar Terumbu karang. Sampel yang diambil dimasukan kedalam *ice box* dan dimasukan kedalam kukkas sebelum dilakukan preparasi.

2. Persiapan Bahan Uji

a. Terumbu karang

Terumbu karang di bersihkan terlebih dahulu dari air garam laut dengan menggunakan air distilasi (Milli-Q water) sebanyak 3 kali, untuk menghindari kontaminasi trace element dari alamnya (Demina *et al.*, 2009; Rentería-Cano *et al.*, 2011). Selanjutnya Terumbu karang ditimbang beratnya masing- masing sebanyak 2 g, sampel yang telah ditimbang di letakkan pada tabung reaksi dan ditambahkan pelarut asam nitrat pekat (100%) hingga terlarut jika tidak larut dilakan destruksi basah di dalam oven dengan suhu 100⁰, setelah larut diencerkan dengan menambahkan aquabides hingga 25 ml dan dilakukan centrifuge untuk memisahkan endapan dengan fitratnya.

b. Foraminifera

Pasir yang didapat dicuci pada air mengalir kemudian dikeringkan, seitu dilakukan pemisahan Foraminifera dengan pasir di bawah mikroskop, Selanjutnya sampel foraminifera ditimbang beratnya masing- masing sebanyak 2 g, sampel yang telah ditimbang di letakkan pada tabung reaksi dan ditambahkan pelarut asam nitrat pekat (100%) hingga terlarut jika tidak larut dilakukan destruksi basah di dalam oven dengan suhu 100⁰C, setelah larut diencerkan dengan menambahkan aquabides hingga 25 ml dan dilakukan centrifuge untuk memisahkan endapan dengan fitratnya.

D. Analisis logam berat

Sampel yang telah dilarutkan dilakukan analisis kandungan logam beratnya dengan menggunakan alat ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry) (Varian 715-ES).

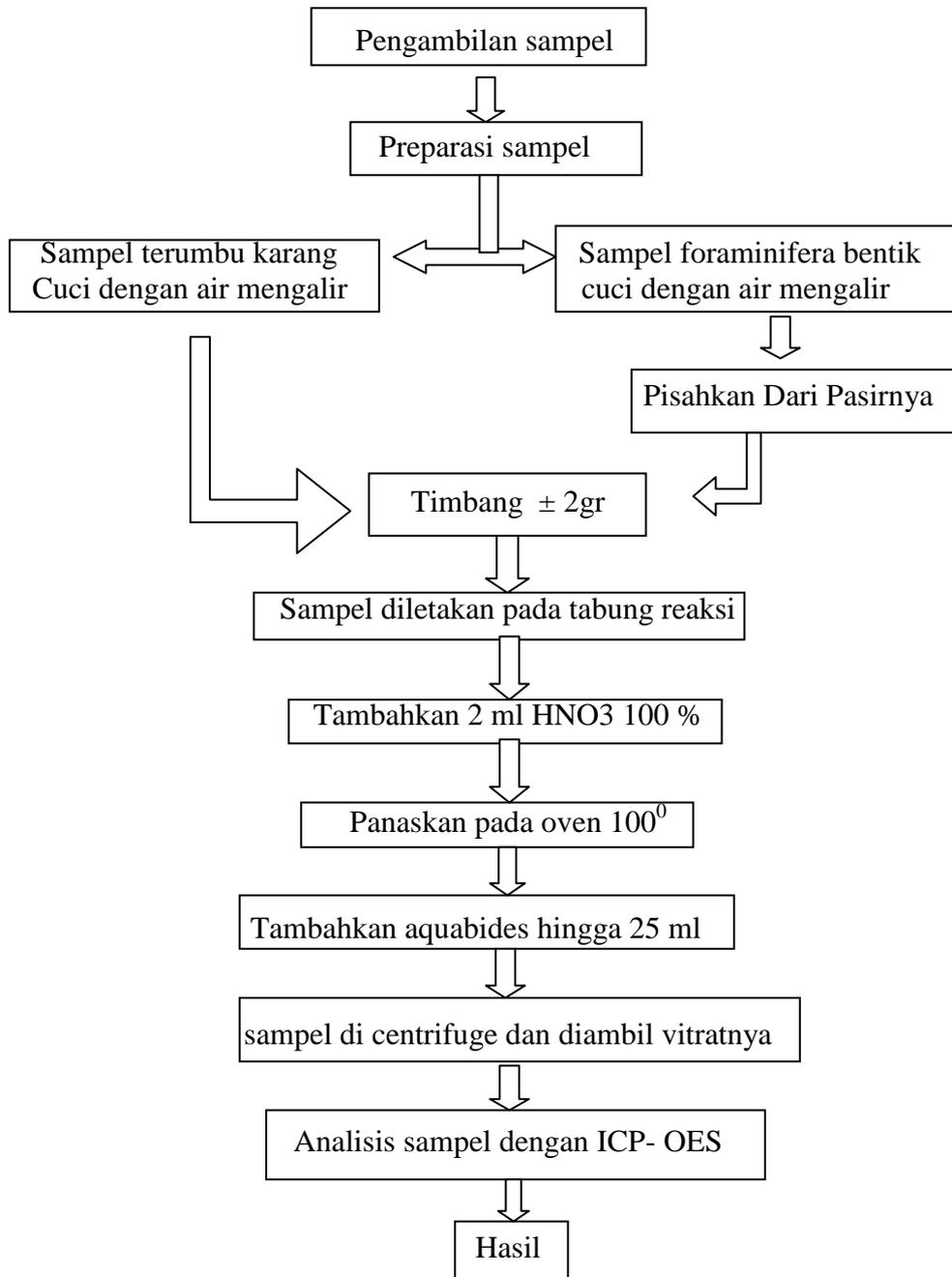
E. Parameter Penelitian

Parameter yang diukur dalam penelitian ini yaitu kadar logam berat (Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) pada sampel terumbu karang dan foraminifera bentik dari Perairan Teluk Lampung.

F. Analisis Data

Data pengamatan kadar logam berat yang diperoleh dianalisis secara deskriptif.

G. Diagram Alir



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Kandungan logam perak (Ag) pada Terumbu karang disemua titik telah melampaui baku mutu dengan nilai masing – masing (0,42 mg/Kg), (0,19 mg/Kg), (0,23 mg/Kg).
2. Pada sampel Foraminifera logam berat yang melampaui baku mutu adalah logam Ag dan logam Fe.
3. Kandungan logam Besi pada sampel Foraminifera tertinggi pada lokasi perairan Tarahan dengan nilai 335,44 mg/Kg.

B. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada lokasi lain untuk mengetahui kadar kandungan logam berat, sebagai acuan kondisi perairan Teluk Lampung.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, A. 2012. *Foraminifera*. www.academia.edu/7318480/95006653-Mikropaleontologi/. Diakses pada tanggal 09 Februari 2016 pukul 09.00 WIB.
- Aldila, A. 2011. *Inventarisasi dan Kondisi Terumbu Karang Di Pulau Rimau Balak, Kandang Balak, Dan Prajurit Kec. Bakauheni, Lampung Selatan*. Lampung: Unila.
- Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC), 2000, ANZECC interim sediment quality guidelines. Report for the Environmental Research Institute of the Supervising Scientist, Sydney, Australia
- Begum, A., H. Krishna, K. Irfanulla. 2009. Analysis of Heavy Metals in Water, Sediments and Fish Samples of Madivala Lakes of Bangalore, Karnataka. *International Journal of ChemTechResearch*, Vol.1, No.2, pp. 245-249.
- Berggren W.A. 1978. Marine micropaleontologi: an introduction. Dalam B.U. Haq an A. Boersma (editor). *Introduction to Marine Micropaleontology*: 1-18.
- Boltovskoy, E. and R. Wright. 1976. *Recent Foraminifera*. Dr. W. June, B. V. Publisher, The Hague, Netherland.
- Budiono, A. 2003. Pengaruh Pencemaran Merkuri Terhadap Biota Air. Institut Pertanian Bogor.
- Callahan, M. A. (1979) *Water-related environmental fate of 129 priority 7 8 pollutants vol. 1*; Introduction and Technical Background, Metals and Inorganics, Pesticides and PCBs. EPA440/4-79-029A.
- Canadian Council of Ministers for the Environment (CCME). 2002. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life summary table. Winnipeg, MB.
- Clark, R.B. 1992. Marine Pollution. 3rd ed. Calendron Press, Oxford.
- Dahuri, R. 2003. *Keanekaragaman Hayai Laut*. Aset Pembangunan Berkelanjutan

Indonesia. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

Darmono. 1995. Logam dalam sistem makhluk hidup. Universitas Indonesia Press. Jakarta

Effendi, H. 2003. Telaah kualitas air : Bagi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan perairan. Penerbit kanisius. Yogyakarta.

Febiyani. 2013. Transport Sedimen Teluk Lampung. Universitas Diponegoro, Semarang.

Fergusson, J. E. 1991. The Heavy Elements Chemistry Environmental Impact and Health Effects. Pergamon Press

Haq, B. U., and Boersma. 1983. *Introduction to Marine Micropaleontology. Elsevier Biomedical*. New York, Amsterdam, Oxford.

Hariono, Bambang. 2005. Efek pemberian plumbum (timah hitam) anorganik pada tikus putih (*rattus norvegicus*). Bagian patologi klinik FKH UGM

Hutagalung, H. P. (1997) *Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Jakarta.

Ibnu, D. B. (2005). Upaya Penurunan Kandungan Logam Hg (Merkuri) dan Pb (Timbal) pada Kerang Hijau (*Mytilus viridis* Linn) dengan Konsentrasi dan Waktu Perendaman Na₂CaEDTA yang Berbeda. *Jurnal Bionatura*. Vol.7. No.3. November 2005. p192-195.

Juli, S. S., 1994. *Kesehatan Lingkungan*, UGM, Bandung. halaman. 118

Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta No :7 tahun 2010, Tentang “*Baku MutuLimbah- CairKegiatanIndustri Di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*”

Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup. 1988. *Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hiduo No. Kep-02/MNKLH/I/1988 Tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Air Lingkungan*. Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup. Jakarta.

Koester, Y. (1995) *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*, Terjemahan dari Chemistry and Ecotoxicology of Pollution oleh D.W. Connel, UI Press, Jakarta.

Kristian H.S., 2010, *Kimia Anorganik Logam*. Graha Ilmu, Yogyakarta

Lu, F., 1995. Toksikologi dasar. Penerbit universitas indonesia. Jakarta

Manahan, S.E., 2002, *Environmental Chemistri, Seventh Edition*, Lewis Publisher, New York.

- Marganof. 2003. *Potensi Limbah Udang sebagai Penyerap Logam Berat (Timbal, Kadmium, dan Tembaga) di Perairan*. ITB Press. Bandung
- Mulyono, 1997, Study kualitas air di kawasan industri pengecoran logam Desa Tegaltirto, Ceper, Klaten, *Tesis Ilmu Lingkungan*, UGM
- Nontji, A., 1993. *Laut Nusantara: Djembatan*. Jakarta.
- Nybakken, J. W., 1992. *Biologi Laut : Pendekatan Ekologis*. (Terj). M. Erdeman, Koesoebino, D. G. Bergen, M. Hutomo, dan S. Sukarjo. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Palar, H., 2008. *Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat*. Rieneka Cipta. Jakarta
- Palar, Heryando. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. PT Rineka Cipta IKAPI Jakarta. 152 hal.
- Parulian, A. 2009. *Monitoring dan Analisis Kadar Aluminium (Al) dan Besi (Fe) Pada Pengolahan Air Minum PDAM Tirtanadi Sunggal*. Medan : Pascasarjana Universitas Sumatera Utara (USU).
- Pratama, G. 2012. *Cangkang Foraminifera*. <http://biologi-gadingratama.blogspot.co.id/2012/11/foraminifera.html/>. Diakses tanggal 11 Februari 2016 pukul 08:30 WIB.
- Petrucci, R.H. 1987. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- Pringgoprawiro, H., dan R. Kapid. 2000. *Foraminifera : Pengenalan mikrofosil dan aplikasi biostratigrafi*. Penerbit ITB. Bandung, 139 hal.
- Putranto, S. 1997. *Pengaruh Sedimentasi dan Limbah Terproduksi terhadap Komunitas Terumbu Karang Di Selat Sele, Serong-Irian Jaya*. Institut Pertanian Bogor
- Razak, T. B. dan K. L. M. A, Simatupang, 2005. *Buku Panduan Pelestarian Terumbu Karang; Selamatkan Terumbu Karang Indonesia*. Yayasan Terangi, Jakarta, 113 hal.
- Reilly, C. 1991. *Metal contamination food*. Second edition. Elsevier science Publisher LTD. London and New York.
- Sanusi, H.S. 2006. *Kimia Laut, Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan*. Bogor: Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. 188h.
- Soekarno. 1983. *Kandungan zooxanthellae pada karang batu di terumbu karang pulau pari*. Oseanologi di Indonesia

- Sudarmaji, J. Mukono, Corie I.P. 2006. *Toksikologi Logam Berat B3 Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*. Kesehatan Lingkungan FKM Universitas Airlangga.
- Sugiarto, Kristian. H. 2003. *Kimia Anorganic II Common Textbook (Edisi Revisi)*. Jurusan Kimia FPMIPA UNY. Yogyakarta.
- Suharsono. 1998. *Kesadaran masyarakat tentang terumbu karang (kerusakan di Indonesia)*. LIPI. Jakarta.
- Supriharyono. 2000. *Pelestarian dan pengelolaan sumber daya alam di wilayah pesisir tropis*. Gramedia pustaka utama. Jakarta
- Swedish Environmental Protection Agency (SEPA), 2000, *Lakes and Watercourses*
- Timotius. 2003. *Karakteristik terumbu karang*. Makalah training course. Yayasan terumbu karang Indonesia
- Tomascik, T., A. Janice, A. Nontji, dan M. K. Mossa. 1997. *The Ecology of Indonesian Seas Part Two*. Periplus Edition. Little Road. Jakarta, 688 hal.
- Veron, J. E. N. 1988. *Sclerentanian Of Eastern Australian*. AIMS, Monogr. Ser, 4. Australian Gov, Pub Ser, Canberra. 422p
- Vogel, 1990, *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*, PT. Kalman Media Pusaka, Jakarta.
- Yanney. 2001. *Ekologi Tropika*. Penerbit ITB. Bandung