

**IDENTIFIKASI KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA MAKROALGA
DI PERAIRAN CAGAR ALAM LAUT KEPULAUAN KRAKATAU
DENGAN MENGGUNAKAN ICP-OES**

(SKRIPSI)

Oleh

IRANI MAYA SAFIRA



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

ABSTRAK

IDENTIFIKASI KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA MAKROALGA DI PERAIRAN CAGAR ALAM LAUT KEPULAUAN KRAKATAU DENGAN MENGGUNAKAN ICP-OES

Oleh
Irani Maya Safira

Cagar Alam Kepulauan Krakatau merupakan daerah cagar alam yang berada di Provinsi Lampung dengan luasan sekitar 13.735,10 hektar yang terdiri dari 11,200 hektar laut dan 1.535,10 hektar darat. Dilihat dari data tersebut daerah Cagar Alam Laut Krakatau mempunyai kawasan yang lebih luas. Hal ini diperlukannya pengelolaan khusus terhadap daerah perairan yang berada di Cagar Alam Krakatau. Salah satu permasalahan yang sering terjadi di daerah perairan adalah adanya pencemaran logam berat. Makroalga merupakan biota laut yang kemungkinan besar dapat terakumulasi logam berat yang berada di perairan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar logam berat pada makroalga di Perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau. Logam berat yang dianalisis antara lain Pb, Cd, Cr, Mn, Zn, Ag, Ni, Co dan Fe yang dianalisis dengan menggunakan ICP – OES (*Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry*).

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan April 2017 hingga Februari 2018. Metode yang digunakan ialah observasi langsung di lapangan dan data dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian yang diperoleh pada sampel makroalga yang diambil dari tiga lokas di Perairan Cagar Alam Laut Krakatau menunjukkan kandungan logam berat masih dibawah batasan baku mutu menurut USEPA (1996). Kandungan logam tertinggi ialah logam berat Fe yang terdapat pada sampel makroalga di Pulau Rakata dengan nilai 125, 262 µg/kg. Jenis makroalga yang teridentifikasi ialah *Halimeda opuntia*, *Padina australis*, *Gelidium latifolium*, *Galaxaura rugosa*, *Actinotrichia fragilis*, *Euchema spinosium*, dan *Condrus crispus*.

Kata Kunci : Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau, Makroalga, Logam Berat, ICP – OES.

**IDENTIFIKASI KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA MAKROALGA
DI PERAIRAN CAGAR ALAM LAUT KEPULAUAN KRAKATAU
DENGAN MENGGUNAKAN ICP – OES**

Oleh

IRANI MAYA SAFIRA

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
2018**

Judul Skripsi : **IDENTIFIKASI KANDUNGAN LOGAM
BERAT PADA MAKROALGA
DI PERAIRAN CAGAR ALAM LAUT
KEPULAUAN KRAKATAU DENGAN
MENGUNAKAN ICP-OES**

Nama Mahasiswa : **Irani Maya Safira**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1417021053

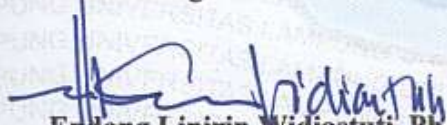
Program Studi : Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam


MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

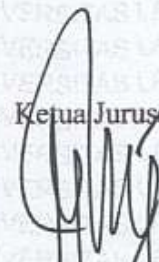
Pembimbing I


Endang Linirin Widiastuti, Ph.D.
NIP 19610611 198603 2 001

Pembimbing II


Henni Wijayanti M., S.Pi., M.Si.
NIP 19810101 200801 2 042

2. Ketua Jurusan Biologi

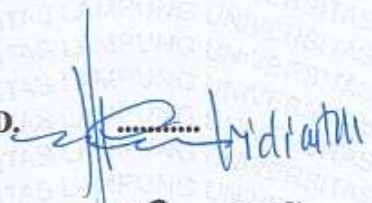

Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc.
NIP 19660305 199103 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Endang Linirin Widiastuti, Ph.D.



Sekretaris

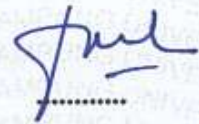
: Henni Wijayanti M., S.Pi., M.Si.



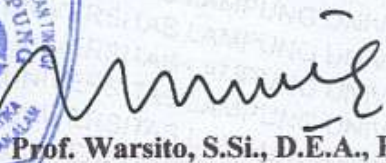
Penguji

Bukan Pembimbing

: Prof. Dr. Ida Farida Rivai



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 : 1 Februari 2018

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kotabumi, pada tanggal 01 Juni 1997. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara oleh pasangan Bapak Bekti Sihono dan Ibu Rusmawati.

Penulis mulai menempuh pendidikan pertamanya di Taman Kanak – Kanak Proklamasi 45 Bandar Harapan pada tahun 2002. Pada tahun 2003, penulis melanjutkan pendidikannya di Sekolah Dasar Swasta Proklamasi 45 Bandar Harapan, kemudian pada tahun 2007 penulis pindah ke Sekolah Dasar Negeri 3 Tanjung Ratu. Pada tahun 2009 penulis melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Terbanggi Besar. Pada tahun 2012 penulis melanjutkan pendidikan di Madrasah Aliyah Negeri 1 Lampung Tengah dengan program akselerasi selama dua tahun dan menyelesaikan pada tahun 2014.

Pada tahun 2014, penulis tercatat sebagai salah satu mahasiswa Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam di Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa di Jurusan Biologi FMIPA Unila, penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Biologi Umum dan Karsinologi. Penulis

juga aktif di Organisasi Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) FMIPA Unila sebagai anggota Biro Usaha dan Pendanaan tahun 2015-2016.

Penulis pernah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa SemberRejo, Kecamatan Kota Gajah, Kabupaten Lampung Tengah pada Januari – Februari 2017 dan melaksanakan Kerja Praktik di Balai Besar Perikanan dan Budidaya Laut Lampung pada Juli – Agustus 2017 dengan judul **“Teknologi Perbanyakan Bibit Rumput Laut (*Euchema cotoi*) Hasil Kultur Jaringan Skala Laboratorium di Balai Besar Perikanan dan Budidaya Laut Lampung”**

MOTTO

Dream high...
Hope high...
And try..!

“Orang dengan nilai enam gak akan bisa membuat orang dengan nilai sembilan tertarik. Persamaannya gak jalan”
(Anggada Samirah)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”
(QS. Al-Insyirah, 6-8)

PERSEMBAHAN



Segala Puji bagi ALLAH SWT atas segala berkah, rahmat serta hidayahnya yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam penulisan Skripsi ini.

Kupersembahkan karya kecilku ini untuk :

Mama' Rusmawati

dan

Bapa' Bekti Sihono

Terimakasih untuk doa semangat serta dukungan dari kalian selama ini, sehingga aku dapat menyelesaikan studi ku ini.

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 “**IDENTIFIKASI KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA MAKROALGA DI PERAIRAN CAGAR ALAM LAUT KEPULAUAN KRAKATAU DENGAN MENGGUNAKAN ICP-OES**” yang merupakan bagian dari penelitian institusi didanai oleh Puslitbang Pesisir dan Kelautan – LPPM Universitas Lampung dan merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Universitas Lampung. Ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar – besarnya penulis haturkan kepada semua pihak yang telah berperan atas dorongan, bantuan, saran, kritik dan bimbingannya sejak memulai kegiatan sampai terselesaikannya skripsi ini, ucapan tulus penulis sampaikan kepada :

1. Kedua orang tua ku tercinta, ibu Rusmawati dan Bapak Bakti Sihono yang tidak henti – hentinya mendoakan dan memberikan kasih sayang, nasihat dan motivasi kepada penulis.
2. Ncakku Irine Safitri, S.E dan dedekku Zinedine Ariel Rafigo yang selalu memberikan perhatian, semangat dan canda tawa kepada Uni kalian ini.

3. Ibu Endang Linirin Widiastuti, Ph.D. selaku Pembimbing I atas semua ilmu, bantuan, bimbingan, nasihat, saran, dan pengarahan, baik selama perkuliahan maupun dalam penyusunan skripsi.
4. Ibu Henni Wijayanti M, S.Pi., M.Si selaku Pembimbing II atas semua ilmu, bantuan, bimbingan, nasihat, saran, dan pengarahan, baik selama perkuliahan maupun dalam penyusunan skripsi.
5. Ibu Prof. Dr. Ida Farida Rivai selaku Pembahas atas semua ilmu, bantuan, bimbingan, nasihat, saran, dan pengarahan, baik selama perkuliahan maupun dalam penyusunan skripsi.
6. Ibu Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Biologi FMIPA Unila dan Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan motivasi selama perkuliahan maupun dalam penyusunan skripsi.
7. Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P, selaku Rektor Universitas Lampung.
8. Bpk Warsito, S. Si., D.E.A., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
9. Ibu Dr. Emantis Rosa, M.Biomed. selaku kepala Laboratorium Biologi Molekuler, Mbak Nunung Cahyawati, A.Md., dan Mbak Dwi Lestari, S.Si yang telah mengizinkan dan membantu penulis melaksanakan penelitian di Lab tersebut.
10. Bpk R. Supriyanto, M.Si selaku dosen di Jurusan Kimia yang telah mengarahkan dan membantu penulis melaksanakan penelitian di Lab Kimia Analitik. Serta kak Rezki Pratama yang turut membantu dalam destruksi sampel.
11. BKSDA Lampung yang telah mengizinkan dan menghantarkan penulis untuk mengambil sampel di Kawasan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau.

12. Kak Kadek dan Kak Muchlis dari Club Selam Anemon yang telah membantu dalam pengambilan sampel di Kawasan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau.
13. Rekan seperjuangan Penelitian Krakatau kak Hanif, Eka, Intan. Gita. Husein. Nabilla. dan Vielda trimakasih atas bantuan dan kerjasamanya selama penelitian berlangsung.
14. Alvianto Kurniawan, si mamas dari Jogja. Trimakasih telah sabar dan menunggu. Semoga segera S.IP di waktu yang tepat.
15. Vielda Rahmah Afriyanti, S.Si si gadis sombong dari Palembang. Manusia seperjuangan dari maba sampai ruang sidang. Partner seranjang selama 40 hari di KP. Trimakasih telah mau berjuang baik pikiran hingga perasaan.
16. Kak Astri sang ahli tomat yang score toefl nya sampai 550 yang secara tidak langsung telah memberikan pelajaran baik akademik dan juga nasehat bagi penulis. Semoga benar – benar bisa menyusul Wirda Mansyur
17. Weni Agustia, sepupu dari Baturaja yang telah meminjamkan laptop kepada penulis dari awal penyusunan skripsi ini. Trimkasih banyak.
18. My “GENKS” eka, retno, hona, vielda, intan, dan nabilla yang telah menjadi teman, sahabat, saudara selama penulis menjadi mahasiswa. Terimakasih atas kebersamaan, nasehat, canda tawa selama ini. Di tunggu undangan nya
19. Keluarga besar akselerasi, Sahabat G lima “SAGMA” terkhususkan Bagus, Dwi, Yola, Fauziyah, Lutfy dan Uji yang telah membantu, memberikan nasehat dan mendengarkan curahan hati penulis selama kurang lebih 6 tahun ini.

20. Andremitra Squad, farid, aidil, febrina, fauzi, dina, kak kiki serta ibu bapak kos yang telah memberikan canda tawa penulis selama menjadi anak kos di Bandar Lampung.
21. Tim Panitia HPK dan campuran KWI 2016 Batu Tegi yang telah memberikan pengalaman luar biasa dalam mengatur sebuah kegiatan besar. Trimakasih atas kerjasamanya.
22. Tim KKN Sumber Rejo, kak Robin, kak rizqi, kak mumut, Grace, Febrina, dan Pungky . Trimakasih atas kerjasama dan canda tawa selama menjadi teman seperjuangan KKN.
23. Teman seperjuangan Kerja Praktik BBPBL Lampung dari sabang sampai marauke. Terkhususkan kamar 10 asrama kerapu kak noe, mba julpa dan maak pida.
24. Teman – teman Biologi Angkatan 2014 atas keakraban, canda tawa, dukungan, dan kebersamaan di FMIPA, Universitas Lampung.
25. Seluruh kakak dan adik tingkat Jurusan Biologi FMIPA Unila yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas kebersamaanya di FMIPA, Universitas Lampung.
26. Seluruh Civitas Universitas Lampung.

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, 01 Februari 2017

Irani Maya Safira

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL JUDUL	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
RIWAYAT HIDUP	vi
MOTTO	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN	ix
SANWACANA	x
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
E. Kerangka Teori	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pencemaran Lingkungan.....	7
B. Logam – Logam dalam Perairan.....	8
C. Logam dalam ekosistem air	9

D. Kualitas Air.....	10
E. Logam Berat.....	11
1. Logam Besi (Fe)	12
2. Logam Zink (Zn)	13
3. Logam Kromium (Cr).....	14
4. Logam Timbal (Pb).....	15
a. Terpapar secara akut	16
b. Terpapar secara kronis	16
5. Logam Perak (Ag)	17
6. Logam Kobalt (Co).....	17
7. Logam Nikel (Ni).....	18
8. Logam Kadmium (Cd).....	19
9. Logam Mangan (Mn).....	20
F. Dampak Negatif Logam Berat pada Kesehatan Manusia	21
G. Cagar Alam	21
H. Cagar Alam dan Cagar Alan Laut Krakatau	22
I. Alga.....	23
J. Makroalga	24
1. Alga Hijau (Cholorophyceae).....	25
2. Alga Coklat	27
3. Alga Hijau.....	28
K. Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICO-OES)	30
1. Pengertian	30
2. Prinsip Kerja	30
3. Instruentasi.....	32
a. Nebulizer.....	32
b. Pompa	33
c. Spay Chamber.....	34
d. Torch.....	35
4. Analisis Kualitatif dan Kuantitatif dengan ICP-OES.....	36
5. Kelebihan dan Kekurangan	37

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat.....	39
B. Bahan dan Alat.....	40
1. Bahan	40
2. Alat.....	41
C. Metode Penelitian	41
D. Pelaksanaan.....	42
1. Pengambilan Sampel.....	42
2. Destruksi Sampel	42
3. Tahap Analisi.....	43
E. Parameter Penelitian	43
F. Analisis Data.....	43

G. Pengukuran Fisik dan Kimia keadaan Perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau.....	44
1. Pengukuran Temperatur.....	44
2. Pengukuran Ph	44
3. Pengukuran Salinitas.....	44
4. Pengukuran Kecerahan	45
H. Diagram Alir	45

IV. HASIL DAN KESIMPULAN

A. Kandungan Logam Berat pada Makroalga di Perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau	46
B. Keberadaan Logam Berat di Perairan Cagar Alam Laut Krakatau	52

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.....	58
B. Saran.....	58

DAFTAR PUSTAKA	59
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN.....	63
----------------------	-----------

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Konsentrasi Beberapa Logam dalam Air Laut dan Air Sungai Secara Ilmiah	10
Tabel 2. Kelebihan dan Kekurangan teknik – teknik analisis unsur	38
Tabel 3. Koordinat Titik pengambilan sampel di CAL Krakatau	40
Tabel 4. Bahan – bahan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian	40
Tabel 5. Alat – alat yang digunakan selama penelitian.....	41
Tabel 6. Kandungan Logam Berat Makroalga di Perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau.....	47
Tabel 7. Kandungan Logam Berat Air Laut di Perairan Krakatau.....	54
Tabel 8. Parameter Kualitas air di Perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau.....	56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Makroalga <i>Padina australis</i>	24
Gambar 2. Contoh <i>Nebulizer</i> yang digunakn untuk ICP – OES	32
Gambar 3. Pompa peristaltik yang digunakan untuk ICP – OES	33
Gambar 4. <i>Spray Chamber</i> yang digunakan untuk ICP – OES	34
Gambar 5. Lokasi pengambilan sampel makroalga di <i>Perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau</i>	35
Gambar 6. Diagram Alir Penelitian	38
Gambar 7 . Lokasi Perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau	64
Gambar 8 . Proses Pengambilan Sampel	64
Gambar 9. salah satu sampel makroalga yang didapatkan.....	64
Gambar 10. Thermometer untuk melihat besaran suhu perairan	65
Gambar 11. GPS digunakan untuk melihat titik koordinat lokasi Pengambilan Sampel.....	65
Gambar 12. Proses pelarutan sampel	65
Gambar13. Akat desukator Behr 300.....	66
Gambar 14. Proses penyaringan sampel	66
Gambar 15. Alat ICP – OES	66

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Suaka alam merupakan kawasan yang berbentuk *protected area* yang telah ditetapkan sebagai tujuan perlindungan ekosistem dan pengembangan wisata. Karena alasan *protected area* tersebut, maka selain perlindungan ekosistem dan pemanfaatannya, salah satu hal misi pokok yang harus diingat ialah pengelolaan kawasan konservasi yang merupakan pengelolaan *biodiversity* (keanekaragaman hayati) serta ekosistemnya (Hasrul dkk, 2016).

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan yang memiliki biodiversitas yang tinggi dikarenakan besarnya jumlah jenis dan jumlah persentase biodiversitas yang dimiliki. Tingginya biodiversitas yang dimiliki Indonesia membuat diperlukannya suatu kawasan konservasi yang dikelola khusus untuk melindungi keanekaragaman yang dimiliki.

Menurut UU No. 5 tahun 1990 tentang Konservasi Sumberdaya Alam Hayati dan Ekosistemnya, Cagar Alam merupakan kawasan suaka alam yang mempunyai kekhasan tumbuhan, satwa, dan ekosistem tertentu yang perlu dilindungi perkembangannya secara alami. Salah satu cagar alam yang harus mendapatkan perlindungan yang terletak di Provinsi Lampung ialah Cagar Alam Krakatau. Cagar Alam Krakatau terletak di Selat Sunda antara Pulau

Sumatra dan Pulau Jawa tepatnya di Kecamatan Rajabasa Kabupaten Lampung Selatan Provinsi Lampung. Jumlah luas Cagar Alam Krakatau tersebut sekitar 13.735,10 hektar yang terdiri dari 11,200 hektar laut dan 1.535,10 hektar darat.

Menurut data diatas terlihat bahwa daerah perairan memiliki luasan yang lebih besar dibandingkan daerah darat. Hal ini mengakibatkan diperlukannya pengelolaan khusus terhadap daerah perairan yang berada di Cagar Alam Krakatau. Perhatian khusus ini mengingat banyaknya potensi yang membuat daerah perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau menjadi tercemar dan mengakibatkan terganggunya biota laut yang berada di daerah Perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau.

Salah satu masalah yang sering terjadi di daerah perairan ialah adanya pencemaran perairan. Pencemaran lingkungan di kawasan perairan merupakan salah satu aspek yang perlu dikaji secara serius pada setiap daerah perairan. Logam berat merupakan salah satu unsur pencemaran yang dapat menyebabkan toksik dan perlu diwaspadai keberadaanya.

Melihat dari lokasi Cagar Alam Krakatau tersebut yang terdapat adanya aktivitas Gunung Anak Krakatau yang masih aktif dan berada didaerah selat sunda yang dimana merupakan jalur transportasi penyebrangan kapal hal ini diduga dapat mengakibatkan adanya potensi terakumilasinya logam berat yang dapat masuk ke daerah perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau.

Menurut Syafruddin (2011), Pencemaran logam berat merupakan salah satu bentuk pencemaran yang biasanya terjadi di daerah perairan. Pada konsentrasi tertentu logam berat dapat berbahaya apabila masuk ke ekosistem laut. Efek toksik dari pencemaran tersebut dapat terjadi secara fisiologis, morfologi, genetik, dan kematian. Salah satu biota laut yang dapat berpotensi terakumulasi logam berat tersebut ialah makroalga.

Alga atau ganggang laut (*seaweed*) merupakan bagian terbesar dari tumbuhan laut, dimana morfologi alga dikelompokkan kedalam golongan tidak berpembuluh (Thallophyta) karena tidak memiliki perbedaan susunan kerangka seperti akar, batang dan daun. Alga memiliki klorofil sehingga dapat melakukan fotosintesis. Makroalga memerlukan substrat untuk tempat menempel atau tempat hidupnya. Menurut Evan (2006), menyatakan bahwa alga telah diketahui dapat mengadsorpsi ion – ion logam. Pada dinding sel alga terdapat suatu gugus fungsi yang dapat mengikat ion – ion logam tersebut. Karena hal itu alga dapat dijadikan sebagai bioindikator dalam pencemaran logam berat di suatu perairan.

Makroalga juga merupakan habitat bagi beberapa jenis biota laut seperti krustasea, moluska, dan ikan. Karena hal itu apabila makroalga tersebut mengandung logam berat maka dapat membahayakan biota laut yang memakannya. Berdasarkan data dari Jackimetral (1970) dan Palar (1994) bahwa jenis logam berat Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, dan Zn pada konsentrasi tertentu mampu mematikan biota laut jenis ikan, udang, kerang pada pernapasannya selama 96 jam.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Apakah makroalga yang didapat dari perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau mengandung logam berat Timbal (Pb), Kromium (Cr), Kadmium (Cd), Besi (Fe), Kobalt (Co), Zink (Zn), Perak (Ag), Nikel (Ni), dan Mangan (Mn) ?
2. Berapakah rata – rata kandungan logam berat Timbal (Pb), Kromium (Cr), Kadmium (Cd), Besi (Fe), Kobalt (Co), Zink (Zn), Perak (Ag), Nikel (Ni), dan Mangan (Mn) pada makroalga yang didapat dari perairan Cagar Alam Kepulauan Krakatau ?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentasi logam berat Timbal (Pb), Kromium (Cr), Kadmium (Cd), Besi (Fe), Kobalt (Co), Zink (Zn), Perak (Ag), Nikel (Ni), dan Mangan (Mn) pada makroalga di perairan Cagar Alam Kepulauan Krakatau dengan menggunakan metode ICP-OES.

D. Manfaat penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai sumber informasi mengenai tingkat pencemaran logam berat Timbal (Pb), Kromium (Cr), Kadmium (Cd), Besi (Fe), Kobalt (Co), Zink (Zn), Perak (Ag), Nikel (Ni),

dan Mangan (Mn) pada makrolga di perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau sehingga dapat dijadikan masukan bagi pemerintah daerah, pihak balai konservasi, masyarakat dan mahasiswa sebagai acuan dalam penelitian selanjutnya.

E. Kerangka Penelitian

Daerah Gunung Krakatau merupakan daerah cagar alam yang di lindungi undang – undang. Kawasan ini masuk ke dalam Provinsi Lampung tepatnya di Kecamatan Rajabasa Kabupaten Lampung Selatan dan berada di selat sunda antara Pulau Sumatra dan Jawa. Hal ini mengakibatkan daerah Perairan Cagar Alam Krakatau berada pada daerah penyebrangan antar pulau Sumatra dan Jawa. Di Cagar Alam Krakatau juga terdapat Gunung Anak Krakatau yang saat ini masih aktif dan mengeluarkan beberapa senyawa dari aktivitas gunung api tersebut. Hal tersebut dapat mengakibatkan adanya pencemaran pada daerah Perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau. Pencemaran tersebut dapat disebabkan oleh aktivitas kapal yang melewati kawasan tersebut dan juga aktivitas Gunung Anak Krakatau. Salah satu bentuk pencemaran yang dapat masuk ke daerah Perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau ialah pencemaran logam berat.

Pencemaran logam berat ini dapat masuk ke daerah perairan dan membahayakan biota laut yang terdapat di Perairan Cagar Alam Laut Krakatau. Logam – logam berat yang dapat membahayakan organisme laut antara lain timah (Pb), Kadmium (Cd), dan tembaga (Cu) serta masih banyak

lainnya. Salah satu biota laut yang dapat terakumulasi secara langsung logam berat tersebut ialah makroalga.

Makroalga merupakan tumbuhan tidak berpembuluh yang dimana daun, batang dan akarnya belum bisa dibedakan. Keanekaragaman spesies makroalga di Perairan Indonesia berbeda – beda. Makroalga memiliki banyak manfaat salah satunya ialah sebagai bahan baku pembuatan agar – agar dan juga indikator lingkungan perairan dimana makroalga dapat hidup dengan baik pada lingkungan yang memiliki nutrisi yang tinggi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pencemaran Lingkungan

Pencemaran dapat dikatakan sebagai suatu kondisi yang telah berubah dari bentuk asal pada keadaan yang lebih buruk. Lingkungan merupakan suatu media atau tempat yang didalamnya terdapat bermacam – macam bentuk aktivitas yang berasal dari ornamen – ornamen penyusunnya. Suatu lingkungan hidup dapat dikatakan tercemar apabila telah terjadi perubahan – perubahan dalam tatanan lingkungan tersebut dan mengakibatkan tidak sama lagi dengan bentuk asalnya. Pencemaran lingkungan dapat disimpulkan karena adanya perubahan dalam suatu tatanan lingkungan asli menjadi suatu tatanan baru yang lebih buruk dari tatanan aslinya.

Pencemaran yang terjadi dilaut dapat disebabkan dari beberapa faktor dimana laut merupakan tempat pembuangan akhir benda – benda asing dan pengendapan barang sisa yang di produksi oleh manusia. Lautan juga menerima bahan – bahan yang terbawa oleh air dari daerah pertanian dan limbah rumah tangga, dan atmosfer, sampah dan bahan buangan dari kapal, tumpahan minyak dari kapal tanker dan pengeboran minyak lepas pantai, dan masih banyaknya bahan yang terbuang (Heryando, 1994).

B. Logam – Logam dalam perairan

Logam – logam yang berada di lingkungan perairan umumnya dalam bentuk ion. Ion – ion tersebut merupakan ion – ion bebas, pasangan ion organik, ion – ion kompleks dan bentuk – bentuk ion lainnya. Menurut Puspasari (2006), logam di kawasan perairan dapat berasal dari berbagai sumber antara lain proses tektonik, vulkanik, masukan dari atmosfer, dan juga dari daratan. Masukan dari daratan tersebut mempunyai peranan terbesar dalam meningkatkan konsentrasi logam berat di perairan, salah satunya ialah berasal dari buangan limbah cair.

Menurut Leckie dan James (1974), kelarutan dari unsur – unsur logam dan logam berat dalam badan perairan dikontrol oleh

1. pH badan air.
2. Jenis dan konsentrasi logam dan khelat.
3. Keadaan komponen mineral teroksidasi dan sistem yang berlingkungan redoks.

Menurut Palar (1994), bentuk persenyawaan logam yang terlarut dalam air laut dan air tawar umumnya memiliki perbedaan. Perbedaan itu berdasarkan pada tingkat kompleksitas dan kekentalan dari perairan tersebut. Perbedaan tersebut dapat terjadi disebabkan oleh 4 hal, yaitu :

1. Adanya perbedaan kekuatan ion – ion.
2. Perbedaan konsentrasi dari logam – logam yang ada dan juga terlarut dalam badan perairan.

3. Perbedaan konsentrasi antara kation – kation dengan anion – anion utama yang ada dalam perairan.
4. Dalam air tawar konsentrasi ligand organik lebih besar.

C. Logam dalam ekosistem air

Biasanya logam berat ditemukan dalam jumlah yang sedikit didalam air dan akan meningkat bila terjadi erosi alamiah. Dalam sebuah penelitian mengenai kandungan logam berat dalam suatu ekosistem air laut, terlebih dahulu diperlukan pengetahuan mengenai alur pergerakan logam yang diteliti. Hubungan interaksi masing – masing logam terhadap logam lain, model distribusi logam dalam jaringan biota air, dan akumulasinya dalam setiap jaringan.

Dalam perairan laut dangkal di Teluk Spencer, Australia ditemukan konsentrasi kadmium dalam rumput laut dalam epibiota yang hidup di sekitarnya cukup tinggi. Kandungan kadmium tersebut berasal dari limbah yang dibuang dari Industri peleburan timbal. Epibiota yang kebanyakan berasal dari jenis alga terakumulasi Cd yang berasal dari Cd yang terlarut dalam air. Konsentrasi Cd tertinggi tidak hanya terdapat pada sedimen yang berada didekat pembuangan limbah, tetapi terkandung juga pada sekitaran tempat rumput laut tersebut tumbuh. Tidak hanya rumput laut yang terakumulasi kandungan Cd, tetapi juga ditemukan pada biota laut lainnya. Hal tersebut memberikan penjelasan bahwa tidak hanya sedimen yang dapat dipakai sebagai pedoman untuk mengetahui distribusi logam secara biologi.

Pada umumnya kandungan logam berat dalam lingkungan sampai dengan taraf tertentu akan sebanding dengan kandungan logam dalam sel organisme yang hidup dilingkungan tersebut. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kelly & Whitton (1989), perbandingan akumulasi Zn, Cd, dan Pb pada beberapa jenis alga air tawar menunjukkan bahwa terdapat hubungan positif antara kadar logam berat dalam air dan dalam tubuh organisme.

D. Kualitas air

Menurut Waldicuk (1974), konsentrasi logam dalam air secara alamiah berbeda untuk jenis airnya, karena salah satu logam kandungannya tinggi dalam air tawar dan logam lain sangat rendah.

Tabel 1. Konsentrasi Beberapa Logam dalam Air Laut dan Air Sungai secara ilmiah

Logam	Air laut ($\mu\text{g/L}$)	Air sungai
Logam ringan		
K	392.000	2300
Na	108000.000	6300
Ca	411.000	15000
Mg	1290.000	
Logam berat (mikro)		
As	2,6	2
Cd	0,11	Tt
Cr	0,2	1
Cu	2	7
Fe	3,4	670
Pb	0,03	3
Hg	0,15	0,07
Ni	2,0	0,3
Ag	0,28	0,3
Zn	2,0	20

Sumber : Waldichuk (1974)

E. Logam berat

Logam berat merupakan golongan logam yang kriterinya sama dengan logam – logam lainnya. Perbedaannya terletak pada pengaruh yang dihasilkan dari logam berat ini bila terakumulasi dalam organisme hidup.

Karakteristik dari logam berat adalah sebagai berikut :

1. Memiliki spesifikasi gravitasi yang sangat besar.
2. Mempunyai nomor atom 22 – 34 dan 40 -50 serta unsur – unsur lantanida dan aktinida.
3. Mempunyai respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup.

Logam berat dapat menimbulkan efek khusus pada makhluk hidup. Logam berat dapat menjadi bahan racun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup. Meskipun logam berat dapat mengakibatkan keracunan terhadap makhluk hidup. Sebagian dari logam – logam berat tersebut tetap dibutuhkan oleh makhluk hidup. Akan tetapi kebutuhan tersebut berada dalam jumlah yang sangat sedikit. Karena adanya kebutuhan logam berat tersebut yang sangat penting bagi makhluk hidup, logam – logam tersebut dinamakan logam – logam atau mineral – mineral esensial tubuh (Palar 1994).

Logam berat yang termasuk kedalam kelompok esensial diantaranya ialah Cu, Zn, Fe, Mn, Mo, Ni, dan Se. Sedangkan logam berat yang masuk kedalam golongan non-esensial ialah Pb, Cd, dan Hg (Underwood, 1977). Meskipun logam berat esensial dibutuhkan dalam tubuh makhluk hidup, pemberian dalam jumlah yang relatif besar dalam menyebabkan keracunan. Menurut Darmono (1999), adanya interaksi logam toksik yang non-esensial

terhadap logam esensial juga dapat mempengaruhi fungsi dari logam esensial. Logam toksik dapat menghambat absorpsi logam esensial dalam saluran pencernaan dan juga dapat mengambil alih ikatan logam esensial dalam enzim atau protein dalam suatu sistem enzim.

1. Besi (Fe)

Logam besi memiliki warna putih keperakan, dapat dibentuk dan bersimbol (Fe). Termasuk ke dalam golongan VIII, berat atom 55,85 g/mol^{-1} , nomor atom 26, memiliki berat jenis $7,86 \text{ g/cm}^3$ dan mempunyai valensi 2 dan 3. Besi jarang ditemukan dalam keadaan bebas, dan perlu adanya pemisahan campuran lain melalui penguraian kimia untuk mendapatkan suatu unsur besi. Besi digunakan dalam proses produksi besi baja dan bukan hanya unsur besi saja tetapi dalam bentuk alloy (campuran beberapa logam dan bukan logam, terutama karbon) (Parulian, 2009).

Logam besi merupakan suatu logam yang paling reaktif dan paling vital bagi makhluk hidup. Di dalam sistem peredaran darah, dengan kadar tertentu besi berada dalam sel darah merah (*Erythrocyte*) dan bertugas dalam mengikat oksigen (O_2) yang sangat penting bagi proses pembakaran yang terjadi dalam sel – sel tubuh.

2. Zink (Zn)

Warna logam zink ialah putih kebiru – biruan. Zink cukup mudah ditempa dan dilihat pada $110^{\circ}\text{C} - 150^{\circ}\text{C}$. Zink akan melebur pada suhu 410°C dan mendidih pada suhu 906°C . Zink larut 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 akan mempercepat reaksi (Vogel, 1985).

Unsur yang berwarna putih- kebiruan seperti zink akan rapuh pada suhu biasa tetapi pada suhu $100^{\circ}\text{C} - 150^{\circ}\text{C}$, konduktor listrik pada suhu tinggi terbakar disertai asap putih oksidasinya. Sifat lain dari zink ialah unsur elektropositif, mudah bereaksi dengan O_2 tetapi oksida yang terbentuk bersifat melapisi dan menghambat oksidasi selanjutnya beraksi dengan belerang dan unsur logam lainnya (Mulyono, 2006).

Logam seng berperan dalam sintesis dan degradasi kolagen, pembentukan kulit, metabolisme jaringan ikat serta penyembuhan luka. Tidak hanya itu, unsur ini juga berfungsi dalam pengembangan 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. Logam Kromium (Cr)

Logam kromium memiliki nomor atom 24, berat atom 51,996 serta titik cair 1875°C dan titik didih 266°C dan mempunyai massa jenis 7,19 g/ml (Reilly, 1991). Kromium digunakan sebagai bahan dalam pembuatan alat penggosok, pemurnian *acetylene*, pembuatan alizarin, pembuatan *alloy*, pembuatan baterai, pembuatan *blueprint*, pembuatan krayon serta pelapisan logam (IARC, 1990).

Logam Cr dapat masuk ke dalam semua srata lingkungan, baik itu perairan, tanah dan juga udara. Kromium dapat masuk ke dalam lingkungan dapat datang dari berbagai macam sumber. Dalam badan perairan Cr dapat masuk melalui dua cara, yaitu secara ilmiah dan nonalamiah. Masuknya Cr secara alamiah dapat terjadi disebabkan oleh beberapa faktor fisika, seperti erosi (pengikisan) yang terjadi pada batuan mineral. Disamping itu debu – debu dan partikel Cr yang di udara akan dibawa turun oleh hujan. Masuknya Cr yang terjadi secara nonalamiah lebih kedampak atau efek yang berasal dari aktivitas manusia. Sumber – sumber itu dapat berasal dari limbah atau buangan industri sampai buangan rumah tangga (Palar, 1994). Toksisitas unsur Cr terhadap organisme perairan tergantung pada bentuk kromium, bilangan oksidasinya dan pH (Hutagalung, 1991). Akumulasi logam ini dalam tubuh manusia dapat mengakibatkan kerusakan dalam sistem organ tubuh. Kromium merupakan komponen yang bersifat karsinogen bagi manusia. Akumulasi kromium (VI) dalam jumlah 7,5 mg/l pada manusia

menyebabkan toksisitas akut berupa kematian dan apabila akumulasi kromium (VI) pada dosis 0,57 mg/Kg perhari dapat menyebabkan kerusakan pada hati (ATSDR, 2008).

4. Logam Timbal (Pb)

Nama timbal diambil dari bahasa latin yaitu Plumbum. Logam timbal berlambang Pb dan berada pada nomor 82 di tabel periodik. Masuk kedalam golongan IVA dan mempunyai bobot (BA) 207,2. Timbal dapat digunakan sebagai konstituen dalam cat, baterai, dan banyak digunakan dalam bensin. *Tetra Ethyl Lead* atau TEL sengaja ditambahkan kedalam bensin untuk meningkatkan nilai oktan. Sifat – sifat dan kegunaan logam timbal ialah :

- a. Mempunyai titik lebur yang rendah sehingga mudah digunakan dan murah biaya operasinya.
- b. Mudah dibentuk karena logam ini lunak.
- c. Mempunyai sifat kimia yang aktif sehingga dapat digunakan untuk melapisi logam untuk mencegah perkaratan.
- d. Bila dicampur dengan logam lain membentuk logam campuran yang lebih bagus dari logam murninya.
- e. Kepadatannya melebihi logam lain (Darmono, 1995).

Logam timbal bersifat toksik jika terhirup ataupun tertelan oleh manusia dan didalam tubuh akan beredar mengikuti aliran darah, diserap kembali didalam ginjal dan otak, disimpan didalam tulang dan gigi (Cahyadi, 2004).

Gejala dan tanda – tanda klinis jika terpapar logam timbal yang timbul akan berbeda, seperti dibawah ini :

a. Terpapar secara akut

Apabila manusia menghirup timbal yang berada di udara, maka gejala yang terjadi seperti kram perut, kolik dan biasanya diawali dengan sembelit, mual, dan muntah – muntah. Akibat yang lebih dari logam timbal ialah sakit kepala, bingung atau pikiran kacau, sering pingsan dan koma. Pada anak –anak akan terjadi kurangnya nafsu makan, sakit perut dan muntah, bergerak kaku, kelemahan, tidak ingin bermain, peka terhadap rangsangan, sulit berbicara, dan gangguan pertumbuhan otak hingga koma.

b. Terpapar secara kronis

Keracunan Pb secara kronis berjalan lambat, kelelahan, kelesuan dan iritabilitas merupakan tanda awal intoksikasi Pb secara kronis.

Paparan dengan dosis rendah sudah menimbulkan efek yang merugikan pada perkembangan dan fungsi dari sistem syaraf pusat, gejala lainnya adalah kehilangan libido, gangguan menstruasi, serta aborsi spontan pada wanita.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah ataupun mengurangi Pb, ialah dengan menghindar penggunaan peralatan – peralatan dapur atau tempat makanan atau minuman yang diduga mengandung Pb misalnya keramik, wadah yang dipatri atau mengandung cat dan lainnya (Cahyadi, 2004).

5. Logam Perak (Ag)

Logam perak memiliki warna putih yang terang. Perak lebih mudah dibentuk dan lebih keras dibanding emas dan sangat lunak. Perak murni memiliki konduktivitas kalor dan listrik yang sangat tinggi diantara semua logam dan memiliki resistensi kontak yang sangat kecil. Logam perak mempunyai tingkat oksidasi +1 dan ion Ag^+ yang merupakan satu – satunya ion perak yang stabil dalam larutan air (Sugiarto, 2003).

Logam perak jika terakumulasi di dalam tubuh maka akan mengakibatkan pigmentasi kelabu yang disebut Argyria. Pigmentasi ini bersifat permanen sebab menyebabkan tubuh tidak dapat mengeksresikannya. Sebagai debu, senyawa Ag dapat menimbulkan iritasi kulit, dan menghitamkan kulit (Argyria). Apabila terikat pada nitrat, perak akan menjadi korosif. Argyriasistemik juga dapat terjadi dikarenakan perak diakumulasi di dalam selaput lendir dan kulit dan menyebabkan kulit akan berwarna biru abu – abu, rusaknya membran mucous dan mata (Yulianto, 2006).

6. Logam Kobalt (Co)

Logam kobalt terdapat pada golongan VIII B dan termasuk logam transisi. Logam kobalt memiliki bilangan oksidasi +2 dan +3 mudah larut ke dalam asam – asam mineral encer, tetapi pada bilangan oksidasi +2 logam kobalt didapatkan relatif secara stabil (Cotton dan Wilkinson, 1988).

Logam kobalt termasuk kedalam unsur renik yang dibutuhkan dalam pertumbuhan dan reproduksi pada tumbuhan dan hewan. Kobalt dibutuhkan oleh enzim sebagai koenzim yang memiliki fungsi sebagai pengikat molekul substrat (Effendi, 2003). Namun, ion logam ini dapat menggantikan ion logam tertentu yang berfungsi sebagai kofaktor dari suatu enzim, hal tersebut dapat mengakibatkan turunya fungsi enzim tersebut bagi tubuh (Darmono, 2011).

7. Nikel (Ni)

Logam nikel memiliki nomor atom 28 dan massa atom 58,69 di dalam sistem periodik unsur dan terletak pada periode 4 dan masuk ke dalam golongan VIII B. Nikel merupakan logam perak putih yang memiliki sifat liat, dapat ditempa dan sangat kokoh. Logam nikel dapat melebur pada suhu 1455°C (Svehla, 1999).

Paparan akut nikel dalam dosis yang tinggi melalui inhalasi bisa mengakibatkan kerusakan berat pada paru – paru dan ginjal serta gangguan gastroinstertinal berupa mual, muntah, dan diare. Paparan kronis nikel secara inhalis bisa mengakibatkan gangguan pada alat pernafasan, berupa asma, penurunan fungsi paru – paru, dan bronkitis. Tidak hanya itu, paparan nikel lewat nikel akan menimbulkan eksema (kulit kemerahan, gatal) pada jari – jari, tangan, pergelangan tangan dan lengan (Mukono, 2009).

8. Logam kadmium (Cd)

Logam kadmium memiliki bilangan oksidasi +2 dan masuk kedalam golongan IIB, ion dalam larutan tidak berwarna dan senyawa tidak berwarna mencolok jika berbentuk padatan (Petrucci, 1987).

Kadmium memiliki nomor atom 48, massa atom 112,4 dan kerapatan 8,64 g/cm³. logam ini mempunyai titik cair sebesar 320,9°C dan titik didih 767°C (Stoepplles, 1992). Keberadaan ion Cd²⁺ di dalam air tergantung kadar garam dan keasaman (pH). Air dengan kadar garam dan alkalinitas tinggi dapat mempercepat spesiasi ion Cd²⁺ yaitu dengan membentuk pasangan ionnya (Merganof, 2003).

Logam kadmium digunakan dalam pembuatan Ni-Cd, pigmen Cd (membuat warna lebih cerah pada gelas, keramik, plastik dan cat halus), stabilisator Cd untuk mencegah radiasi dan oksidasi, pelapis baja dan aluminium, pematri, industri matarlugi, sebagai campuran Zn, dan bahan campuran semen, bahan bakar fosil serta pupuk fosfat (Darmono, 1995).

Logam kadmium dapat masuk ke dalam air dengan beberapa cara yaitu dekomposisi atmosfer yang berasal dari kegiatan industri, erosi tanah dan batuan, air hujan, kebocoran tanah pada tempat – tempat tertentu dan juga penggunaan pupuk di lahan pertanian (Merganof, 2003).

Salah satu contoh dampak yang terjadi apabila keracunan logam kadmium ialah dapat menyebabkan penyakit tulang yang dikenal sebagai “*Itai itai*

Kyo". Keracunan logam kadmium dalam jangka waktu yang lama dapat membahayakan kesehatan paru – paru, tulang, hati, ginjal, kelenjar reproduksi, berefek pada otak dan menyebabkan tekanan darah tinggi. Logam kadmium juga memiliki sifat neurotoksin yaitu dapat menimbulkan kerusakan pada indera penciuman (Petrucci, 1987).

9. Logam Mangan (Mg)

Mangan merupakan logam yang memiliki warna abu – abu putih. Mangan adalah unsur reaktif yang mudah menggabungkan dengan ion dalam air dan udara. Mangan dapat ditemukn dalam sejumlah mineral kimia yang berbeda dengan sifat fisiknya, tetapi tidak pernah ditemukan sebagai logam bebas di alam. Mineral yang paling penting adalah pyrolusite, karena merupakan mineral bijih utama untuk mangan (Andik, 2014).

Mangan merupakan salah satu dari tiga elemen penting namun beracun, yang berarti bahwa unsur ini diperlukan bagi manusia untuk bertahan hidup, tetapi juga beracun ketika konsentrasi terlalu tinggi hadir dalam tubuh manusia. Gejala yang terjadi bila keracunan mangan ialah halusinasi, mudah lupa, dan kerusakan saraf, mangan juga dapat menyebabkan parkinson, emboli paru, dan bronkitis. Pria yang terpapar mangan dalam jangka waktu yang lama berpotensi menjadi impoten. Namun kekurangan asupan mangan juga bisa memicu berbagai masalah kesehatan.

F. Dampak Negatif Logam berat pada Kesehatan Manusia

Logam berat jika masuk kedalam tubuh manusia dapat melalui rantai makanan pendek dan rantai makanan panjang. Didalam tubuh manusia logam berat akan mengalami proses menjadi ion – ion di dalam usus dan selanjutnya akan masuk ke dalam darah untuk menuju ke organ target, sesuai dengan jenis logam berat. Target logam berat pada organ manusia umumnya ialah hati, ginjal, otak dan sumsum tulang (Sutamihardja,2006 dan Alfian, 2006).

Tingkat keracunan logam berat pada tubuh manusia terdiri atas :

a. Keracunan akut

Keracunan akut terjadi akibat pajanan dalam waktu singkat pada konsentrasi logam berat yang tinggi. Contohnya pada pajanan langsung logam berat dalam konsentrasi tinggi dapat mengakibatkan kerusakan paru – paru, reaksi pada kulit dan gejala penyakit gastroinsetinal.

b. Keracunan kronik

Keracunan kronik dapat terjadi dikarenakan pajanan yang terjadi dalam waktu yang lama, meskipun dengan konsentrasi kecil yang kemudian akan terakumulasi. Penyakit Minamata adalah keracunan merkuri yang bersifat kronik yang terjadi akibat pajanan dalam waktu yang cukup lama, yaitu sekitar 25 tahun baru tampak gejala penyakit yang ditimbulkan.

G. Cagar Alam

Cagar alam merupakan kawasan suaka laam yang karena keadaan alamnya mempunyai kekhasan atau keunikan jenis tumbuhan dan/tau keanekaragaman

tumbuhan beserta gejala alam dan ekosistemnya yang memerlukan upaya perlindungan dan pelestarian agar keberadaan dan perkembangannya secara alami (BKSDA, 2015).

Cagar alam mempunyai manfaat sebagai berikut :

1. Keamanan dan keutuhan kawasan dapat terjaga sehingga proses ekologi berlangsung secara alami.
2. Sebagai wahana pembangunan ilmu pengetahuan dan teknologi.
3. Pendidikan meningkatkan kesajahteraan masyarakat melalui budidaya di Kawasan penyangga.
4. Penyelamatan jenis tumbuhan yang dilindungi.
5. Pengembangan program kemitraan di daerah penyangga.

H. Cagar Alam dan Cagar Alam Laut Krakatau

Cagar Alam dan Cagar Alam Laut Krakatau merupakan cagar alam tertua yang berada di Provinsi Lampung. Sejak tanggal 11 Juli 1919 kawasan Krakatau ditunjuk oleh pemerintah Belanda sebagai Cagar Alam dengan nomor 83.Stbl.392 yang termasuk wilayah perairannya dengan luasan 2.405,10 hektar. Pada tahun 1927 muncul gunung anak Krakatau yang berada di salah satu pulau yang berada di kawasan gunung anak Krakatau, yang kini dinamakan dengan Pulau Anak Krakatau. Gunung anak Krakatau tersebut aktif dan bertambah tinggi seiring bertambahnya waktu.

Pada tahun 1981, kepulauan Krakatau dimasukkan kedalam kawasan konservasi dengan Semenanjung Ujung Kulon, yaitu Taman Nasional Ujung Kulon. Kawasan ini dikelola oleh Balai Taman Nasional yang berada di

Labuan Kabupaten Pandeglang Provinsi Jawa Barat.

Pada tahun 1990 Cagar Alam Kepulauan Krakatau direvisi dan ditetapkan oleh Menteri Kehutanan RI sebagai Cagar Alam (CA) dan Cagar Laut (CL) Kepulauan Krakatau dengan luas 11.200 hektar. Kemudian pada tanggal 3 Mei 1990, pengelolaan CA dan CL Kepulauan Krakatau dilakukan oleh Balai Konservasi Sumber Daya Alam Lampung (BKSDA,2015).

I. Alga

Alga atau ganggang laut merupakan tumbuhan laut yang secara morfologi masuk kedalam golongan thallophyta. Hal tersebut dikarenakan alga belum memiliki perbedaan susunan antara akar, batang dan daun (Marina, 2011).

Habitat alga berada pada daerah perairan, baik air tawar maupun air laut.

Jenis – jenis yang termasuk ke dalam anak divisi alga ialah fitoplankton yang bergerak aktif di dalam air dan juga ada yang melekat pada sesuatu misalnya kayu atau batu yang disebut bentos.

Alga yang dapat bergerak aktif biasanya memiliki alat gerak yang disebut flagel. Flagel tersebut dapat berjumlah satu atau lebih. Bila jumlah flagel yang dimiliki lebih dari satu dan sama panjangnya maka disebut isokon dan bila panjangnya tidak sama maka disebut heterokon (Gembong,2005).



Gambar 1. Makroalga *Padina australis* (www.algaebase.com)

Alga merupakan tumbuhan autotrof yang menggunakan CO_2 atau bikarbonat untuk memperoleh senyawa anorganik P dan juga unsur nitrogen dari senyawa NH_3 atau nitrat. Tidak hanya itu diperlukanya juga nutrisi seperti magnesium, boron, cobalt dan juga magnesium. Energi untuk melakukan fotosintesis didapatkan dari sinar matahari.

Alga dapat dibedakan menjadi 7 kelas yaitu falgellata, diatomeae, Chloropyceae, Conjugatae, Chrophyceae, Phaeophyceae, dan Rhodophyceae. Berdasarkan perbedaan ukurannya alga dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu makroalga dan mikroalga.

J. Makroalga

Makroalga adalah salah satu jenis alga yang memiliki ukuran yang besar. Ukurannya bisa terdiri dari hanya beberapa centimeter saja dan hingga bermeter – meter. Sebagian besar dari makroalga hidup di perairan laut dan memerlukan substrat sebagai tempat menempel atau hidup. Makroalga

tersebut berepifit pada benda – benda seperti batu, tanah berpasir dan juga dapat epifit pada tumbuhan lain maupun makoalga jenis lainnya (Pipit, 2013).

Makroalga atau *seaweeds* merupakan salah satu bagian dari biota laut yang dapat diproduksi secara global lebih dari sepuluh kali lipat dari jenis mikroalga (Bruton dkk,2009). Berbeda dengan mikroalga, makroalga mempunyai kandungan karbohidrat yang lebih tinggi dan jumlah protein serta lipid yang lebih rendah. Karbohidrat pada makroalga dapat mencapai 80% sedangkan protein hanya 20% dan lipid 15% (Julie,2012).

Menurut Dewes (1981), menyatakan bahwa makroalga dapat dibagi menjadi tiga kelompok berdasarkan pigmen yang dimilikinya, yaitu alga merah, alga coklat, dan alga hijau

1. Alga hijau (Cholorophyceae)

Alga hijau merupakan makroalga yang memiliki klorofil-a dan serta karotenoid. Pada makroalga hasil asimilasi yang dihasilkan berupa tepung dan lemak (Gembong, 2012). Di perairan indonesia alga hijau terdapat sekitar 12 marga dengan 14 jenis telah dimanfaatkan sebagai bahan konsumsi dan obat. Rumput laut hijau ini hidup dengan melakar pada substrat seperti batu, batu karang mati, cangkang moluska, dan juga dapat tumbuh di atas pasir.

Alga hijau terbagi menjadi dua kelompok utama yaitu chlorophyta dan charophyta (Campbell, 2012). Perkembangbiakan alga hijau dapat dilakukan secara aseksual dan seksual. Pada perkembangbiakan secara aseksual, zoospora dibentuk dengan memiliki empat bulu getar dengan dua vakuola kontraktil serta kloroplas di bagian bawah berbentuk piala. Sedangkan pada perkembangbiakan secara seksual terlebih dahulu dibentuk sel kelamin yang disebut gamet. Sel tersebut kemudian bersatu setelah terlepas ke dalam air yang kemudian melakukan pembelahan sel dan berkembang menjadi makroalga.

Alga hijau terdiri atas sel – sel kecil yang merupakan koloni berbentuk benang dan bercabang – cabang atau tidak ada pula yang membentuk koloni yang menyerupai kormus tumbuhan tingkat tinggi (Tjitrosoepomo, 1998). Menurut Sulisetijono (2000), alga hijau selnya biasanya berdinding dan beberapa badan – badan untuk berkembang biak tidak berdinding komponen penyusun dinding sel adalah selulosa.

Amilum dari alga hijau seperti pada tumbuhan tingkat tinggi, tersusun sebagai rantai glukosa tak bercabang yaitu amilose dan rantai yang bercabang amilopektin. Terkadang amilum tersebut berbentuk di dalam granula bersama badan protein dalam plastida disebut perinoid (Sulisetijono, 2009).

2. Alga coklat (*Phaeophyceae*)

Alga coklat merupakan alga yang berwarna pirang. Terkadang klorofil a, karotin, dan santofil pada kromatoforanya, terutama fikosianin yang menutupi warna lainnya sehingga ganggang coklat terlihat berwarna pirang. Hasil asimilasinya tidak ditemukan dalam zat tepung, akan tetapi sampai 50% dari berat keringnya terdiri dari lamiarin, sejenis karbohidrat yang menyerupai dekstrin dan lebih dekat dengan selulosa daripada dengan tepung. Bagian dalam dari selnya terdiri atas selulosa, dan bagian luarnya dari pektin yang terdapat algin, yaitu suatu zat yang menyerupai gelatin (Tjitrosoepomo, 1998).

Menurut Sulisetijono (2009), Ganggang coklat memiliki tingkat morfologi dan anatomi diferensiasi yang lebih tinggi dibandingkan keseleruhan alga. Tidak terdapat bentuk yang berupa sel tunggal atau koloni. Susunan tubuh yang paling sederhana adalah filamen heterotrikus. Terdapat diferensiasi eksternal yang dapat dibandingkan dengan tumbuhan berpembuluh. Thalus dari alga ini mempunyai alat pelekat menyerupai akar, dan dari alat pelekat ini tumbuh bagian yang tegak dengan bentuk sederhana.

Sebagian besar hidup ganggang coklat melekat pada substrat dengan perantaraan alat pelekat. *Phaeophyceae* dapat hidup subur di laut yang berada di iklim dingin, dan dapat hidup di perairan dangkal. Warna yang terdapat pada alga coklat ini mencerminkan melimpahnya xantofil, yaitu

suatu fikoxantin di dalam plastid. Cadangan makanan yang terdapat pada alga coklat berupa laminarin dan mannitol (Sulisetijono, 2009).

Sebagian besar Phaeophyta hidup dalam air laut, dan hanya beberapa jenis saja yang hidup di air tawar. Di laut dan samudera di daerah iklim sedang dan dingin, thallusnya dapat mencapai ukuran yang sangat besar dan bentuknya berbeda. Melekat pada batuan, kayu serta sebagai epifit pada thallus lainnya dan ada juga yang endofit (Tjitrosoepomo, 1998).

Warna kuning yang dihasilkan alga coklat adalah pigmen fikoxantin (xanthos “coklat”). Pigmen tersebut berada didalam plastid. Memiliki dinding sel lapisan luar dan bahkan pektin (terutama alginat) sedangkan lapisan dalam dari bahan selulosa. Beberapa jenis dari alga coklat terdapat kantong udara dan pembiakannya secara seksual atau aseksual. Contohnya : *Ectocarpus*, *Dictyota*, *Padina*, *Kelpa*, *Laminaria*, *Nereocystis*, *Alaria*, dan *Agarum* (Bachtiar, 2007).

3. Alga Merah (Rhodophyceae)

Alga merah mempunyai satu kelas yaitu Rhodophyceae dan mempunyai anak kelas Bangiophycidae dan Florideophycidae. Alga merah sebagian besar hidup di laut, terutama dalam lapisan – lapisan air yang dalam, yang hanya dapat mencapai oleh cahaya gelombang pendek. Hidup sebagai bentos, yang melekat pada suatu substrat dengan benang – benang pelekat atau cakram pelekat. Sebagian jenis lainnya hidup di air

tawar, dan terdapat juga yang hidup di atas tanah atau di dalam tanah (hanya bentuk yang uniseluler). Dapat hidup berepifit pada alga lainnya, dan juga pada hewan laut (epozonik) (Sulisetijono, 2000).

Rhodophyta memiliki warna yang merah sampai ungu, dan terkadang juga lembayung atau pirang kemerahan. Kromatofora berbentuk cakram atau suatu lembaran, yang mengandung klorofil a dan karatenoid, akan tetapi warna tersebut tertutupi oleh zat warna merah yang menandakan fluoresensi, yaitu fikoeritrin (Tjitrosoepomo, 1998).

Komponen dinding sel alga merah terdiri dari fibriler dan terdiri dari manan dan xylan serta komponen non fibriler. Komponen non fibriler ini yang menarik karena mengandung bahan tabilizer, untuk membentuk sel seperti kerajinan dan agar (Sulisetijono, 2000).

Dinding sel terdiri dari dua komponen yaitu komponen fibriler akan membentuk rangka dinding dan komponen non fibriler berbentuk matrik. Tipe umum dari komponen fibriler ini mengandung selulosa, dan non fibriler terdiri dari galaktan semacam agar, dan kerajinan popiran (Sulisetijono, 2009).

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

1. Pengertian

ICP adalah suatu alat canggih untuk menentukan kadar logam berbagai matriks dalam sampel yang berbeda. ICP dikembangkan untuk spektrometri emisi optik. Instrumen ICP-OES yang tersedia secara komersial pertama kali diperkenalkan pada tahun 1974.

2. Prinsip Kerja

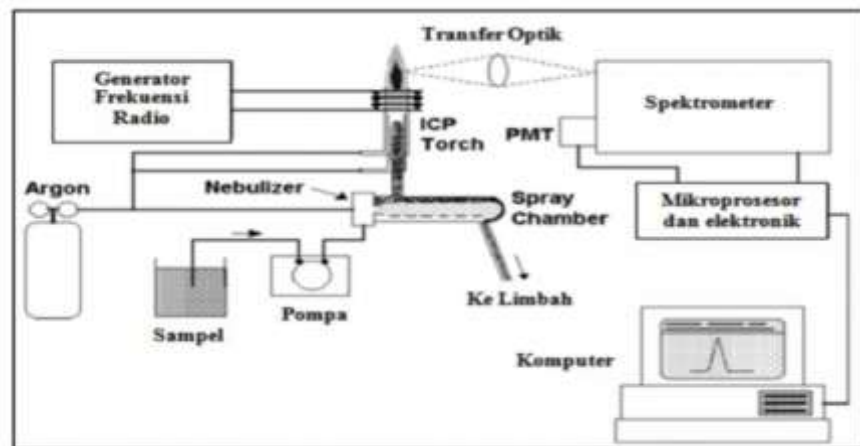
ICP-OES bekerja berdasarkan pada emisi spontan foton dari atom dan ion yang telah tereksitasi dalam *radio frequency (RF) discharge*. Sampel yang berbentuk gas dan air dapat diinjeksi langsung ke instrumen, sedangkan sampel padat memerlukan ekstraksi atau digesti asam sehingga analit akan didapatkan dalam bentuk larutan. Larutan sampel akan 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. Atom akan diubah menjadi ion dan selanjutnya mempromosikan ion ke keadaan tereksitasi apabila terdapat energi yang cukup. Melalui emisi foton, kedua jenis keadaan tereksitasi dari atom dan ion kemudian dapat kembali ke keadaan dasar. Foton ini memiliki energi khas yang ditentukan oleh struktur tingkat energi terkuantisasi untuk

atom dan ion. Karena hal itu, panjang gelombang dari foton dapat digunakan untuk mengidentifikasi unsur – unsur asalnya. Dalam sampel, jumlah foton berbanding lurus dengan konsentrasi unsur dalam sampel (Hou dan Jones, 2000).

Pada 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). Apabila 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 dibagikan 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*. Melalui proses *inductive coupling*, ICP

discharge tersebut kemudian dipertahankan dalam *torch* dan *load coil* selama energi RF masih terus ditransfer (Boss dan Fredeen, 1997).

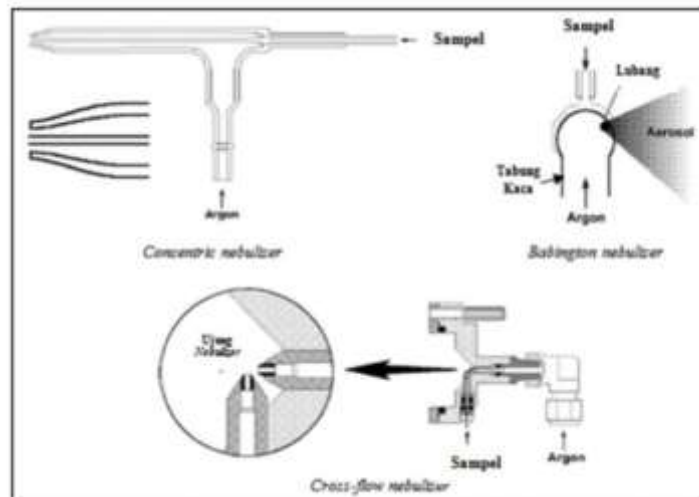
3. Instrumenatasi



Gambar 2. Cara Instrumensi
Sumber : (Boss dan Fredeen, 2000)

a. Nebulizer

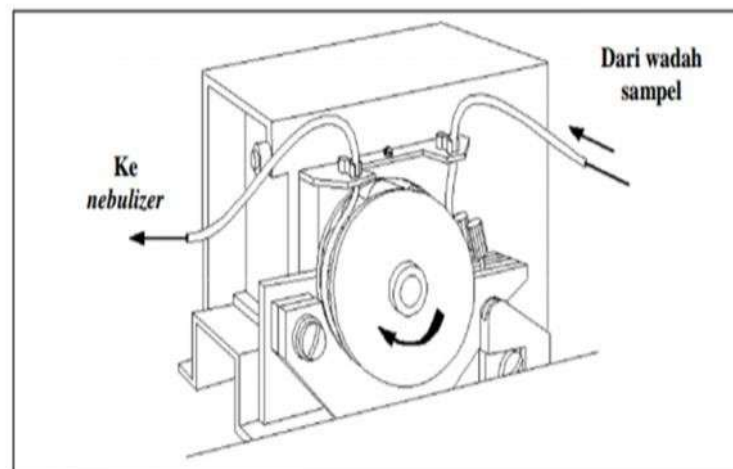
Nebulizer adalah alat yang mengubah cairan menjadi aerosol yang dapat dibawa ke plasma. Hanya dua gaya yang dapat berhasil digunakan dengan ICP, meskipun banyak gaya yang dapat digunakan untuk memecah cairan menjadi aerosol. Gaya tersebut ialah gaya pneumatik dan gaya mekanik ultrasonik. Gaya yang paling banyak pada nebulizer ICP ialah jenis pneumatik. Untuk membuat aerosol *nebulizer* menggunakan aliran gas berkecepatan tinggi (Boss dan Fredeen, 1997).



Gambar 3. Contoh *Nebulizer* yang digunakan untuk ICP-OES
 Sumber : (Boss dan Fredeen, 1997).

b. Pompa

Dalam mendorong larutan sampel melalui sampel, pompa memanfaatkan serangkaian rol menggunakan gerakan peristaltik. Pompa tersebut tidak kontak dengan larutan, larutan hanya kontak langsung dengan selang yang membawa larutan bejana ke *nebuliser* (Boss dan Fredeen, 1997).



Gambar 4. Pompa peristaltik yang digunakan untuk ICP-OES
 Sumber : (Boss dan Fredeen, 1997).

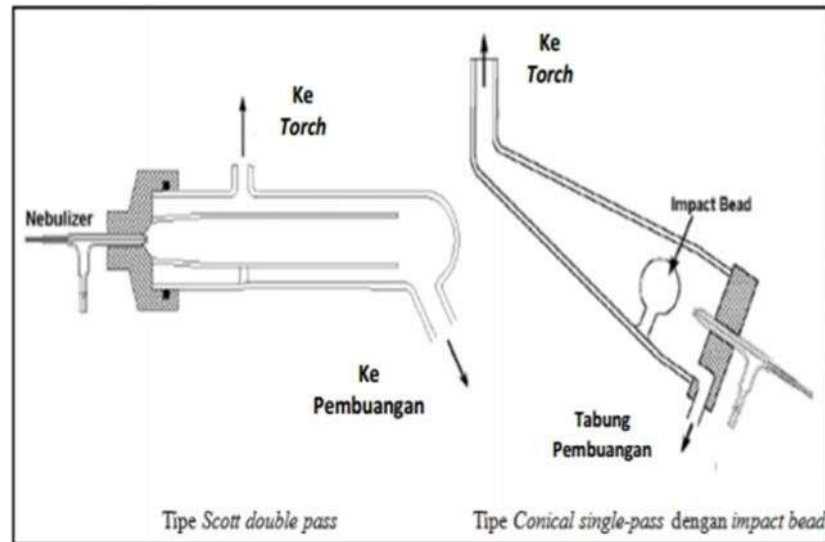
c. *Spray Chamber*

Spray Chamber ditempatkan *nebulizer* dan *torch*. Fungsi utamanya ialah menghilangkan tetesan besar dari aerosol. Fungsi kedua dari *Spray Chamber* adalah untuk melancarkan *pulse* yang terjadi selama nebulisasi yang sering disebabkan oleh pemompaan larutan. *Spray Chamber* dirancang untuk memungkinkan tetesan diameter sekitar 10 mm atau lebih kecil lolos ke plasma (Boss dan Fredeen, 1997).

Beberapa alternatif untuk *nebulizer* dan *spray chambers* telah digunakan sebagai sistem penghantar sampel untuk ICP-OES. Hydride generation merupakan teknik yang paling banyak digunakan. Teknik ini, mencampur sampel dalam asam encer dengan zat pereduksi, biasanya larutan natrium borohidrida dalam natrium hidroksida encer. Reaksi natrium borohidrida dengan asam menghasilkan atom hidrogen. Atom hidrogen kemudian bereaksi dengan Hg, Sb, As, Bi, Ge, Pb, Se, Te dan Sn dalam larutan untuk membentuk hibrida stabil dari unsur – unsur tersebut. Senyawa gas tersebut lalu dipisahkan dari sisa campuran reaksi dan selanjutnya dibawa ke plasma (Boss dan Fredeen, 1997).

Perbaikan dalam batas deteksi dengan faktor hingga 1000 untuk unsur – unsur yang terancam di atas telah dicapai dengan menggunakan generasi hibrida. Alasan kemajuan besar dalam sensitivitas untuk unsur ini adalah tingkat dibandingkan *nebulizer* pneumatik, dan efisien dengan hibrida yang mudah

menguap yang dihantarkan ke plasma mendekati 100% dibandingkan dengan efisien 1 – 5 % bila menggunakan *nebulizer* pneumatik dan *spray chamber* (Boss dan Fredee, 1997).



Gambar 5. *Spray Chamber* yang digunakan untuk ICP-OES
Sumber : (Boss dan Fredeen, 1997).

d. *Torch*

Torch terdiri atas tiga tabung konsentri untuk aliran argon dan injeksi aerosol. Jarak antara dua tabung luar dipertahankan sempit sehingga gas yang dihantarkan diantaranya mengalir dengan kecepatan tinggi. Salah satu fungsi dari gas ini adalah untuk menjaga dinding kuarsa torch dingin. Aliran gas luar biasanya sekitar 1-15 L/menit untuk ICP argon. Gas diantarkan langsung di bawah toroid plasma oleh ruang antar aliran luar dan aliran dalam. Dalam operasi normal *torch*, aliran ini sebelumnya disebut aliran tambahan tapi sekarang disebut aliran gas menengah, sekitar 1,0 L/menit. Ketika sampel organik sedang dianalisis, aliran menengah biasanya digunakan untuk

mengurangi pembentukan karbon pada ujung tabung injektor.

Namun, hal tersebut juga dapat meningkatnya kinerja dengan sampel air. Aliran gas yang membawa aerosol sampel diinjeksikan ke plasma melalui tabung atau injektor pusat. Karena diameter diujung injektor kecil, kecepatan argon 1 L/menit yang digunakan untuk nebulisasi dapat membentuk lubang melalui plasma (Boss dan Fredeen, 1997).

4. Analisis kualitatif dan Kuantitatif dengan ICP-OES

Untuk memperoleh informasi kuantitatif, yaitu seberapa banyak suatu unsur terdapat dalam sampel, dapat dicapai dengan menggunakan plot intensitas emisi terhadap konsentrasi yang disebut kurva kalibrasi. Larutan standar atau larutan yang konsentrasi analitnya diketahui dimasukkan kedalam ICP dan intensitas emisi khas untuk semua unsur, atau analit, diukur. Kemudian dapat diplot dengan konsentrasi standar untuk membentuk kurva kalibrasi bagi semua unsur. Saat intensitas emisi dari analit diukur, intensitas diperiksa terhadap kurva kalibrasi unsur tersebut untuk menentukan konsentrasi sesuai dengan intensitasnya (Boss dan Fredee, 1997).

Untuk mendapatkan informasi kualitatif, yaitu unsur apa yang terdapat dalam sampel, melibatkan identifikasi adanya emisi pada panjang gelombang khas dari unsur yang dituju. Ada tiga garis spektrum dari unsur yang diperiksa untuk memastikan bahwa emisi yang diamati memang benar merupakan milik unsur yang dituju. Adanya suatu ketidakpastian tentang adanya unsur dalam plasma merupakan suatu

gangguang garis spektral dari unsur lain yang mungkin terjadi. Akan tetapi, dari sejumlah besar garis emisi yang tersedia untuk sebagian besar unsur membolehkan salah satu garis emisi yang dapat mengatasi gangguan tersebut dengan cara memilih diantara beberapa garis emisi yang berbeda untuk unsur yang dituju (Boss dan Fredeen, 1997).

5. Kelebihan dan Kekurangan

Kelebihan yang dimiliki ICP-OES ialah memiliki suhu atomisasi yang lebih tinggi, lingkungan yang lebih inert, serta kemampuan alami untuk penentuan hingga 70 element secara bersamaan. Hal tersebut membuat ICP lebih tahan terhadap gangguan matriks, dan lebih mampu mengoreksinya ketika terjadi gangguan matriks. ICP-OES menyediakan batas deteksi serendah, atau lebih rendah dari pesaing terbaiknya, GFAAS. Tidak hanya itu, ICP tidak menggunakan elektroda, sehingga tidak terjadi kontaminasi dari pengotor yang berasal dari bahan elektroda. ICP juga relatif lebih mudah dalam perakitannya dan murah dibandingkan dengan beberapa sumber lain, seperti LIP (*Laser-Inducted Plasma*).

Berikut merupakan beberapa sifat yang menguntungkan dari ICP (Hou dan Bradley, 2000).

- a. Suhu tinggi (7000-80000)
- b. Kerapatan elektron tinggi (10^{14} - 10^{16} cm³)
- c. Derajat ionisasi yang cukup besar untuk banyak unsur

- d. Kemampuan analisa multiunsur secara bersamaan (lebih dari 70 unsur termasuk P dan S).
- e. Emisibackground(latar belakang) rendah, dan gangguan kimia yang relatif rendah.
- f. Stabilitas tinggi menyebabkan akurasi dan presisi yang sangat baik.
- g. Batas deteksi yang sangat baik untuk sebagian unsur (0,1-100 ng/m L).
- h. Linear dynamic range (LDR) yang lebar (4-6 kali lipat).
- i. Dapat diterapkan untuk unsur-unsur refraktori.
- j. Analisis dengan biaya efektif

Tabel 2. Kelebihan dan Kekurangan teknik – teknik analisis unsur

Teknik	Kelebihan	Kekurangan
AAS (Automatic Absorption Spectrometry)	Batas deteksi rendah	Beberapa unsur, membutuhkan waktu lama, efek matriks
NAA (Neutron Activation Analysis)	Batas deteksi rendah	Beberapa unsur, membutuhkan reaktor
SSMS (Spark Source Mass Spectrometry)	Batas deteksi rendah, unsur banyak	Kuantifikasi sulit, sesitif permukaan
WDXRF (Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence)	Banyak unsur, sampel padat dan cair	Batas deteksi terlalu tinggi
ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)	Batas deteksi rendah, banyak unsur, analisis isotop	Efek matriks
ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission)	Batas deteksi rendah, banyak unsur, inferensi spektral terbatas, stabilitas baik, efek matriks rendah	Hanya sampel cair

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan April 2017 sampai Februari 2018, di Perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau. Pengambilan sampel dilakukan di beberapa titik yaitu Pulau Gunung Anak Krakatau, Pulau Rakata dan Pulau Panjang (Gambar 6).



Gambar 6. Lokasi pengambilan sampel makroalga di Perairan Cagar Alam Laut Krakatau.

Tabel 3. Koordinat titik pengambilan sampel di CAL Krakatau

Titik	Lokasi Sampel	Koordinat	
		Lintang Selatan	Bujur Timur
Titik 1	Pulau Rakat	6° 8'39.80"	105°25'31.04"
Titik 2	Pulau Rakata	6° 8'47.40"	105°27'45.20"
Titik 3	Pulau Panjang	6° 4'56.60"	105°27'21.40"

Identifikasi sampel dilakukan di Laboratorium Biomolekuler Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengentahuan Alam, Universitas Lampung. Preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam, Universitas Lampung, Analisis sampel di lakukan di Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi, Universitas Lampung.

B. Bahan dan Alat

1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian

Nama Bahan	Kegunaan
Formalin	Sebagai pengawet sampel
Batu es	Sebagai pengawet dan menjaga suhu sampel
Aquadest	Sebagai pelarut
Aquabidest	Sebagai pelarut
Asam Nitrat 76%	Sebagai pelarut saat destruksi

2. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5. Alat – alat yang digunakan selama penelitian

Nama Alat	Kegunaan
Plastick zeeper	Sebagai wadah sampel
Pipet tetes	Untuk mengambil pelarut
Botol film	Sebagai wadah sampel
Kertas saring	Untuk menyaring sampel
Ice box	Sebagai wadah sampel dan menjaga suhu sampel
Tabung reaksi	Sebagai wadah sampel
Thermometer	Untuk mengukur suhu
DO Meter	Mengukur O ₂ terlarut
Refractometer	Mengukur salinitas
pH meter	Mengukur pH
GPS	Menentukan titik koordinat pengambilan sampel
Destruktor Behr DSR 300	Sebagai alat destruksi
Alat ICP-OES	Sebagai alat analisa sampel

C. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif-eksplorasi berupa pengambilan secara acak sampel makroalga yang berasal dari tiga lokasi berbeda di Perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakaratau, Kecamatan Rajabasa Kabupaten Lampung Selatan Provinsi Lampung. Selanjutnya dilakukan tahap destruksi untuk membuat sampel tersebut menjadi larut dan analisis sampel logam berat menggunakan metode ICP-OES

D. Pelaksanaan

1. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan secara acak terpilih di tiga lokasi yang berada pada daerah Perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau.

Dalam pengambilan sampel dilakukan dengan tahap sebagai berikut:

- 1). Menentukan titik koordinat lokasi pengambilan sampel.
- 2). Mencari adanya makroalga dengan cara snorkling kurang lebih 5 sampai 10 meter dari bibir pantai.
- 3). Mengambil makroalga secara langsung kemudian dimasukkan kedalam plastik zeeper.
- 4). Meneteskan sampel makroalga dengan formalin 5%.
- 5) Meletakkan sampel pada ice box.

2. Destruksi Sampel

Tahap Destruksi ini dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, tahap ini bertujuan untuk membuat sampel hancur untuk lebih memudahkan dalam tahap analisa. Tahap destruksi sampel makroalga adalah sebagai berikut:

- 1). Sampel makroalga dicuci dan dibilas menggunakan aquadest dan aquabidest.
- 2). Sampel makroalga ditimbang sebanyak 2 gram menggunakan neraca analitik.

- 3). Sampel makroalga dimasukan kedalam tabung destruksi dan ditetaskan asam nitrat 76% sebanyak 5ml.
- 4). Sampel didestruksi dengan menggunakan alat destruktur Behr 300 selama satu jam dengan suhu 100°C.

3. Tahap Analisis

Pada tahap ini sampel makroalga dianalisis menggunakan ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry) (Varian 715-ES) di Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi, Universitas Lampung.

E. Paramater Penelitian

Parameter yang diukur dalam penelitian ini yaitu kadar logam berat Timbal (Pb), Kromium (Cr), Kadmium (Cd), Besi (Fe), Kobalt (Co), Zink (Zn), Perak (Ag), Nikel (Ni), dan Mangan (Mn) pada sampel makroalga di perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau.

F. Analisis Data

Data yang diperoleh kadar logam berat Timbal (Pb), Kromium (Cr), Kadmium (Cd), Besi (Fe), Kobalt (Co), Zink (Zn), Perak (Ag), Nikel (Ni), dan Mangan (Mn) secara deskriptif yang bertujuan untuk mengetahui keadaan dari objek penelitian serta mendapatkan informasi berdasarkan gambaran obyek penelitian (Nazri,1999).

G. Pengukuran Fisik dan Kimia keadaan Perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau

Pada penelitian ini dilakukan juga pengukuran mengenai faktor – faktor perairan berupa parameter fisika dan kimia yang meliputi :

1. Pengukuran Temperatur

Pengukuran temperatur menggunakan termometer air raksa dengan mencelupkan termometer tersebut kedalam air laut selama satu menit. Setelah itu dilihat besar temperatur tersebut dengan melihat skala pada termometer.

2. Pengukuran pH

Pengukuran pH air menggunakan pH meter dengan cara mencelupkan pH stick pada air laut. Setelah itu dilihat besarnya kandungan pH pada pH stick tersebut.

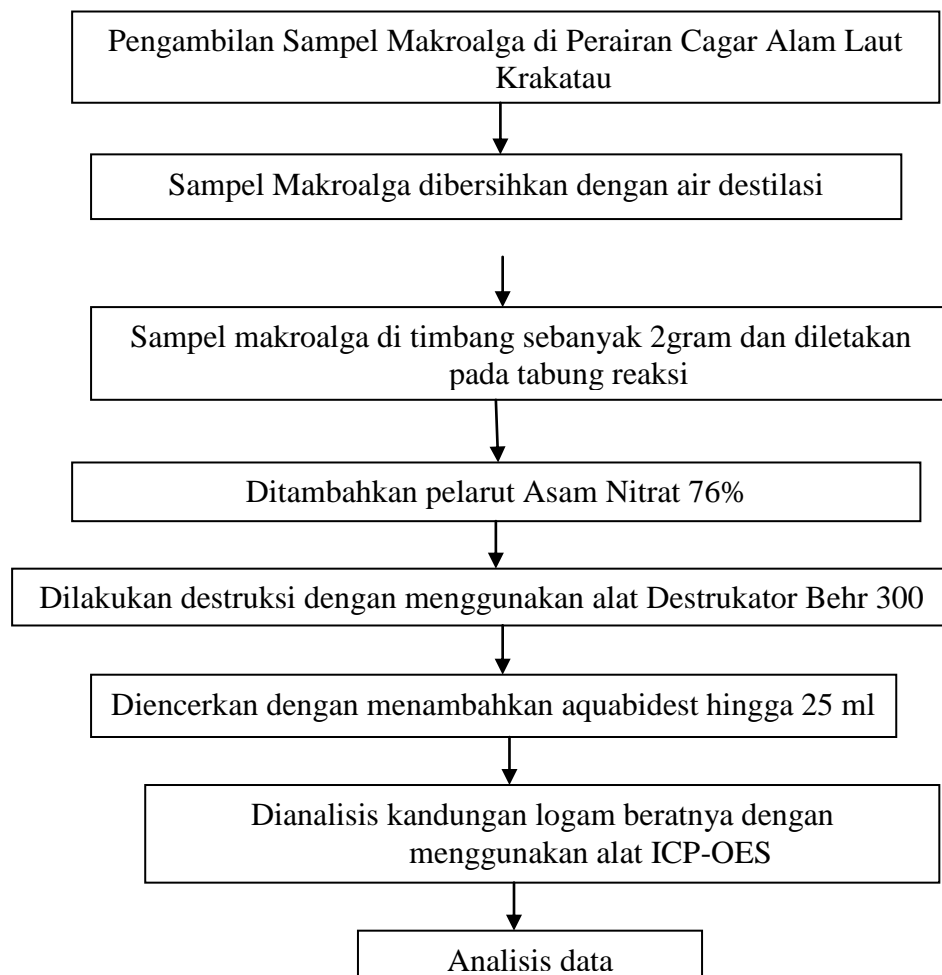
3. Pengukuran salinitas

Tingkat salinitas pada air laut menggunakan alat refraktometer. Refraktometer sebelumnya dikalibrasi terlebih dahulu dengan meneteskan aquadest dengan pipet tetes sebanyak satu tetes, kemudian tutup dan lihat hingga skala menunjukkan angka 0. Untuk pengukuran salinitas air laut, air laut diambil menggunakan pipet tetes kemudian diteteskan sebanyak satu tetes dan ditutup kemudian dilihat besar kandungan salinitasnya.

4. Pengukuran Kecerahan

Kecerahan air laut diukur menggunakan alat yang bernama *secchi disc* yang diikatkan dengan tali tambang kemudian dimasukkan kedalam air hingga batas tali habis atau warna pada lempeng *secchi disc* tidak terlihat lagi. Setelah itu, panjang tali di hitung menggunakan meteran.

H. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa terdapat 6 jenis makroalga yang ditemukan di lokasi perairan Cagar Alam Laut Krakatau yaitu *Halimeda opuntia*, *Padina australis*, *Gelidium latifolium*, *Galaxaura rugosa*, *Actinotrichia fragilis*, *Euchema spinosium*, dan *Condrus crispus*. Akumulasi logam berat Pb, Cd, Cr, Mn, Zn, Ag, Ni, Co dan Fe pada makroalga tersebut masih di bawah batasan baku mutu logam berat untuk jenis makroalga air laut menurut USEPA (1986) dan Nagpal (2004).

B. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada lokasi lain untuk mengetahui kadar kandungan logam berat, sebagai acuan kondisi perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau.

DAFTAR PUSTAKA

- Algaebase. 2017. www.algaebase.org. Diakses pada tanggal 10 Oktober 2017
- Alfian. 2006. Merkuri: Manfaat dan Efek Penggunaannya Bagi Kesehatan Manusia dan Lingkungan. Fakultas MIPA. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Almatsier S. 2001. Prinsip Dasar Ilmu Gizi. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Anonim. 1990. Undang – Undang Nomor 5 Tahun 1990 tentang *Konservasi Sumberdaya Alam Hayati dan Ekosistemnya*.
- Anonim. 2004 .Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut.
- Andik S. 2014. Studi Kadar Mangan (Mn) Pada Air Sumur Gali di Desa Karangnunggal Kecamatan Karangnunggal Kabupaten Tasikmalaya. *Jurnal Kesehatan Komunitas Indonesia* Vol 10. N0 1. Hal 974
- Amri K., Priatna A, dan Suprpto. 2014. Karakterisitik Oseonografi dan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Selat Sunda pada Musim Timur. *Jurnal BAWAL Widya Riset Perikanan Tangkap*. Vol 6 (1). Hal 11-20
- Bachtiar, E. 2007. Penelusuran Sumber Daya Hayati Laut (Alga) sebagai Biotarget Industri. *Makalah*. Jatinangor. Universitas Padjadjaran Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Jatinangor.
- Badan Geologi Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. 2015. *Evaluasi Tingkat Aktivitas Level II (Waspada) G. Anak Krakatau*. <http://www.vsi.esdm.go.id/index.php/gunungapi/aktivitas-gunungapi/995-evaluasi-tingkat-aktivitas-level-ii-waspada-g-anak-krakatau>. Diakses pada tanggal 29 November 2017
- BKSDA. 2015. Buku Teks Buku Informasi Balai KSDA Lampung Inovasi Konservasi di Provinsi Lampung. Balai KSDA Lampung. Bandar Lampung.
- Boss, C. B. dan Kenneth J. F., 1997. *Consepts, Instrumentation, and Techiques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry, Second Edition*. USA : Perkin Elmer.

- Cahyadi, W. 2004. Bahaya Pencemaran Timbal pada Makanan dan Minuman. Fakultas Teknik Unpas Departemen Farmasi Pascasarjana ITB. Bandung.
- Cotton, F.A. dan Wilkinson, G. 1988. *Advance Inorganic Chemistry*. Fifth Edition. John Wiley & Sons. Inc. Canada.
- Connel, D.W. dan Miller, G.J. 2006, *Kimia dan Etoksikologi Pencemaran*. UI Press. Jakarta.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Penerbit UI Press. Jakarta.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Dawes C. J. 1998. *Marine Botany*. Second Edution A Wiley Interscience Publication. The United State America.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Gembong Tjitrosoepomo. 2005. *Taksonomi Umum (Dasar – dasar taksonomi tumbuhan)*. Cetakan ketiga. Gajah Mada University. Yogyakarta.
- Ghufran, M., H. Kordi K., dan Andi Baso Tancung. 2007. *Pengelolaan Kualitas Air*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Hasrul N, I dan I Bakrie. 2016. *Peniaian Efektivitas Pengelolaan Kawasan Konservasi di Kawasan Cagar Alam Padang Luway Kabupaten Kutai Barat*. Jurnal AGRIFOR. Volume 15, Nomor 1.
- Heryando, P. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Hou, X dan B.T. Jones. 2000. *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry* Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Hutagalung H.P. 1984. *Logam berat dalam lingkungan laut*. *Pewarta Oceana* IX NO 1. Hlm : 45-59.
- IARC. 1990. *Chromium and Certain Chromium Compounds*. In: *IARC Monographs on The Evalution of The Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, Chromium, Nickel, and Welding*. IARC monographs, Vol 49. Lyon, Frnce: World Health Organization Internationl Agency for Research on Cancer.
- Ihsan Y.N., Aprodita A., Rustika I, dan Pribadi T.D.K. 2015. *Kemampuan Gracilaria sp Sebagai Agen Bioremediasi dalam Menyerap Logam Berat Pb*. *Jurnal Kelautan*. Vol 8. No 1. Hal 10 – 18.

- Leckiw, J.O., and James, R.O. 1974. Control Mechanisms for Trace Metals in Natural Waters. *Aqueous Enviromental Chemistry of Metal*. Michigan.
- Marianingsih P., Amelia E dan Suroto T. 2013. Inventarisasi dan Identifikasi Makroalga di Perairan Pulau Untung Jawa. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung.
- Marina F. 2011. Aktivitas Antibakter Ekstrak Alga Laut *Caulerpa racemosa* dari Perairan Pulau Nain. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis*. Volume 7. No, hlm 123.
- Marganof. 2003. Potensi Limbah Udang sebagai Penyerap Logam Berat Kadmium di Perairan. IPB. Bogor.
- Mukono. 2009. *Teksologi Logam Berat B₃ dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*. Fakultas Kesehatan Universitas Airlangga. Surabaya.
- Mulyono. 2006. *Kamus Kimia*. Cetakan Pertama. Gramedia. Jakarta.
- Nagpal. 2004. Technical Report – Water Quality Guidelines for Cobalt. British Columbia.
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Penerbit. Rineka Cipta. Jakarta.
- Prothero, Donald R. and F. Schwab. 1999. *An Introduction to Sedimentary Rocks and Stratigrafi, Sedimentary Geology*. United State of America. NewYork.
- Sudaryo dan Sutjipto. 2009. *Identifikasi dan penentuan logam pada tanah vulkanik didaerah Cangkringan Kabupaten Sleman dengan metode analisis aktivasi neutron cepat*. Seminar nasional V SDM teknologi nuklir. Yogyakarta.
- Rusmiati, D. 2011. Uji Aktivitas Antibakteri Etanol Rumput Laut. Bandung. Universitas Padjajaran.
- Sugiarto, K. H. 2003. *Kimia Anorganic II Common textbook (Edisi Revisi)*. Jurusan Kimia FPMIPA UNY. Yogyakarta.
- Sulisetijono. 2000. *Studi Eksplorasi Potensi dan Taksonomi Makroalga di Pantai Kondang Merak Kabupaten Malang*. Lembaga Penelitian Universitas Malang.
- Sulisetijono. 2009. *Bahan Serahan Alga*. UIN Malang. Malang.
- Sutamihardja. 2006. Toksikologi Lingkungan. Buku Ajar Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia. Jakarta.

- Svehla G. 1985. Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimakro. Edisi Kelima. Bagian I. Kalman Media Pusaka. Jakarta.
- Tjitrosoepomo, G. 1998. *Taksonomi Tumbuhan*. UGM Press. Yogyakarta.
- USEPA. 1986. Quality Criteria for Water. EPA-440/5-86-001. Office of Water Regulation Standards. Washington DC, USA.
- Parulian, A. H. 1987. Kimia Dasar (Prinsip dan Terapan Modern). (Alih Bahasa Achmadi Suminar). Edisi Keempat Jilid 3. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Petrucci., R.H. 1987. *Kimia Dasar (Prinsip dan Terapan Modern)*. Alih Bahasa Achmadi Suminar. Edisi Keempat Jilid 3. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Prothero, D.R. and F. Schwab. 1999. *An Introduction to Sedimentary Rocks and Stratigrafi, Sedimentary Geology*. United State of America. New York.
- Puspasari R. 2006. Logam dalam Ekosistem Perairan. Jurnal BAWAL Widya Riset Perikanan Tangkap. Vol 1. No 2. Hal 43-47.
- Vogel. 1990. Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro. PT.Kalman Media Pustaka. Jakarta.
- Wardhana, W. 2004, *Dampak Pencemaran Lingkungan* (Edisi Revisi), Andi Offset, Yogyakarta.
- Yulianto, B. 2006. Penelitian Tingkat Pencemaran Logam Berat di Pantai Utara Jawa Tengah. Laporan Penelitian, Badan Penelitian dan Pengembangan. Provinsi Jawa Tengah.