

**KEBERADAAN LOGAM BERAT TIMBAL (*Pb*) PADA MANGROVE *AVICENNIA MARINA*
DI EKOSISTEM MANGROVE GUNUNG ANYAR SURABAYA**

**LAPORAN SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

**Oleh:
PUNGKI ASYARI
NIM. 0710810031**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2014**

**KEBERADAAN LOGAM BERAT TIMBAL (*Pb*) PADA MANGROVE *AVICENNIA MARINA*
DI EKOSISTEM MANGROVE GUNUNG ANYAR SURABAYA**

**LAPORAN SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

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

**Oleh:
PUNGKI ASYARI
NIM. 0710810031**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2014**

LAPORAN SKRIPSI
KEBERADAAN LOGAM BERAT TIMBAL (*Pb*) PADA MANGROVE *AVICENNIA MARINA*
DI EKOSISTEM MANGROVE GUNUNG ANYAR SURABAYA

Oleh:

PUNGKI ASYARI

NIM. 0710810031

telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 20 Agustus 2014
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

Dosen Penguji I

Dosen Pembimbing I

(Dr. Ir. Umi Zakiyah, M.Si)
NIP.19610303 198602 2 001
Tanggal:

(Prof. Ir. Yenny R, DEA, Ph.D)
NIP.19610523 198703 2 003
Tanggal:

Dosen Penguji II

Dosen Pembimbing II

(Ir. Supriatna, M.Si)
NIP.19640515 199003 1 003
Tanggal:

(Ir. Putut Widjanarko, MP)
NIP. 19540101 198303 1 006
Tanggal:

Menyetujui,
Ketua Jurusan MSP

(Dr. Ir. Arning Wilujeng E, MS)
NIP. 19620805 198603 2 001
Tanggal:

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

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

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, Desember 2014

Mahasiswa

Pungki Asyari

RINGKASAN

PUNGKI ASYARI. Skripsi tentang Keberadaan Logam Berat Timbal (Pb) pada Mangrove *Avicennia Marina* di Ekosistem Mangrove Gunung Anyar Surabaya. (Dibawah bimbingan **Prof. Ir. Yenny Risjani DEA, Ph.D** dan **Ir. Putut Wijanarko MP**).

Logam berat di lingkungan dapat berasal dari sumber alami maupun dari kegiatan manusia. Berbagai kegiatan industri yang berkembang saat ini pasti akan memberikan masukan yang berupa limbah ke lingkungan diantaranya adalah limbah logam berat. Limbah yang dibuang langsung ke sungai pada akhirnya akan terakumulasi di daerah pesisir karena limbah akan terbawa oleh aliran sungai yang bermuara di pantai. Sungai Kebon Agung melewati lokasi industri di kota Surabaya yaitu kompleks industri rungkut. Di kompleks industri tersebut terdapat banyak jenis industri yang kemungkinan besar juga memberi masukan limbah ke ekosistem mangrove di kecamatan Gunung anyar. Sungai akan membawa limbah padat dan cair yang berasal dari industri maupun rumah tangga yang pada akhirnya akan menumpuk dan mencemari perairan estuari

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem yang mempunyai sedimen jenis lumpur yang sangat dominan. Hal ini sangat memicu terjadinya akumulasi logam berat pada lumpur tersebut karena tidak cukup O_2 untuk oksidasi logam berat. Semakin lama akumulasi logam berat akan semakin besar. Pada akhirnya logam berat tersebut juga akan terakumulasi pada jaringan mangrove. Keberadaan *avicennia marina* di ekosistem mangrove diharapkan mampu menjadi agen fitoremediasi. Fitoremediasi dapat didefinisikan sebagai penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik. Fitoremediasi dapat dibagi menjadi fitoekstraksi, rizofiltrasi, fitodegradasi, fitostabilisasi, fitovolatilisasi.

Tujuan dari penelitian ini adalah : (1) Untuk mengetahui konsentrasi logam berat Pb pada perairan dan sedimen di kawasan mangrove Gunung anyar Surabaya. (2) Untuk mengetahui konsentrasi logam berat Pb pada akar dan daun mangrove *Avicennia marina* di kawasan mangrove Gunung anyar Surabaya. (3) Untuk mengetahui hubungan konsentrasi logam berat Pb pada air, sedimen, akar mangrove dan daun mangrove *Avicennia Marina* di kawasan mangrove Gunung anyar Surabaya.

Penelitian ini termasuk dalam penelitian deskriptif, yaitu penelitian yang dimaksudkan untuk mengumpulkan informasi mengenai status suatu gejala yang ada menurut apa adanya pada saat penelitian dilaksanakan. Penelitian deskriptif dimaksudkan untuk membuat gambaran secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antar fenomena yang diteliti. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, pengambilan sampel air, sedimen, akar dan daun mangrove serta pengukuran konsentrasi Pb dalam sampel tersebut.. Materi penelitian ini meliputi air, sedimen, akar dan daun mangrove yang berada di ekosistem mangrove Gunung Anyar Surabaya. Pengujian kadar logam berat dilakukan di Laboratorium kimia MIPA universitas brawijaya menggunakan *atomic absorption spectrophotometer* (AAS).

Hasil penelitian ini diketahui ada kandungan logam berat timbal pada air, sedimen, akar dan daun mangrove. Konsentrasi Pb pada sampel air 0,023 – 0,076 ppm. Konsentrasi logam Pb pada sedimen diketahui sebesar 3,87-6,63 ppm. Konsentrasi logam Pb pada sampel akar sebesar 0,78- 2,09 ppm. Konsentrasi logam Pb pada daun sebesar 0,27-0,66 ppm. Hasil pengukuran parameter kimia air secara insitu masih dalam kisaran normal untuk

kehidupan organisme di ekosistem mangrove. Hasil pengukuran suhu air antara 26-29°C. parameter salinitas menunjukkan nilai antara 4-13 ‰ yang bersifat payau. pH Sedimen berkisar antara 4,7 -5,9 sedangkan pH air berkisar antara 5,9-6,8.

Kesimpulan penelitian ini adalah Terjadi pencemaran pada perairan di ekosistem mangrove Gunung anyar Surabaya. Konsentrasi Pb pada air melebihi ambang batas berdasarkan PP no 82 tahun 2001 sebesar 0,03 ppm. Terjadi akumulasi dalam jaringan mangrove *avicennia marina* yang cenderung cenderung terakumulasi pada bagian akar. Nilai BCF pada kawasan mangrove Gunung anyar Surabaya berkisar antara 0,228-0,313 sedangkan nilai Translocation faktor (TF) berkisar antara 0,281-0,353. *Avicennia marina* di ekosistem mangrove Gunung anyar Surabaya termasuk akumulator logam berat Pb melalui proses rizofiltrasi

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT karena dengan rahmat dan hidayah-Nya Laporan Skripsi dengan judul **“Keberadaan Logam Berat Timbal (Pb) pada Mangrove *Avicennia Marina* di Ekosistem Mangrove Gunung Anyar Surabaya”** dapat terselesaikan tanpa kendala apapun yang berarti. Laporan ini tersusun sebagai suatu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan Universitas Brawijaya Malang.

Dalam proses penyusunan Laporan Skripsi ini, saya ingin menyampaikan banyak terimakasih kepada :

- Prof. Ir. Yenny Risjani DEA. Ph.D selaku dosen Pembimbing pertama, atas waktu dan bimbingan yang telah diberikan.
- Ir. Putut Widjanarko MP selaku dosen Pembimbing kedua, atas waktu serta bimbingan yang telah diberikan.
- Semua pihak terkait yang member bantuan dalam melaksanakan skripsi.

Atas semu doa, bantuan, bimbingan, petunjuk dan saran yang diberikan penulis mengucapkan terima kasih dan semoga laporan ini dapat bermanfaat dan memberikan informasi bagi semua pihak yang membacanya.

Malang, Desember 2014

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
RINGKASAN	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Kegunaan Penelitian	5
1.5 Waktu dan Lokasi Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Ekosistem Mangrove	6
2.1.1 Pengertian dan Habitat	6
2.1.2 Vegetasi Mangrove	7
2.1.3 Adaptasi Mangrove	9
2.1.4 Klasifikasi dan Morfologi <i>Avicennia Marina</i>	11
2.2 Logam Berat.....	12
2.2.1 Logam Berat Timbal (Pb).....	12
2.2.2 Pencemaran Logam Berat.....	13
2.3 Logam Berat dalam Ekosistem Mangrove	15
2.3.1 Keterkaitan antara Ekosistem Mangrove dan Logam Berat	15
2.3.2 Mekanisme Akumulasi Logam Berat pada <i>Avicennia Marina</i>	20
2.3.3 Fitoremediasi	23
2.4 Parameter Kimia Perairan	25
2.4.1 Salinitas	25
2.4.2 pH Air.....	26
2.4.3 PH Sedimen	27
III. MATERI DAN METODE PENELITIAN	28
3.1 Materi Penelitian	28
3.1.1 Alat-alat penelitian	28
3.1.2 Bahan-bahan Penelitian	29
3.2 Metode Penelitian.....	29

3.3	Metode sampling	29
3.3.1	Penentuan Stasiun Pengambilan Sampel.....	30
3.3.2	Teknik Pengambilan Sampel Air.....	30
3.3.3	Teknik Pengambilan Sampel Sedimen.....	30
3.3.4	Teknik Pengambilan Akar Mangrove	30
3.3.5	Teknik Pengambilan Daun Mangrove	31
3.4	Prosedur Penelitian	31
3.4.1	Pengujian konsentrasi Pb dalam Air	31
3.4.2	Pengujian konsentrasi Pb dalam Sedimen	32
3.4.3	Pengujian konsentrasi Pb dalam Akar dan daun Mangrove	32
3.4.4	Prosedur pengukuran Suhu Air	33
3.4.5	Prosedur Pengukuran Salinitas	33
3.4.6	Prosedur Pengukuran pH Air	34
3.4.7	Prosedur Pengukuran pH Sedimen	34
3.5	Analisis Data	34
3.5.1	Regresi Linier	35
3.5.2	Korelasi	35
3.5.3	Faktor Biokonsentrasi dan Faktor Translokasi	36
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1	Kondisi Umum Lingkungan Penelitian	38
4.2	Paramater Kimia	39
4.3	Konsentrasi Pb pada Ekosistem Mangrove	40
4.3.1	Konsentrasi Pb pada Air	40
4.3.2	Konsentrasi Pb pada sedimen	42
4.3.3	Konsentrasi Pb pada Akar <i>A. Marina</i>	44
4.3.4	Konsentrasi Pb pada Daun <i>A. Marina</i>	47
4.3.5	Hasil Penelitian Lain	49
4.4	Hubungan Konsentrasi Pb pada Ekosistem Mangrove	49
4.4.1	Hubungan konsentrasi Pb pada Air dan Pb pada Sedimen	49
4.4.2	Hubungan konsentrasi Pb pada Sedimen dan Pb pada Akar	51
4.4.3	Hubungan konsentrasi Pb pada Air dan Pb pada Akar	52
4.4.4	Hubungan Konsentrasi Pb pada Akar dan Pb pada Daun	54
4.5	Faktor biokonsentnasi dan faktor translokasi	56
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1	Kesimpulan	60
5.2	Saran	60
	DAFTAR PUSTAKA	61
	LAMPIRAN	65

DAFTAR TABEL

Tabel

Halaman

1. Faktor biokonsentrasi (BCF).....	57
2. Faktor translokasi (TF)	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Rumusan masalah penelitian	3
2. Parameter kimia perairan	39
3. Konsentrasi Pb pada air	41
4. Konsentrasi Pb pada sedimen	43
5. Konsentrasi Pb pada akar <i>A. marina</i>	45
6. Konsentrasi Pb pada daun <i>A. marina</i>	47
7. Regresi Pb pada air dan sedimen	50
8. Regresi Pb pada sedimen dan akar.....	52
9. Regresi Pb pada air dan akar	53
10. Regresi Pb pada akar dan daun	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Peta lokasi penelitian	66
2. Peta stasiun pengambilan sampel	67
3. Hasil Penelitian Lain yang terkait	68

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Logam berat di lingkungan dapat berasal dari sumber alami maupun dari kegiatan manusia. Logam berat yang menjadi bahan pencemar umumnya berasal dari aktivitas manusia. Sumber alami antara lain pelapukan batu-batuan, aktivitas gunung berapi, badai pasir, semburan ombak laut dan partikel-partikel hayati. Kehadiran logam berat tetap mengkhawatirkan, terutama yang bersumber dari industri, dimana logam berat banyak digunakan sebagai bahan baku maupun sebagai bahan penolong. Sifat beracun dan berbahaya dari logam berat ditunjukkan oleh sifat fisik dan kimia baik dari segi kualitas maupun kuantitasnya (Lestari, 2004).

Berbagai kegiatan industri yang berkembang saat ini pasti akan memberikan masukan yang berupa limbah ke lingkungan diantaranya adalah limbah logam berat. Limbah yang dibuang oleh industri tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu (*treatment*) akan menimbulkan kerusakan bagi lingkungan termasuk lingkungan perairan. Limbah yang dibuang langsung ke sungai pada akhirnya akan terakumulasi di daerah estuari karena limbah akan terbawa oleh aliran sungai. Sektor industri menyumbang buangan limbah yang cukup signifikan bagi perairan pantai. Bila logam berat ini terakumulasi pada perairan estuari, pada akhirnya logam berat tersebut juga akan terakumulasi pada biota perairan salah satunya adalah mangrove.

Ekosistem mangrove merupakan mata rantai utama yang berperan sebagai produsen dalam jaring makanan ekosistem pantai. Ekosistem mangrove memiliki produktivitas tinggi menyediakan makanan berlimpah bagi berbagai jenis hewan laut dan menyediakan tempat berkembang biak, memijah, dan membesarkan anak bagi beberapa jenis ikan, kerang, kepiting dan udang. Mangrove memiliki fungsi fisik bagi pantai yaitu sebagai pelindung pantai dari hempasan ombak dan angin kencang, penahan abrasi, penampung air hujan sehingga mencegah banjir, dan penyerap limbah yang mencemari perairan. Ekosistem mangrove merupakan ekosistem yang mempunyai sedimen jenis

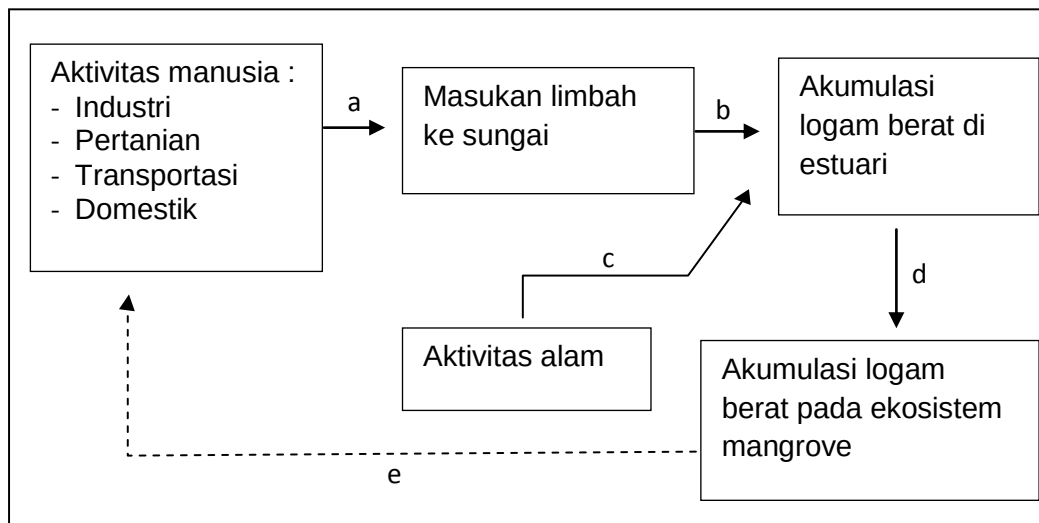
lumpur yang sangat dominan. Dalam ekosistem mangrove kaya akan bahan organik baik dari ekosistem mangrove sendiri maupun terbawa oleh aliran sungai. Jumlah bahan organik yang sangat besar menyebabkan ekosistem mangrove sangat miskin O_2 pada bagian sedimen. Hal ini sangat memicu terjadinya akumulasi logam berat pada lumpur tersebut karena tidak cukup O_2 untuk oksidasi logam berat. Semakin lama akumulasi logam berat akan semakin besar. Pada akhirnya logam berat tersebut juga akan terakumulasi pada jaringan mangrove.

Perairan estuari yang merupakan badan air setengah tertutup (semi-enclosed) yang berhubungan bebas dengan laut terbuka dimana di dalamnya terjadi pencampuran antara air laut dan air tawar dari sungai. Sungai Kebon Agung melewati lokasi industri di kota Surabaya yaitu kompleks industri Rungkut. Kompleks industri Rungkut terdapat banyak industri yang kemungkinan besar juga memberi masukan limbah ke ekosistem mangrove di kecamatan Gunung Anyar. Sungai akan membawa limbah padat dan cair yang berasal dari industri maupun rumah tangga yang pada akhirnya akan terakumulasi di perairan estuari. Pencemaran logam berat yang terjadi di perairan estuari terutama disebabkan oleh pembuangan limbah dari industri yang menggunakan logam berat dalam proses produksi seperti industri pengolah logam, cat dan pewarna, baterai, percetakan, kertas, tekstil, peralatan listrik dan sebagainya. Jenis industri yang menghasilkan limbah Pb antara lain industri pulp dan kertas. Industri pulp dan kertas yang berada di kawasan Rungkut antara lain PT. Surabaya agung, PT. Surabaya mega box, PT. Surabaya kertas dan pulp dan PT. Adiprima surya printa. Oleh karena itu perlu adanya sebuah penelitian tentang pencemaran logam berat pada ekosistem mangrove Gunung Anyar Surabaya untuk melihat konsentrasi dan hubungan keberadaan logam berat di ekosistem mangrove dengan logam berat pada jaringan tanaman mangrove.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan penelitian ini melingkupi masalah pada wilayah di sekitar ekosistem mangrove Gunung Anyar Surabaya. Masalah meliputi limbah dari kegiatan industri,

pertanian, transportasi dan limbah domestik rumah tangga yang terbawa aliran sungai menuju ekosistem mangrove.



Gambar 1. Rumusan masalah penelitian

Keterangan gambar :

a). Aktivitas manusia banyak menghasilkan produk buangan berupa limbah misalnya industri, transportasi, domestik maupun pertanian. Sektor industri memberikan kontribusi yang sangat besar terhadap pencemaran logam berat pada perairan. Banyaknya industri di daerah aliran sungai memberikan pengaruh yang besar pada tingkat pencemaran logam berat di wilayah pesisir.

b). Limbah yang dibuang ke sungai mempunyai kemungkinan yang besar mengandung logam berat dan pada akhirnya akan terakumulasi di wilayah estuari. Hal ini terjadi karena logam berat tersebut terbawa oleh aliran air sungai dan bermuara di wilayah estuari.

c). Logam berat tidak hanya berasal dari kegiatan manusia tapi juga bisa berasal dari aktivitas alam. Aktivitas alam tersebut meliputi pelapukan batuan, abrasi pantai akibat aktivitas gelombang (*coastal supply*), logam-logam yang di bebaskan oleh aktivitas gunung berapi dan aktivitas kimiawi (*deep sea supply*).

d). Akumulasi logam berat di wilayah estuari akan bertambah besar akibat *coastal supply* dan *deep sea supply*. Akumulasi logam berat akan terkumpul pada ekosistem mangrove.

e). Hasil penelitian bisa digunakan sebagai masukan dalam peraturan atau kebijakan dalam mengelola kegiatan industri, transportasi, pertanian dan domestik rumah tangga.

Berdasarkan uraian di atas maka perlu dilakukan penelitian tentang logam berat Pb pada ekosistem mangrove untuk mengetahui keberadaan dan hubungan logam berat pada lingkungan dengan logam berat pada mangrove. Maka ada beberapa masalah yang menjadi perhatian dalam penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana konsentrasi logam berat Pb pada air dan sedimen di kawasan mangrove Gunung anyar Surabaya
2. Bagaimana konsentrasi logam berat Pb pada akar dan daun mangrove di kawasan mangrove Gunung anyar Surabaya
3. Bagaimana hubungan konsentrasi logam dalam lingkungan dan jaringan tanaman mangrove di ekosistem mangrove Gunung anyar Surabaya

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui konsentrasi logam berat Pb pada perairan dan sedimen di kawasan mangrove Gunung anyar Surabaya.
2. Untuk mengetahui konsentrasi logam berat Pb pada akar dan daun mangrove *Avicennia marina* di kawasan mangrove Gunung anyar Surabaya.
3. Untuk mengetahui hubungan konsentrasi logam berat Pb pada air, sedimen, akar mangrove dan daun mangrove *Avicennia Marina* di kawasan mangrove Gunung anyar Surabaya.

1.4 Kegunaan Penelitian

Kegunaan penelitian ini adalah :

1. Bagi akademisi atau lembaga ilmiah, sebagai sumber informasi keilmuan dan dasar untuk penulisan ataupun penelitian lebih lanjut tentang pencemaran logam berat pada ekosistem mangrove.

2. Bagi stakeholder sebagai informasi dan bahan pertimbangan perumusan kebijakan dalam rangka pelestarian sumberdaya perairan umumnya dan mangrove khususnya.
3. Bagi masyarakat kecamatan Gunung anyar sebagai informasi tentang kondisi ekosistem mangrove di daerah mereka.

1.5 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus-September 2013. Lokasi penelitian adalah ekosistem mangrove Gunung anyar Surabaya. Ekosistem mangrove Gunung anyar Surabaya ini mendapat input yang berasal dari industri karena melewati wilayah industri Rungkut Surabaya yang terbawa aliran sungai Kebon Agung. Peta lokasi penelitian ditunjukkan pada lampiran 1.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ekosistem Mangrove

2.1.1 Pengertian dan Habitat

Peraturan Presiden Republik Indonesia No 73 Tahun 2012 Tentang Strategi nasional pengelolaan ekosistem mangrove menjelaskan bahwa ekosistem mangrove adalah kesatuan antara komunitas vegetasi mangrove berasosiasi dengan fauna dan mikro organisme sehingga dapat tumbuh dan berkembang pada daerah sepanjang pantai terutama di daerah pasang surut, laguna, muara sungai yang terlindung dengan sedimen lumpur atau lumpur berpasir dalam membentuk keseimbangan lingkungan hidup yang berkelanjutan (Presiden RI, 2012).

Hutan mangrove adalah vegetasi hutan yang tumbuh di daerah pantai dan di sekitar muara sungai (selain formasi hutan pantai) yang selalu atau secara teratur digenangi oleh air laut serta dipengaruhi oleh pasang surut. Tempat tumbuh hutan mangrove memerlukan suasana yang khusus yaitu suasana yang timbul dari perpaduan dari unsur-unsur : iklim tropis basah, curah hujan yang tinggi, laut tenang dan sumber lumpur. Habitat yang ditumbuhi mangrove kebanyakan mempunyai kondisi seperti pantai-pantai pada teluk yang terlindung, estuari, delta, bagian yang terlindung dari tanjung, selat yang terlindungi dan tempat-tempat serupa dengan kondisi tanahnya bervariasi antara lumpur, lempung, gambut dan pasir. Hutan mangrove merupakan ekosistem yang terpadu antara unsur fisik, biologis dan daratan serta lautan, sehingga menciptakan keterlibatan suatu ekosistem yang kompleks antara ekosistem laut dan ekosistem darat. Mangrove tumbuh secara individu berhabitat pohon atau semak herba dan secara berkelompok membentuk formasi hutan (Purnobasuki, 2009).

Sifat fisik dan kimia yang dimiliki sedimen mangrove adalah kemampuannya untuk mengakumulasi material di lingkungan tepian pantai. Keberadaan lumpur di dasar perairan sangat dipengaruhi oleh banyaknya partikel tersuspensi yang dibawa oleh air tawar dan air laut serta faktor-faktor yang mempengaruhi penggumpalan, pengendapan bahan

tersuspensi tersebut, seperti arus dari laut (Nybakken,1993). Menurut Soenardjo (1999), ekosistem mangrove dapat berkembang dengan baik di daerah pantai berlumpur dengan air yang tenang dan terlindung dari pengaruh ombak yang besar serta eksistensinya tergantung pada besarnya aliran air tawar dan air laut

2.1.2 Vegetasi Mangrove

Arief (2003), mengemukakan bahwa hutan mangrove yang masih alami pada umumnya membentuk zonasi yaitu mulai dari arah laut ke daratan berturut-turut sebagai berikut :

1. Zona *Avicennia*, terletak pada lapisan paling luar dari hutan mangrove. Pada zona ini, tanah berlumpur lembek dan berkonsentrasi garam tinggi. Jenis *Avicennia* banyak ditemui berasosiasi dengan *Sonneratia spp.* Karena tumbuh di bibir laut, jenis-jenis ini memiliki perakaran yang sangat kuat yang dapat bertahan dari hempasan ombak laut. Zona ini juga merupakan zona perintis atau pioner, karena terjadinya penimbunan sedimen tanah akibat cengkeraman perakaran tumbuhan jenis ini.
2. Zona *Rhizophora*, terletak di belakang zona *Avicennia* dan *Sonneratia*. Pada zona ini, tanah berlumpur lembek dengan konsentrasi garam lebih rendah. Perakaran tanaman tetap terendam selama air laut pasang.
3. Zona *Bruguiera*, terletak di belakang Zona *Rhizophora*. Pada zona ini, tanah berlumpur agak keras. Perakaran tanaman lebih peka serta hanya terendam pasang naik dua kali sebulan.
4. Zona *Nypa*, yaitu zona pembatas antara daratan dan lautan, namun zona ini sebenarnya tidak harus ada, kecuali jika terdapat air tawar yang mengalir (sungai) ke laut.

Berdasarkan jenis-jenis pohon yang menyusunnya, Purnobasuki (2009) membaginya dalam 4 zonasi.

1. Zona api-api – prepat (*avicennia – sonneratia*). Terletak paling luar atau terdekat dengan laut. Zona ini didominasi oleh jenis api-api (*avicennia spp.*) dan prepat (*sonneratia spp.*) biasanya berasosiasi dengan *Rhizophora spp.*

2. Zona Bakau (*Rhizophora spp.*). Terletak dibelakang zona api-api. Didominasi oleh jenis *Rhizophora spp.* berasosiasi dengan tanjang (*bruguiera spp.*) *Xylocarpus Spp.* dan *heritera spp.*
3. Zona Tanjang (*bruguiera spp.*). Terletak dibelakang zona bakau. Didominasi oleh *bruguiera spp.* berasosiasi dengan *ceriops spp.* dan *lumnitzera spp.*
4. Zona nipah. Terletak paling jauh dari laut atau paling dekat dengan darat. Didominasi oleh *Nypa fruticane*.

Menurut Noor *et al* (2006), secara sederhana mangrove umumnya tumbuh dalam 4 zona yaitu pada daerah terbuka, daerah tengah, daerah yang memiliki sungai berair payau sampai hampir tawar, serta daerah ke arah daratan yang memiliki air tawar.

1. Mangrove terbuka. Komposisi floristik dari komunitas di zona terbuka sangat bergantung pada sedimennya. *S. alba* cenderung untuk mendominasi daerah berpasir, sementara *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* cenderung untuk mendominasi daerah yang lebih berlumpur. Meskipun demikian, *Sonneratia* akan berasosiasi dengan *Avicennia* jika tanah lumpurnya kaya akan bahan organik.
2. Mangrove tengah. Mangrove di zona ini terletak dibelakang mangrove zona terbuka. Di zona ini biasanya didominasi oleh jenis *Rhizophora*.
3. Mangrove payau. Mangrove berada disepanjang sungai berair payau hingga hampir tawar. Di zona ini biasanya didominasi oleh komunitas *Nypa* atau *Sonneratia*.
4. Mangrove daratan. Mangrove berada di zona perairan payau atau hampir tawar di belakang jalur hijau mangrove yang sebenarnya. Jenis-jenis yang umum ditemukan pada zona ini termasuk *Ficus microcarpus* (*F. retusa*), *Intsia bijuga*, *N. fruticans*, *Lumnitzera racemosa*, *Pandanus sp.* dan *Xylocarpus moluccensis*.

2.1.3 Adaptasi Tanaman Mangrove

Menurut Khiatudin (2003) dalam Kusumastuti (2009), Beberapa mekanisme fisiologis yang terjadi pada tanaman bakau menjelaskan kemampuan adaptasi tanaman ini antara lain:

1. Pembatasan penyerapan garam ke dalam sel akar serta percepatan pengeluaran garam melalui kelenjar di daun. Tanaman ini juga mampu mengakumulasi garam dari kulit batang yang mati dan daun yang hampir rontok.
2. Kemampuan hidup dalam endapan lumpur yang bersifat anaerob berkat adanya akar yang berada di atas permukaan tanah atau air dan mampu menyerap oksigen.
3. Sistem reproduksi yang memungkinkan biji tumbuh ketika masih berada di pohon induk.

Sistem perakaran mangrove yang unik menciptakan karakter tersendiri bagi mangrove diantaranya ada yang melengkung, mencuat kepermukaan membentuk semacam pagar sepanjang. Dalam organ akar mangrove terdapat banyak sekali jaringan aerenkim yang berfungsi membantu transport oksigen dan menjadikan tumbuhan ini beradaptasi dengan baik di habitat lumpur lumpur yang kurang konsentrasi oksigen (Purnobasuki, 2009). Menurut ali dan Rina (2012), tumbuhan mangrove mampu mengalirkan oksigen melalui akar ke dalam sedimen tanah untuk mengatasi kondisi anaerob pada sedimen tersebut. Jika logam berat memasuki jaringan, terdapat mekanisme yang sangat jelas, pengambilan (*up taken*) logam berat oleh tumbuhan di lahan basah adalah melalui penyerapan dari akar, setelah itu tumbuhan dapat melepaskan senyawa kelat, seperti protein dan glukosida yang berfungsi mengikat logam dan dikumpulkan ke jaringan tubuh kemudian ditransportasikan ke batang, daun dan bagian lainnya, sedangkan ekskresinya terjadi melalui transpirasi.

Menurut Fitter (1982) dalam Arisandi (2001), Pohon Api-api (*Avicennia marina*) memiliki upaya penanggulangan materi toksik lain diantaranya dengan melemahkan efek racun melalui pengenceran (*dilusi*), yaitu dengan menyimpan banyak air untuk mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga mengurangi toksisitas logam tersebut. Pengenceran dengan penyimpanan air di dalam jaringan biasanya terjadi pada daun dan diikuti dengan terjadinya penebalan daun (*sukulensi*). Ekskresi juga merupakan upaya yang mungkin terjadi, yaitu dengan menyimpan materi toksik logam berat di dalam jaringan yang sudah tua seperti daun yang sudah tua dan kulit batang yang mudah mengelupas, sehingga dapat mengurangi konsentrasi logam berat di dalam tubuhnya. Metabolisme atau transformasi secara biologis (*biotransformasi*) logam berat dapat

mengurangi toksisitas logam berat. Logam berat yang masuk ke dalam tubuh akan mengalami pengikatan dan penurunan daya racun, karena diolah menjadi bentuk-bentuk persenyawaan yang lebih sederhana. Proses ini dibantu dengan aktivitas enzim yang mengatur dan mempercepat jalannya proses tersebut.

Menurut Fitter dan Hay (1991), mekanisme yang mungkin dilakukan oleh tumbuhan untuk menghadapi konsentrasi toksik adalah :

1. Penanggulangan (*ameliorasi*), jika konsentrasi internal harus dihadapi maka ion-ion akan dipindahkan dari tempat sirkulasi dengan beberapa jalan atau menjadi toleran di dalam sitoplasma. Terdapat empat pendekatan dalam ameliorasi, yaitu : (a) lokalisasi (intraseluler atau ekstraseluler); biasanya di dalam akar; (b) ekskresi, secara aktif melalui kelenjar pada tajuk atau secara pasif melalui akumulasi pada daun-daun tua yang diikuti dengan absisi daun; (c) dilusi (melemahkan), yaitu melalui pengenceran; dan (d) inaktivasi secara kimia. Mekanisme pembentukan kompleks logam sering dijumpai pada tumbuhan, pembentukan khelat dengan asam-asam poliamino-polikarboksilik;
2. Toleransi, yaitu tumbuhan mengembangkan sistem metabolik yang dapat berfungsi pada konsentrasi toksik. Pada beberapa kasus, enzim dinding sel, terutama fosfatase asam, telah diperlihatkan toleran terhadap tingkat toksin ion-ion yang jauh lebih tinggi.

2.1.4 Klasifikasi dan Morfologi *Avicennia Marina*

Menurut Tomlinson (1996) dalam Arisandi (2001), Api-api adalah nama sekelompok tumbuhan dari genus *Avicennia*, suku *Acanthaceae*. Api-api biasa tumbuh di tepi atau dekat laut sebagai bagian dari komunitas hutan bakau. Nama lain api-api diberbagai daerah di Indonesia diantaranya adalah *mangi-mangi*, *sia-sia*, *boak*, *koak*, *marahu*, *pejapi*, *papi*, *nyapi* dan lain-lain. *Avicennia Marina* memiliki beberapa ciri yang merupakan bagian dari adaptasi pada lingkungan berlumpur dan bergaram, di antaranya:

1. Akar nafas serupa paku yang panjang dan rapat, muncul ke atas lumpur di sekeliling pangkal batangnya.

2. Daun-daun dengan kelenjar garam di permukaan bawahnya. Daun api-api berwarna putih di sisi bawahnya, dilapisi kristal garam. Ini adalah kelebihan garam yang dibuang oleh tumbuhan tersebut.
3. Biji api-api berkecambah tatkala buahnya belum gugur, masih melekat di rantingnya. Dengan demikian biji ini dapat segera tumbuh setelah terjatuh atau tersangkut di lumpur.

Menurut Tomlinson (1996) dalam Mulyadi (2009), Pohon api-api (*Avicennia marina*) memiliki akar napas (*pneumatofore*) yang merupakan akar percabangan yang tumbuh dengan jarak teratur secara vertikal dari akar horizontal yang terbenam di dalam tanah. Reproduksi bersifat *kryptovivipary*, yaitu biji tumbuh keluar dari kulit biji saat masih menggantung pada tanaman induk, tetapi tidak tumbuh keluar menembus buah sebelum biji jatuh ke tanah. Buah berbentuk seperti mangga, ujung buah tumpul dan panjang 1 cm, daun berbentuk ellips dengan ujung tumpul dan panjang daun sekitar 7 cm, lebar daun 3-4 cm, permukaan atas daun berwarna hijau mengkilat dan permukaan bawah berwarna hijau abu-abu dan suram.

2.2 Logam Berat

2.2.1 Logam Berat Timbal (Pb)

Plumbum (Pb) atau dikenal sebagai logam timbal dalam susunan unsur merupakan logam berat yang terdapat secara alami di dalam kerak bumi dan tersebar ke alam dalam jumlah kecil melalui proses alami termasuk letusan gunung berapi dan proses geokimia. Pb merupakan logam lunak yang berwarna kebiru-biruan atau abu-abu keperakan dengan titik leleh pada 327,5 °C dan titik didih 1.740 °C pada tekanan atmosfer. Timbal mempunyai nomor atom terbesar dari semua unsur yang stabil, yaitu 82. Namun logam ini sangat beracun. Logam ini sangat resistan (tahan) terhadap korosi, oleh karena itu seringkali dicampur dengan cairan yang bersifat korosif (seperti asam sulfat). Logam Pb banyak digunakan pada industri baterai, kabel, cat (sebagai zat pewarna), penyepuhan, pestisida, dan yang paling banyak digunakan sebagai zat antiletop pada bensin (BPLHD Jabar, 2009).

Adsorpsi senyawa logam oleh permukaan partikel tersuspensi dan sedimen disungai menunjukkan terjadinya proses geokimia yang memindahkan logam dari larutan. Kontaminan terserap ke dalam partikel di kolom air melalui adsorpsi fisika kimia dan *uptake* (pengambilan) biologi. Akibat gravitasi, gabungan kontaminan partikel turun ke dasar sungai untuk membentuk lapisan sedimen. Kecepatan perpindahan kontaminan tersebut tergantung dari dua proses yaitu pemisahan dan sedimentasi. Beberapa mekanisme perpindahan logam di lahan basah yaitu: sedimentasi, flokulasi, adsorpsi, presipitasi, pertukaran kation dan anion, kompleksasi, oksidasi reduksi dan uptake oleh organisme (Sudarwin, 2008).

Timbal pada perairan ditemukan dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Timbal relatif dapat larut dalam air dengan $\text{pH} < 5$ dimana air yang bersentuhan dengan timah hitam dalam suatu periode waktu dapat mengandung $> 1 \mu\text{g Pb/l}$. Konsentrasi dan toksisitas timbal di perairan dipengaruhi oleh kesadahan, pH, alkalinitas, dan konsentrasi oksigen (Effendi, 2003).

2.2.2 Pencemaran Logam Berat

Pencemaran lingkungan pesisir dan laut dapat diakibatkan oleh limbah buangan kegiatan atau aktivitas di daratan (*land-based pollution*) maupun kegiatan atau aktivitas di lautan (*sea-based pollution*). Menurut Pranoto *et al* (2011), sumber logam berat di laut dapat dibagi 2, yaitu sumber yang bersifat alami dan buatan. Logam berat yang masuk ke laut secara alami berasal dari 3 sumber, yaitu :

1. Masukan dari daerah pantai (*coastal supply*), yang berasal dari sungai dan hasil abrasi pantai oleh aktivitas gelombang.
2. Masukan dari laut dalam (*deep sea supply*), meliputi logam-logam yang dibebaskan aktivitas gunung berapi di laut dalam dan logam-logam yang dibebaskan dari partikel-laut sedimen oleh proses kimiawi.
3. Masukan dari lingkungan dekat daratan pantai, termasuk logam-logam yang ditransportasi ikan dari atmosfer sebagai partikel-partikel debu. Sedangkan sumber-

sumber buatan adalah logam-logam yang dibebaskan oleh proses-proses industri logam dan batu-batuan.

Pencemaran logam berat terhadap alam lingkungan estuaria merupakan suatu proses yang erat hubungannya dengan penggunaan logam tersebut oleh manusia. Konsentrasi logam berat dalam perairan dipengaruhi oleh parameter fisika dan kimia yaitu arus, suhu, salinitas, padatan tersuspensi dan derajat keasaman (pH) (Tria.S, 2012). Menurut Renoua *et al* (2008), keberadaan logam ini dalam lingkungan berasal dari dua sumber. Pertama dari proses alamiah seperti pelapukan secara kimiawi dan kegiatan geokimiawi serta dari tumbuhan dan hewan yang membusuk, kedua dari hasil aktivitas manusia terutama hasil dari limbah industri. Semakin bertambahnya industri akan mengakibatkan peningkatan jumlah logam berat yang akan berakibat buruk bagi lingkungan.

Pembuangan limbah logam berat ke lingkungan muara dan pantai mendapat perhatian serius dari para pemerhati lingkungan, karena (a) beracun bagi organisme dan persisten di lingkungan akuatik; (b) kebanyakan berasal dari sumber antropogenik yang terus meningkat; (c) informasi mengenai perilaku dan biotoksitasnya masih terbatas; dan (d) terjadi akumulasi dan biomagnifikasi pada organisme akuatik (Cohen *et al*, 2001). Pengaruh logam berat terhadap ekosistem laut (Pranoto *et al*, 2011) antara lain logam berat yang dilimpahkan ke perairan, baik sungai ataupun laut akan mengalami proses-proses seperti pengendapan, adsorpsi dan absorpsi oleh organisme-organisme perairan.

Logam berat dipengaruhi oleh dinamika pasang surut menunjukkan konsentrasi yang relatif tinggi pada saat pasang tinggi dibandingkan saat pasang rendah. Pasang surut mengendalikan arus air yang membawa sedimen di hutan mangrove serta dinamika logam berat. kondisi pasang juga akan berkaitan kondisi redoks, kondisi oksigen serta kehadiran hidroksida. Pasang menyebabkan presipitasi logam melalui kontribusi air laut. Pada saat surut terjadi penurunan kompleksasi kation permukaan dan kapasitas tukar kation yang terlibat (Praveena, 2008).

2.3 Logam Berat Dalam Ekosistem Mangrove

2.3.1 Keterkaitan Antara Ekosistem Mangrove dan Logam Berat

Dalam rangka analisis keadaan lingkungan, indikator merupakan petunjuk ada tidaknya kenaikan keadaan lingkungan dari keadaan garis dasar, melalui analisis konsentrasi logam atau konsentrasi senyawa kimia tertentu yang terdapat di dalam hewan maupun tanaman. Indikator biologis dapat ditentukan dari hewan atau tanaman yang terletak pada daur pencemaran lingkungan sebelum sampai kepada manusia. Pada indikator biologis ada suatu pengertian yang disebut dengan *Biological Magnification*, yaitu pelipatan konsentrasi bahan pencemar oleh organisme yang tingkatannya lebih tinggi. Pelipatan bahan pencemar di dalam organisme dapat terjadi karena organisme secara tetap mengkonsumsi bahan buangan (bahan pencemar), kemudian diakumulasi di dalam tubuhnya sehingga makin lama konsentrasi bahan pencemar di dalam tubuhnya semakin besar. Jadi, walaupun konsentrasi bahan buangan (bahan pencemar) yang ada di lingkungan (misalnya di dalam air) kecil namun dapat menjadi besar konsentrasinya setelah dikonsumsi oleh organisme dan melalui proses akumulasi (Wardhana, 2001).

Logam berat yang masuk sistem perairan, baik sungai maupun lautan akan dipindahkan dari badan airnya melalui tiga proses yaitu pengendapan, adsorpsi dan absorpsi oleh organisme-organisme perairan. Pada saat buangan limbah industri masuk dalam suatu perairan maka akan terjadi proses pengendapan dalam sedimen. Hal ini menyebabkan konsentrasi bahan pencemar dalam sedimen meningkat. Logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran dan dispersi, kemudian diserap oleh organisme yang hidup di perairan tersebut (Ali dan Rina, 2012). Sudarwin (2008), menyatakan keadaan logam berat di perairan juga dipengaruhi oleh interaksi yang terjadi antara air dan sedimen. Keadaan ini terutama sekali terjadi pada bagian dasar perairan. Pada dasar sungai ion-ion logam dan kompleksnya yang terlarut dengan cepat akan membentuk partikel-partikel lebih besar apabila kontak dengan partikulat yang melayang-layang dalam badan perairan.

Logam berat yang terlarut dalam air akan berpindah ke dalam sedimen jika berikatan dengan materi organik bebas atau materi organik yang melapisi permukaan sedimen dan

penyerapan langsung oleh permukaan partikel sedimen. Materi organik dalam sedimen dan kapasitas penyerapan logam sangat berhubungan dengan ukuran partikel dan luas permukaan penyerapan, sehingga konsentrasi logam dalam sedimen biasanya dipengaruhi ukuran partikel dalam sedimen (Wilson, 1988 *dalam* Mulyadi *et al*, 2009). Dalam lingkungan perairan, bentuk logam antara lain berupa ion-ion bebas, pasangan ion organik dan ion kompleks. Kenaikan pH menurunkan kelarutan logam dalam air, karena kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air, sehingga akan mengendap membentuk lumpur (Palar, 1994).

Di dalam zona estuari dan aliran estuari yang terkena pengaruh pasang surut, terjadi mobilisasi logam berat antara sedimen dan kolom air. Lapisan nefeloid, yaitu lapisan lumpur di dasar perairan Sungai Hudson New York pada jarak 1 km dari tepi pantai mengandung partikel-partikel lumpur dengan konsentrasi 10 kali lebih besar dibandingkan konsentrasi di lautan lepas. Hal itu menunjukkan bahwa ion-ion logam berat yang sebagian besar terikat pada lumpur di dasar perairan tidak menyebar hingga ke laut lepas (Pikir, 1991). Babich dan Stotzky (1978) *dalam* Anggraini (2007), mengemukakan bahwa berbagai faktor lingkungan berpengaruh terhadap logam berat yaitu keasaman tanah, bahan organik, suhu, tekstur, mineral liat, konsentrasi unsur lain dan lain-lain.

Sedimen merupakan sumber nutrisi untuk pertumbuhan suatu tanaman, selain itu sedimen juga berperan sebagai akumulasi bahan limbah yang berasal dari industri dan pertanian (Basta *et al*, 2005). Menurut Sudarwin (2008), peranan tanah terhadap pengangkutan dan penghilangan bahan pencemar sangatlah besar. Proses pengangkutan tersebut ada bermacam-macam diantaranya adalah dengan pengaliran, peresapan dan pelumeran. Pada tanah, semakin halus teksturnya semakin tinggi kekuatannya untuk mengikat logam berat. Oleh karena itu, tanah yang bertekstur liat memiliki kemampuan untuk mengikat logam berat lebih tinggi daripada tanah berpasir. Logam berat mungkin diabsorpsi dan diakumulasi dalam jaringan hidup. Kemampuan beberapa logam berat dalam berikatan dengan asam amino mengikuti urutan sebagai berikut: $Hg > Cu > Ni > Pb >$

Co > Cd (Hutagalung, 1991 *dalam* Rochyatun, 2007). Pada konsentrasi logam berat tertinggi dalam sedimen yang berupa lumpur, tanah liat, pasir berlumpur dan campuran dari ketiganya dibandingkan dengan yang berupa pasir murni. Hal ini sebagai akibat dari adanya gaya tarik elektro kimia partikel sedimen dengan partikel mineral, pengikatan oleh partikel organik dan pengikatan oleh sekresi lendir organisme (Hutagalung, 1997).

Organisme yang pertama terpengaruh akibat penambahan polutan logam berat ke tanah atau habitat lainnya adalah organisme dan tanaman yang tumbuh di tanah atau habitat tersebut. Dalam ekosistem alam terdapat interaksi antar organisme baik interaksi positif maupun negatif yang menggambarkan bentuk transfer energi antar populasi dalam komunitas tersebut, pada akhirnya akan sampai pada hierarki rantai makanan tertinggi yaitu manusia (Saeni, 1997). Mangrove yang tumbuh di ujung sungai besar berperan sebagai penampungan terakhir bagi limbah dari industri di perkotaan dan perkampungan hulu yang terbawa aliran sungai. Limbah padat dan cair yang terlarut dalam air sungai terbawa arus menuju muara sungai dan laut lepas. Area hutan mangrove akan menjadi daerah penumpukan limbah, terutama jika polutan yang masuk ke dalam lingkungan estuari melampaui kemampuan pemurnian alami oleh air (Mastaller, 1996 *dalam* Mulyadi *et al*, 2009). Sedimen yang terakumulasi di hutan mangrove adalah sekumpulan potensi pencemaran antropogenik karena konsentrasi karbon organik total yang tinggi, sifat anaerob dan dekomposisi yang cepat (Marchand *et al*, 2005). Hasil penelitian Chih *et al* (1994), rata-rata pertumbuhan mangrove semakin menurun dengan peningkatan konsentrasi logam berat pada media tanam mangrove.

Pencemaran logam berat dapat diatasi dengan perlakuan kimia, namun proses remediasi ini seringkali sangat mahal dan tidak berlaku spesifik untuk logam berat tertentu. Di sisi lain, perlakuan biologi berpotensi untuk mengambil logam berat beracun secara sangat selektif dan fleksibel, karena dapat digunakan secara in situ atau ex situ tergantung bentuk bioreaktornya. Logam kontaminan merupakan polutan yang berasal dari daerah perkotaan, yang timbul dari limbah industri, limbah perkotaan dan runoff. Sistem mangrove memiliki kapasitas untuk bertindak sebagai penyerap atau buffer dan

menghapus/melumpuhkan logam sebelum mencapai ekosistem perairan di dekatnya (Lloyd dan Lovley, 2001).

Dalam sebuah studi mengenai efek dari pembuangan limbah pada komunitas mangrove di Darwin Australia menunjukkan bahwa pohon mangrove memiliki kapasitas tinggi untuk menerima muatan limbah tanpa menderita kerusakan pada pertumbuhan mereka (Tam *et al*, 1997 *dalam* Kusumastuti, 2009). Kemampuan vegetasi mangrove dalam mengakumulasi logam berat dapat dijadikan alternatif perlindungan perairan estuari terhadap pencemaran logam berat. Tumbuhan yang hidup di daerah tercemar memiliki mekanisme penyesuaian yang membuat polutan menjadi nonaktif dan disimpan di dalam jaringan tua sehingga tidak membahayakan pertumbuhan dan kehidupan tumbuhan. Polutan tersebut akan memberi pengaruh jika dikeluarkan melalui metabolisme jaringan atau jika tumbuhan tersebut dikonsumsi (Wilson, 1988 *dalam* Mulyadi *et al*, 2009).

Penelitian mengenai akumulasi dan distribusi logam berat pada mangrove simulasi oleh Nora *et al* (1997) *dalam* Kusumastuti (2009), menyatakan bahwa konsentrasi logam berat lebih banyak ditemukan di perakaran, baik dalam sedimen maupun tanaman konsentrasi logam berat meningkat sesuai peningkatan jumlah air dari pembuangan. Ini menunjukkan bahwa komponen sedimen mangrove memiliki kapasitas yang besar untuk menyimpan logam berat. Akan tetapi kemampuan untuk menahan logam berat ini tergantung dari usia tanaman dan produksi biomassa.

Mengutip hasil penelitian Pahalawattaarachchi *et al* (2008), *Phytostabilization* dapat digunakan untuk mengurangi mobilisasi kontaminan dalam tanah. Sebagai faktor akumulasi atau konsentrasi yang agak rendah. Logam non-esensial seperti Pb dan Cd dikeluarkan melalui pembongkaran dan pembentukan dengan siklus biogeokimia sementara Ni dan Cr ditranslokasikan dan diserap oleh tanaman sebelum defoliasi. Logam Pb beracun cenderung terakumulasi dalam kulit dan akan mengurangi transfer probabilitas untuk konsumen sekunder.

Purnomo dan Muchyidin (2007), berpendapat akumulasi logam berat sebagai logam beracun pada suatu perairan merupakan akibat dari muara aliran sungai yang mengandung

limbah. Meskipun konsentrasi logam dalam aliran relatif kecil akan tetapi sangat mudah diserap dan diakumulasi secara biologis oleh tanaman atau hewan air dan akan terlibat dalam sistem jaring makanan. Hal tersebut menyebabkan terjadinya proses bioakumulasi, yaitu logam berat akan terkumpul dan meningkat konsentrasinya dalam tubuh organisme yang hidup, kemudian melalui biotransformasi akan terjadi pemindahan dan peningkatan konsentrasi logam berat tersebut secara tidak langsung melalui rantai makanan. Proses rantai makanan ini akan sampai pada jaringan tubuh manusia sebagai suatu komponen dalam sistem rantai makanan.

2.3.2 Mekanisme Akumulasi Logam Berat Pada *Avicennia Marina*

Menurut Fitter dan Hay (1991), tumbuhan memiliki kemampuan untuk menyerap ion-ion dari lingkungannya ke dalam tubuh melalui membran sel. Dua sifat penyerapan ion oleh tumbuhan adalah (1) faktor konsentrasi, yaitu kemampuan tumbuhan dalam mengakumulasi ion sampai tingkat konsentrasi tertentu, bahkan dapat mencapai beberapa tingkat lebih besar dari konsentrasi ion di dalam mediumnya; dan (2) perbedaan kuantitatif akan kebutuhan hara yang berbeda pada tiap jenis tumbuhan. Sel-sel akar tumbuhan umumnya mengandung konsentrasi ion yang lebih tinggi daripada medium di sekitarnya. Sejumlah besar eksperimen menunjukkan adanya hubungan antara laju pengambilan ion dengan konsentrasi ion yang menyerupai hubungan laju reaksi yang dihantarkan enzim dengan konsentrasi sedimennya. Analogi ini menunjukkan adanya mekanisme khusus dalam membran sel yang hanya sesuai untuk suatu ion tertentu dan dapat menyerap ion tersebut, sehingga pada konsentrasi sedimen yang tinggi berperan pada laju maksimum hingga mencapai laju pengambilan jenuh.

Menurut Khiatudin (2003) dalam Kusumastuti (2009), proses masuknya ion logam berat dalam jaringan mangrove bisa terjadi melalui 2 proses, yaitu :

1. *Passive uptake* atau dikenal dengan istilah proses biosorpsi. Proses ini terjadi ketika ion logam berat mengikat dinding sel dengan dua cara yang berbeda, pertama pertukaran ion di mana ion monovalent dan divalent seperti Na, Mg, dan Ca pada dinding sel

digantikan oleh ion-ion logam berat; kedua adalah formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan functional groups seperti carbonyl, amino, thiol, hydroxy, phosphate dan hydroxycarboxyl yang berada pada dinding sel. Proses biosorpsi ini bersifat bolak balik dan cepat. Proses bolak balik ikatan ion logam berat di permukaan sel ini dapat terjadi pada sel mati dan sel hidup dari suatu biomass.

2. *Aktif uptake* terjadi pada berbagai tipe sel hidup. Mekanisme ini secara simultan terjadi sejalan dengan konsumsi ion logam untuk pertumbuhan mikroorganisme atau/dan akumulasi intraselular ion logam tersebut. Logam berat dapat juga diendapkan pada proses metabolisme dan ekskresi pada tingkat ke dua. Proses ini tergantung dari energy yang terkandung dan sensitifitasnya terhadap parameter-parameter yang berbeda seperti pH, suhu, kekuatan ikatan ionik, cahaya dan lain-lain.

Menurut Priyanto dan Joko (2009), Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut.

1. Penyerapan oleh akar. Telah diketahui bahwa agar tumbuhan dapat menyerap logam maka logam harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar (*rizosfer*) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tumbuhannya. Molekul fitosiderofor yang terbentuk ini akan mengikat (mengkhelat) dan membawanya ke dalam sel akar melalui peristiwa transport aktif. Kemudian diikuti pembentukan reduktase spesifik logam. Di dalam meningkatkan penyerapan, tumbuhan membentuk suatu molekul reduktase di membran akarnya. Reduktase ini berfungsi mereduksi logam yang selanjutnya diangkut melalui kanal khusus di dalam membran akar.
2. Translokasi di dalam tubuh tumbuhan. Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus diangkut melalui jaringan pengangkut, yaitu xilem dan floem, ke bagian tumbuhan lain. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat. Berbagai molekul khelat yang berfungsi mengikat logam dihasilkan oleh tumbuhan.

3. Lokalisasi logam pada jaringan. Untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar.

Proses absorpsi racun termasuk unsur logam berat menurut Soemirat (2003), dapat terjadi lewat beberapa bagian tumbuhan yaitu : (a) akar, terutama untuk zat anorganik dan zat hidrofilik; (b) daun bagi zat yang lipofilik; dan (c) stomata untuk memasukkan gas. Adapun proses absorpsinya sendiri terjadi seperti pada hewan dengan berbagai mekanisme difusi, hanya istilah yang digunakan berbeda yakni translokasi. Transpor ini terjadi dari sel ke sel menuju jaringan vaskuler agar dapat didistribusikan ke seluruh bagian tumbuhan. Difusi katalitis terjadi dengan ikatan benang sitoplasma yang disebut plasmadesmata misalnya transpor zat hara dari akar ke daun dan sebaliknya transpor makanan atau hidratkarbon dari daun ke akar.

Beraneka ragam unsur dapat ditemukan di dalam tubuh tumbuhan, tetapi tidak berarti bahwa seluruh unsur-unsur tersebut dibutuhkan tumbuhan untuk kelangsungan hidupnya. Beberapa unsur yang ditemukan di dalam tubuh tumbuhan ternyata dapat mengganggu metabolisme atau meracuni tumbuhan, sebagai contoh adalah beberapa jenis logam berat seperti Al, Cd, Ag dan Pb. Unsur hara dapat kontak dengan permukaan akar melalui 3 cara yaitu : (a) secara difusi dalam larutan tanah; (b) secara pasif oleh aliran air tanah, dan (c) akar tumbuh ke arah posisi hara dalam matrik tanah. Serapan hara oleh akar dapat bersifat akumulatif, selektif, satu arah (*unit directional*), dan tidak dapat jenuh. Penyerapan hara pada waktu yang lama menyebabkan konsentrasi hara dalam sel jauh lebih tinggi ini disebut sebagai akumulasi hara. Pengukuran konsentrasi unsur hara dalam jaringan tumbuhan, tanah atau larutan hara dapat dilakukan dengan alat spektrometer serapan atomik (*atomic absorption spectrometer*) atau spektrometer emisi optikal (*optical emission spectrometer*) (Lakitan, 2001).

Ada tiga jalan yang dapat ditempuh oleh air dan ion-ion yang terlarut bergerak menuju sel-sel xylem dalam akar, yaitu (a) melalui dinding sel (apoplas) epidermis dan sel-sel korteks; (b) melalui sistem sitoplasma (simplas) yang bergerak dari sel ke sel; dan (c)

melalui sel hidup pada akar, dimana sitosol dari setiap sel membentuk suatu jalur (Rosmarkam dan Nasih, 2002).

2.3.3 Fitoremediasi

Menurut Terry dan Gary (2000), fitoremediasi dapat didefinisikan sebagai cara pembersihan polutan dengan media fotosintesis tanaman. Pembersihan diartikan sebagai penghancuran, inaktivasi atau imobilisasi dari polutan menjadi bentuk yang tidak berbahaya. Dalam hal ini tanaman tingkat tinggi dan alga termasuk dalam agen fitoremediasi, tapi penggunaan tanaman untuk membuat lingkungan *physiochemical* yang cocok untuk detoksifikasi polutan oleh bakteri dan fungi secara khusus juga termasuk.

Fitoremediasi dapat didefinisikan sebagai penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik. Fitoremediasi dapat dibagi menjadi fitoekstraksi, rizofiltrasi, fitodegradasi, fitostabilisasi, fitovolatilisasi. Fitoekstraksi mencakup penyerapan kontaminan oleh akar tumbuhan dan translokasi atau akumulasi senyawa itu ke bagian tumbuhan seperti akar, daun atau batang. Rizofiltrasi adalah pemanfaatan kemampuan akar tumbuhan untuk menyerap, mengendapkan dan mengakumulasi logam dari aliran limbah. Fitodegradasi adalah metabolisme kontaminan di dalam jaringan tumbuhan, misalnya oleh enzim dehalogenase dan oksigenase. Fitostabilisasi adalah suatu fenomena diproduksinya senyawa kimia tertentu untuk mengimobilisasi kontaminan di daerah rizosfer. Fitovolatilisasi terjadi ketika tumbuhan menyerap kontaminan dan melepaskannya ke udara lewat daun, dapat pula senyawa kontaminan mengalami degradasi sebelum dilepas lewat daun (Priyanto, 2009).

Fitoremediasi didefinisikan sebagai teknologi pembersihan, penghilangan atau pengurangan polutan berbahaya, seperti logam berat, pestisida dan senyawa organik beracun dalam tanah atau air dengan menggunakan bantuan tanaman. Teknologi ini mulai berkembang dan banyak digunakan karena memberikan banyak keuntungan. Teknologi ini potensial untuk diaplikasikan, aman untuk digunakan dengan dampak negatif relatif kecil,

memberikan efek positif yang multiguna terhadap kebijakan pemerintah, komunitas masyarakat dan lingkungan, biaya relatif rendah, mampu mereduksi volume kontaminan dan memberikan keuntungan langsung bagi kesehatan masyarakat (Khiatuddin *dalam* Kusumastuti, 2003). Menurut Stomp *et al* (1993), proses remediasi terjadi karena tumbuhan dapat melepaskan senyawa kelat, seperti protein dan glukosida, yang berfungsi mengikat logam dan dikumpulkan di jaringan tubuh. Sistem fitoremediasi berbiaya murah, efektif dan dapat dikerjakan secara *in situ*, tetapi memerlukan waktu lama dan pemeliharaan terhadap tumbuhan yang digunakan.

Lahan basah buatan yang umum diberlakukan di perairan yang dekat dengan laut biasanya ditanami dengan mangrove. Mangrove adalah tumbuhan yang bisa hidup di daerah intertidal sekaligus memiliki berbagai kelebihan dalam menyaring zat polutan. Selain itu pemeliharaan mangrove tergolong mudah dan efisien (Khiatuddin *dalam* Kusumastuti, 2003). Proses fitoremediasi yang memiliki keterbatasan-keterbatasan dapat dipadukan dengan proses bioremediasi yang diperkaya di lapisan rhizosfer tanah, dimasa yang akan datang diharapkan dapat menjadi sarana pengeliminasi logam berat di lingkungan secara efektif dan efisien (Setyawan *et al*, 2004).

2.4 Parameter Kimia Perairan

2.4.1 Salinitas

Menurut praseno *et al* (2010), salinitas diartikan sebagai ukuran yang menggambarkan tingkat keasinan (NaCl) dari suatu perairan. Satuan salinitas umumnya dalam bentuk promil atau satu bagian per seribu bagian (ppt), misalnya 35 gr dalam 1 L air. Maka, konsentrasi salinitasnya 35 promil atau dalam istilahnya disebut psu (*partical salinity unit*). Air tawar memiliki salinitas 0 promil air payau memiliki salinitas antara 1-30 promil sedangkan air laut memiliki salinitas diatas 30 promil.

Salinitas air dan salinitas tanah rembesan merupakan faktor penting dalam pertumbuhan, daya tahan dan zonasi spesies mangrove. Tumbuhan mangrove tumbuh subur di daerah estuaria dengan salinitas 10-30 ppt (Kusmana *et al*, 2003). Faktor

lingkungan yang tak kalah penting antara lain salinitas yang nilainya berfluktuasi kepada masukan air dari sungai-sungai, juga bergantung pada genangan pasang surut dan intensitas penguapan yang terjadi. Kebanyakan organisme intertidal menunjukkan toleransi yang terbatas terhadap turunnya salinitas sehingga penurunan salinitas yang melewati batas toleransi akan menyebabkan kematian (Niswari, 2004). Mangrove biasanya tumbuh di estuari yang mempunyai kisaran salinitas air diantara 10-30 ppt (Aksornkoe, 1993).

2.4.2 pH Air

Nilai pH air menyatakan nilai konsentrasi ion hidrogen dalam suatu larutan. Dalam air yang bersih jumlah konsentrasi ion H^+ dan OH^- berada dalam keseimbangan sehingga air yang bersih akan bereaksi netral. Organisme akuatik dapat hidup dalam suatu perairan yang mempunyai nilai pH netral dengan nilai kisaran toleransi antara asam lemah dan basa lemah. pH yang ideal bagi kehidupan organisme akuatik umumnya berkisar antara 7-8,5. Kondisi perairan yang sangat asam maupun yang sangat basa akan membahayakan kelangsungan hidup organisme karena akan menyebabkan mobilitas berbagai senyawa logam yang bersifat toksik (Barus, 2004)

Nilai pH berpengaruh terhadap toksisitas suatu senyawa kimia. Toksisitas logam berat memperlihatkan peningkatan pada pH rendah dan berkurang dengan meningkatnya pH. Nilai pH berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Pada pH <5 alkalinitas dapat mencapai nol. Semakin tinggi nilai pH semakin tinggi pula nilai alkalinitas dan semakin rendah konsentrasi karbondioksida bebas. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH 7-8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan toksisitas logam dapat memperlihatkan peningkatan pH rendah (Effendi, 2003).

2.4.3 pH Sedimen

Derajat keasaman adalah suatu ukuran konsentrasi ion hidrogen yang menunjukkan suasana tersebut asam, basa atau netral (Hariyadi *et al*, 1992). Menurut Firiana (2006), nilai

pH dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu aktivitas fotosintesis, aktivitas biologi, suhu, konsentrasi oksigen dan adanya kation-kation dalam perairan.

Derajat keasaman tanah dapat mempengaruhi transportasi dan keberadaan nutrisi yang diperlukan tanaman mangrove (Murdiyanto, 2003). Jenis tanah banyak dipengaruhi oleh keasaman tanah yang berlebihan yang mengakibatkan tanah sangat peka terhadap terjadinya proses biologi. Jika keadaan lingkungan berubah dari keadaan alaminya, keadaan pH tanah juga akan dapat berubah (Arief, 2003).

III. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi penelitian ini meliputi jaringan tumbuhan mangrove yang terdiri dari akar dan daun mangrove beserta sampel sedimen dan air dari ekosistem mangrove Gunung Anyar Surabaya

3.1.1 Alat-alat penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat yang digunakan dalam pengambilan sampel, pengukuran kualitas air secara insitu dan pengujian logam Pb.

A. Alat untuk pengambilan sampel meliputi :

- pisau
- botol plastik
- plastik
- *cool box*

B. Alat untuk uji logam Pb yaitu :

- *atomic absorbtion spectrophotometer (AAS)*
- botol aquadest
- erlenmeyer
- pipet tetes
- *furnace* (tanur)
- corong
- kertas saring
- cawan porselen
- gelas ukur
- gelas beaker
- labu takar
- *hot plate*
- wadah sampel
- timbangan analitik

C. Alat untuk pengukuran kualitas air meliputi :

- termometer
- *refractometer*
- pH *meter*
- pipet tetes

3.1.2 Bahan-bahan Penelitian

Bahan- bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

- sampel air
- sampel sedimen
- sampel akar
- sampel daun mangrove
- larutan HNO_3
- aquadest
- larutan HClO_4

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam penelitian deskriptif yaitu penelitian yang dimaksudkan untuk mengumpulkan informasi mengenai status suatu gejala yang ada menurut apa adanya pada saat penelitian dilaksanakan. Penelitian deskriptif dimaksudkan untuk membuat gambaran secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antar fenomena yang diteliti (Nazir,1999). Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, pengambilan sampel air, sedimen, akar dan daun mangrove serta pengukuran konsentrasi Pb dalam sampel tersebut. Kegiatan penelitian ini meliputi pengumpulan data yang meliputi :

- a). Data primer adalah data yang diperoleh dari lapang meliputi pengukuran Pb pada akar dan daun mangrove, air, sedimen, salinitas , pH, suhu.
- b). Data sekunder merupakan data pendukung yang diperoleh dari penelitian lain atau dari lembaga-lembaga yang berkaitan dengan penelitian.

3.3 Metode Sampling

Metode sampling penelitian ini adalah purposive sampling yang dianggap mewakili kondisi tiap-tiap stasiun pengamatan. Metode sampling ini meliputi penentuan lokasi stasiun pengambilan sampel dan analisis sampel.

3.3.1 Penentuan Stasiun Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel yang dianggap mewakili keadaan muara sungai yang bervegetasi mangrove. Ada 3 stasiun pengambilan sampel di sepanjang ekosistem mangrove. Setiap stasiun dibagi menjadi 3 sub stasiun. Sehingga akan ada 9 kali pengambilan sampel. Peta lokasi pengambilan sampel ditunjukkan pada lampiran 2.

3.3.2 Teknik Pengambilan Sampel Air

Air diambil dari sungai dan dimasukkan dalam botol 500 ml. Kemudian sampel air dimasukkan dalam coolbox. Sampel air diawetkan dengan larutan HNO_3 sampai $\text{pH} < 3$. Pengukuran Pb dalam air dilakukan di laboratorium menggunakan metode AAS. Pengukuran parameter suhu, pH dan salinitas dilakukan di lapang secara langsung.

3.3.3 Teknik Pengambilan Sampel Sedimen

Sampel sedimen diambil kemudian dimasukkan ke dalam plastik klip sebanyak 100 gr untuk masing-masing titik pengambilan sampel. Sampel sedimen diambil secara komposit dari 3 titik tiap stasiun. 3 titik tersebut berada dalam kisaran 3 meter disekitar pohon mangrove. Sampel sedimen yang diambil merupakan sedimen pada bagian permukaan sedimen mangrove sampai kedalaman 20 cm. Contoh sedimen kemudian ditampung dalam botol. Selanjutnya tempat sampel dibungkus dengan kantong plastik dan selanjutnya dimasukkan kedalam *Cool box*. Sampel sedimen kemudian dianalisa di laboratorium untuk mengetahui konsentrasi Pb menggunakan metode AAS.

3.3.4 Teknik Pengambilan Sampel Akar Mangrove

Akar mangrove diambil dengan cara dipotong dengan menggunakan gunting atau pisau. Akar diambil dari pohon yang mempunyai diameter batang $> 10\text{cm}$. Akar yang dijadikan sampel dalam penelitian ini mengacu pada akar yang berada dalam sedimen. Akar diambil dan dimasukkan dalam plastik sebanyak 100 gr untuk tiap stasiun pengambilan sampel. Sampel akar mangrove dimasukkan dalam coolbox. Pengukuran konsentrasi Pb dilakukan di laboratorium dengan metode AAS.

3.3.5 Teknik Pengambilan Sampel Daun Mangrove

Daun mangrove diambil dengan cara dipetik langsung dengan tangan atau dengan bantuan alat bila tempatnya agak tinggi. Daun yang di ambil adalah daun yang tua dari satu pohon yang mempunyai diameter batang >10cm. Daun diambil dan dimasukkan dalam plastik sebanyak 100 gr untuk tiap stasiun pengambilan sampel. Sampel daun mangrove dimasukkan dalam coolbox. Pengukuran konsentrasi Pb dilakukan di laboratorium dengan metode AAS.

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian meliputi pengukuran parameter kimia secara *insitu* serta pengambilan sampel sampai dengan proses analisis di laboratorium. Dalam pengujian konsentrasi Pb digunakan metode AAS (atomic absorption spectrophotometer) di laboratorium Kimia fakultas MIPA universitas Brawijaya.

3.4.1 Pengujian konsentrasi Pb dalam air

Sampel air sebanyak 50 ml contoh uji dimasukkan kedalam gelas piala 100 ml atau Erlenmeyer 100 ml dan ditambahkan 5 ml HNO₃ pekat, ditutup dengan kaca arloji kemudian dipanaskan perlahan-lahan sampai sisa volumenya 15 ml – 20 ml. Jika destruksi belum sempurna (tidak jernih), maka ditambahkan lagi 5 ml HNO₃ pekat dan ditutup dengan kaca arloji kemudian dipanaskan lagi (tidak mendidih). Proses ini dilakukan secara berulang sampai semua logam larut, yang terlihat dari warna endapan contoh uji menjadi agak putih atau contoh uji menjadi jernih. Setelah itu kaca arloji dibilas dan air bilasannya dimasukkan kedalam gelas piala. Kemudian contoh uji dipindahkan ke dalam labu ukur 50 ml (disaring bila perlu) dan ditambahkan air bebas mineral sampai tepat tanda tera kemudian dihomogenkan. Setelah itu dibaca serapannya dengan menggunakan alat AAS pada panjang gelombang 283,3 nm (basset, 1994).

3.4.2 Pengujian konsentrasi Pb dalam sedimen

Sedimen dikeringkan dalam oven dengan suhu 105 °C selama 12 jam untuk menghilangkan kadar airnya dan diperoleh berat konstan. Sampel sedimen ditimbang sebanyak 5 gr kemudian dimasukkan dalam tanur pada suhu 600 sampai dengan 650°C untuk proses pengabuan selama 3-4 jam. Setelah selesai proses pengabuan sampel sedimen dilarutkan dengan menambahkan 20 ml HNO₃ pekat dan 10 ml HClO₄. Kemudian ditambahkan dengan aquadest sampai volume menjadi 50 ml. larutan tersebut dipanaskan pada hotplate sampai mendidih dan volume berkurang 30 ml. Apabila belum terjadi kabut ulangi kembali penambahan HNO₃ sebanyak 20 ml dan 10 ml HClO₄ sebanyak 10 ml pada larutan tersebut dan dipanaskan kembali sampai terjadi kabut. Kemudian tambahkan aquadest hingga volume larutan menjadi 50 ml lalu di endapkan. Larutan yang diendapkan disaring fasa airnya dengan kertas saring. Larutan yang diperoleh siap dianalisa menggunakan AAS (*atomic absorbtion spectrophotometer*) pada panjang gelombang 283,3 nm (basset, 1994).

3.4.3 Pengujian konsentrasi Pb dalam akar dan daun mangrove

Preparasi akar dan daun, sampel dipotong kecil-kecil untuk mempermudah proses menghaluskan sampel akar dan daun. Sampel akar dan daun ditimbang sebanyak 5 gr kemudian dimasukkan dalam tanur pada suhu 600-650 °C untuk proses pengabuan selama 3-4 jam. Setelah selesai proses pengabuan sampel sedimen dilarutkan dengan menambahkan 20 ml HNO₃ pekat dan 10 ml HClO₄. Kemudian ditambahkan dengan aquadest sampai volume menjadi 50 ml. larutan tersebut dipanaskan pada hotplate sampai mendidih dan volume berkurang 30 ml, bila belum terjadi kabut ulangi kembali penambahan HNO₃ sebanyak 20 ml dan 10ml HClO₄ sebanyak 10 ml pada larutan tersebut dan dipanaskan kembali sampai terjadi kabut. Kemudian tambahkan aquadest hingga volume larutan menjadi 50 ml lalu di endapkan. Larutan yang diendapkan disaring fasa airnya dengan kertas saring. Larutan yang diperoleh siap dianalisa menggunakan AAS (*atomic absorbtion spectrophotometer*) pada panjang gelombang 283,3 nm (basset, 1994).

3.4.1 Prosedur pengukuran Suhu Air

Pengukuran suhu air dilakukan secara in situ dengan menggunakan thermometer Hg. Thermometer dimasukkan ke dalam perairan dan di minimalkan darisinar matahari langsung. Waktu pengukuran sekitar 1 menit sampai skala pada thermometer menunjukkan nilai yang stabil. Pembacaan hasil pengukuran pada thermometer dilakukan dengan posisi thermometer masih didalam perairan.

3.4.2 Prosedur Pengukuran Salinitas

Pengukuran salinitas dilakukan secara in situ dengan menggunakan refraktometer. Persiapan alat perlu dilakukan yaitu kalibrasi lapisan prisma refraktometer dengan menggunakan aquades dan keringkan menggunakan tisu. Sampel air diteteskan pada lapisan prisma menggunakan pipet tetes. Pembacaan skala refraktometer dilakukan dengan cara mengarahkan pada cahaya agar skala dapat terbaca dengan jelas. Skala yang ditunjukkan refraktometer menunjukkan salinitas sampel air.

3.4.3 Prosedur Pengukuran pH Air

Pengukuran pH air dilakukan secara in situ dengan menggunakan pH meter. Perlu dilakukan kalibrasi bagian sensor dari pH meter dengan aquades kemudian dikeringkan dengan tisu. Hal ini perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil yang akurat. pH meter siap digunakan, diawali dengan menyalakan pH meter. Bagian ujung sensor pH meter di masukkan ke dalam sampel air. Pada pH meter terdapat tombol yang berguna untuk menetapkan nilai pH agar mendapat nilai paling stabil. Pengukuran bisa dilakukan berulang kali sampai di dapat hasil yang paling stabil.

3.4.4 Prosedur Pengukuran pH Sedimen

Pengukuran pH sedimen dilakukan secara in situ dengan menggunakan pH meter. Perlu dilakukan kalibrasi bagian sensor dari pH meter dengan aquades kemudian dikeringkan dengan tisu. Hal ini perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil yang akurat. pH

meter siap digunakan, diawali dengan menyalakan pH meter. Bagian ujung sensor pH meter di masukkan ke dalam sampel sedimen. Pada pH meter terdapat tombol yang berguna untuk menetapkan nilai pH agar mendapat nilai paling stabil. Pengukuran bisa dilakukan berulang kali sampai di dapat hasil yang paling stabil.

3.5 Analisis Data

Analisis data merupakan alat statistik untuk mengolah data yang diperoleh selama penelitian. Pengolahan data ini dimaksudkan agar mempermudah dalam mencari hubungan antar parameter penelitian. Analisisnya menggunakan korelasi dan regresi linier sederhana. Perhitungan dilakukan secara manual.

3.5.1 Regresi Linier

Analisis regresi merupakan studi dalam menjelaskan dan mengevaluasi hubungan antara suatu peubah bebas (*independent variable*) dengan peubah tak bebas (*dependent variable*) dengan tujuan untuk mengestimasi dan atau meramalkan nilai peubah tak bebas didasarkan pada nilai peubah bebas yang diketahui. analisis regresi berguna dalam menelaah hubungan dua variabel atau lebih, dan terutama untuk menelusuri pola hubungan yang modelnya belum diketahui dengan sempurna, sehingga dalam penerapannya lebih bersifat eksploratif (Widarjono, 2005). Model persamaan regresi linear sederhana adalah

$$Y = a + bX$$

Dimana :

Y = variabel *response* atau variabel akibat (*Dependent*)

X = variabel *predictor* atau variabel faktor penyebab (*Independent*)

a = konstanta

b = koefisien regresi (kemiringan); besaran response yang ditimbulkan oleh predictor.

Nilai-nilai a dan b dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$a = \frac{(\Sigma y) (\Sigma x^2) - (\Sigma x) (\Sigma xy)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

$$b = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

3.5.2 Korelasi

Perhitungan korelasi digunakan untuk mengetahui keeratan hubungan antara konsentrasi logam pada air, sedimen, akar dan daun mangrove. korelasi adalah metode statistik yang digunakan untuk menentukan kuat tidaknya (derajat) hubungan linier antara 2 variabel atau lebih. Indeks/bilangan yang digunakan untuk mengukur keeratan hubungan antar variabel disebut Koefisien Korelasi (r). Jika b positif maka r positif sedangkan jika b negatif maka r negatif.

- Nilai r terletak dari -1 sampai $+1$ atau ditulis $-1 \leq r \leq +1$.
- Bila r mendekati $+1$ dan -1 maka terjadi korelasi tinggi dan terjadi hubungan linier yang sempurna antara X dan Y.
- Bila r mendekati 0 hubungan liniernya sangat lemah atau tidak ada.

Untuk mencari nilai koefisien korelasi (r) dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{\{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\} (n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

Pedoman untuk menginterpretasikan koefisien korelasi (r)

0,00–0,199 = sangat rendah

0,20–0,399 = rendah

0,40 – 0,599 = sedang

0,60 – 0,799 = kuat

0,80 – 1,000 = sangat kuat

3.5.3 Faktor Biokonsentrasi dan Faktor Translokasi

Hubungan konsentrasi Pb pada lingkungan dan jaringan mangrove perlu diketahui untuk mengetahui gambaran peranan mangrove dalam suatu ekosistem. Ada dua hal yang perlu diketahui dalam hal ini yaitu gambaran seberapa besar konsentrasi Pb yang masuk pada jaringan tanaman mangrove yang berasal dari lingkungan serta seberapa besar

konsentrasi Pb yang ditranslokasikan dari akar menuju batang. Maka perlu dilakukan perhitungan *bioconcentration factor* (BCF) dan *translocation factor* (TF).

Perbandingan antara konsentrasi logam pada akar atau daun dengan konsentrasi pada sedimen dikenal dengan Bioconcentration Factor (BCF) atau factor biokonsentrasi. Rumus Faktor biokonstrasi menurut Farlane *et al* (2007) dalam Hamzah dan Setyawan (2010):

$$BCF = \frac{Cb}{Cm}$$

Keterangan :

BCF : Faktor Biokonsentrasi

Cb : Konsentrasi dalam biota (akar/daun) (ppm)

Cm : Konsentrasi dalam media/sedimen (ppm)

Perbandingan antara konsentrasi logam pada daun dan akar yang dikenal sebagai Translocation Factors (TF). Nilai TF dihitung untuk mengetahui perpindahan akumulasi logam dari akar ke tunas (Farlane et al, 2007 dalam Hamzah dan Setiawan, 2010).

Berikut merupakan rumus perhitungan TF:

$$TF = \frac{BCF\ daun}{BCF\ akar}$$

Keterangan:

TF : Faktor Translokasi

BCF : Faktor Biokonsentrasi

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Umum Lingkungan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan mangrove Gunung anyar di kecamatan Gunung anyar Surabaya. Kawasan mangrove Gunung anyar terletak di pantai timur Surabaya dan dijadikan daerah wisata mangrove. Kecamatan Gunung anyar berbatasan langsung dengan kecamatan Rungkut yang merupakan sentra industri di kota Surabaya. Kecamatan Gunung anyar terdiri dari 4 kelurahan yaitu : Gunung anyar, Gunung anyar tambak, Rungkut menanggal dan Rungkut tengah. Wilayah barat kecamatan Gunung anyar mayoritas penduduknya adalah pekerja di industri yang ada di kawasan industri Rungkut (SIER). Penduduk disekitar kawasan mangrove adalah para nelayan dan petani tambak. Pengelolaan kawasan mangrove dilakukan secara mandiri oleh masyarakat. Kawasan mangrove Gunung anyar dikelola sebagai lokasi wisata mangrove sejak 2010 yang lebih dikenal sebagai Wisata Anyar Mangrove.

Batas wilayah kecamatan Gunung anyar kota Surabaya adalah sebagai berikut :

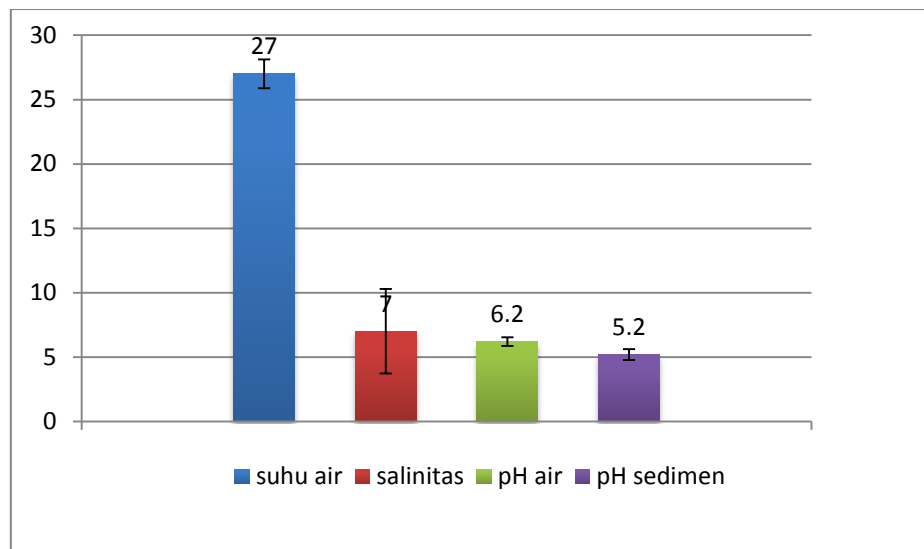
- Sebelah utara berbatasan dengan kelurahan Medokan ayu
- Sebelah selatan kelurahan Tambak osi kabupaten Sidoarjo
- Sebelah timur selat Madura
- Sebelah barat kecamatan Rungkut

Ekosistem mangrove Gunung anyar terdapat aliran sungai Kebon agung. Aliran sungai ini merupakan salah satu sungai yang melewati kawasan industri Rungkut. Jenis industri yang menghasilkan limbah Pb antara lain industri pulp dan kertas. Industri pulp dan kertas yang berada di kawasan Rungkut antara lain PT. Surabaya agung, PT. Surabaya mega box, PT. Surabaya kertas dan pulp dan PT. Adiprima surya printa. Industri pulp dan kertas yang ada ada kemungkinan limbah yang terbuang ke aliran sungai kebon agung dan terbawa sampai di kawasan mangrove Gunung anyar.

4.2 Paramater Kimia

Kondisi lingkungan perairan diamati melalui beberapa parameter yang

diukur secara in situ. Parameter yang diukur meliputi suhu air, salinitas dan pH. Pengukuran secara insitu di lapangan dimulai pukul 9 pagi sampai jam 12 siang.



Gambar 2. Parameter kimia perairan

Suhu air pada saat pengambilan sampel di muara sungai Kebon agung berkisar 26-29°C dengan suhu air rata-rata 27,5°C. Perbedaan suhu air pada tiap pengukuran diakibatkan oleh karena perbedaan intensitas cahaya. Pengukuran pada stasiun pertama dilakukan saat masih pagi sehingga intensitas cahaya matahari masih rendah. Stasiun 3 merupakan stasiun terakhir pengambilan sampel yang dilakukan saat intensitas cahaya matahari mulai meningkat. Kisaran suhu yang baik bagi kehidupan organisme perairan adalah antara 18-30°C. Berdasarkan hal tersebut, maka suhu perairan lokasi penelitian tergolong masih baik serta dapat mendukung kehidupan organisme yang hidup di dalamnya.

Kisaran pH pada hasil pengamatan berkisar antara 5-6. Nilai pH suatu perairan menggambarkan keseimbangan antara asam dan basa dalam air dan yang diukur adalah konsentrasi ion hidrogen. Nilai derajat keasaman (pH) di ketiga stasiun pengamatan maka hal tersebut menunjukkan bahwa perairan tersebut bersifat asam. Hal ini disebabkan oleh kawasan mangrove Gunung anyar kaya akan bahan organik dalam sedimen lumpur. Namun, secara umum pengukuran nilai derajat keasamannya berdasarkan Kepmen KLH

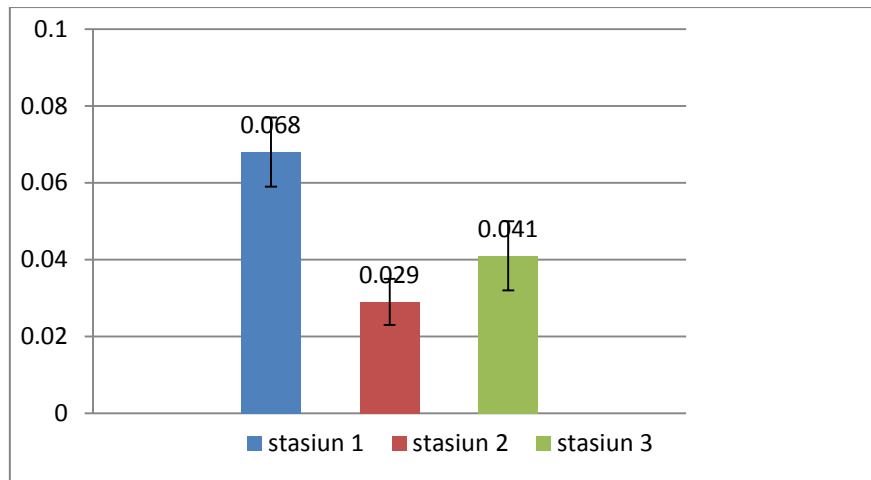
No.51 tahun 2004, kedua perairan tersebut masih mendukung kehidupan organisme di sekitarnya.

Salinitas merupakan gambaran jumlah garam dalam suatu perairan. Sebaran salinitas di air laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai (Nontji, 1987). Hasil pengukuran masih menunjukkan nilai normal. Stasiun ke 3 nilai salinitas paling tinggi karena stasiun 3 paling dekat dengan pantai serta saat dilakukan pengukuran air sudah mulai pasang.

4.3 Konsentrasi Pb pada Ekosistem Mangrove

4.3.1 Konsentrasi Pb pada Air

Hasil pengujian logam Pb dalam sampel air didapatkan hasil stasiun 1 sebesar 0,068 ppm, pada stasiun 2 sebesar 0,029 ppm dan stasiun 3 sebesar 0,041 ppm. Konsentrasi logam berat dalam air pada stasiun 1 paling tinggi. Hal ini sangat dipengaruhi oleh lokasi stasiun 1 yang merupakan lokasi pertama dilewati aliran sungai sebelum stasiun 2 dan stasiun 3 dan akhirnya sampai pada perairan pantai. Konsentrasi logam berat pada stasiun 3 hasilnya lebih besar dari stasiun 2. Hal ini dimungkinkan karena pada stasiun 3 adalah muara yang paling dekat dengan pantai sehingga masukan stasiun 3 mendapat masukan dari air laut yang mengandung logam berat. Diliyana (2008) mengemukakan bahwa bahan pencemar yang masuk ke dalam ekosistem laut dapat dibagi menjadi dua bila ditinjau dari asalnya, yaitu : (1) berasal dari laut sendiri, misalnya pembuangan sampah dari kapal, lumpur dan buangan dari kegiatan pertambangan laut. (2) berasal dari kegiatan-kegiatan di daratan. Bahan pencemar dapat masuk ke ekosistem laut melalui udara atau terbawa air sungai.



Gambar 3. Konsentrasi Pb pada air

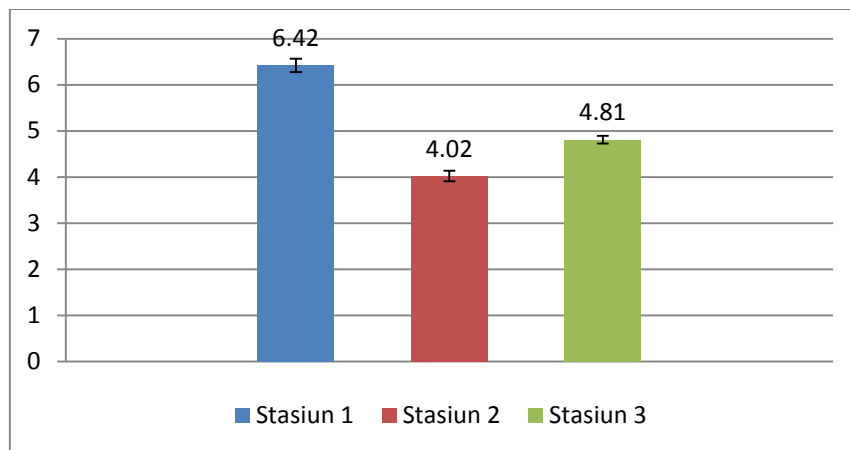
Konsentrasi logam berat dalam air sangat dipengaruhi oleh masukan dari masukan air sungai yang membawa limbah akibat aktivitas manusia dari daratan serta masukan air maupun pengenceran serta pengadukan akibat adanya peristiwa pasang air laut. Menurut Praveena (2008), logam berat dipengaruhi oleh dinamika pasang surut menunjukkan konsentrasi yang relatif tinggi pada saat pasang tinggi dibandingkan saat pasang rendah. Pasang surut mengendalikan arus air yang membawa sedimen di hutan mangrove serta dinamika logam berat. Kondisi pasang juga akan berkaitan kondisi redoks, kondisi oksigen serta kehadiran hidroksida. Pasang menyebabkan presipitasi logam melalui kontribusi air laut. Pada saat surut terjadi penurunan kompleksasi kation permukaan dan kapasitas tukar kation yang terlibat.

Pengaruh pasang surut masih berdampak signifikan pada stasiun 2 dan stasiun 3 yang terjadi fluktuasi pada hasil pengukuran konsentrasi logam berat. Pasang di mangrove Gunung anyar terjadi mulai pukul 10 siang, saat itu pengukuran pada stasiun 2 dan 3. Rochyatun *et al* (2005), menyatakan bahwa Selain dari aktivitas manusia, kemungkinan kondisi pola arus pasang surut yang cukup tenang menyebabkan bahan pencemar yang mengandung logam Pb mengalami proses pengenceran cukup rendah, kemudian akan mengendap di dasar perairan.

4.3.2 Konsentrasi Pb pada Sedimen

Hasil pengukuran Pb dalam sedimen pada stasiun 1 sebesar 6,42 ppm, stasiun 2 sebesar 4,02 ppm dan stasiun 3 sebesar 4,81 ppm. Stasiun 1 > stasiun 3 > stasiun 2. Konsentrasi Pb pada sedimen juga lebih tinggi dari konsentrasi Pb dalam air. Konsentrasi Pb dalam sedimen sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain jenis sedimen, pasang surut air laut, bahan organik serta pH air maupun sedimen. Faktor tersebut menyebabkan terjadinya proses pengendapan, adsorpsi dan ikatan antara partikel logam berat dan partikel lumpur serta pertukaran ion antara logam berat dengan sedimen. Menurut Harahap (1991), logam berat bersifat mengendap dalam perairan. Logam berat mempunyai sifat mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen, maka konsentrasi logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dengan kolom perairan.

Secara umum Konsentrasi Pb dalam sedimen jauh lebih tinggi daripada konsentrasi Pb pada air. Hal ini dikarenakan terjadi pengendapan logam Pb dari air. Supriharyono (2002), mengemukakan bahwa logam berat yang dilimpahkan ke dalam perairan, baik sungai maupun lautan akan mengalami paling tidak tiga proses yaitu pengendapan apabila konsentrasi logam lebih besar daripada daya larut terendah komponen yang terbentuk antara logam dan anion yang ada dalam air. Adsorpsi (berikatan dengan unsur lain) dan absorpsi (penyerapan) oleh organisme-organisme perairan. Menurut Harahap (1991), logam berat bersifat mengendap dalam perairan. Logam berat mempunyai sifat mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen, maka konsentrasi logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dengan kolom perairan.



Gambar 4. Konsentrasi Pb pada sedimen

Ketika ada masukan air dari perairan sungai yang mengandung logam Pb akan terjadi beberapa proses. Logam Pb yang berupa ion akan terikat dengan ion lain yang akhirnya mengendap di dasar perairan. Sudarwin (2008), menyatakan pada dasar sungai ion-ion logam dan kompleksnya yang terlarut dengan cepat akan membentuk partikel-partikel lebih besar apabila kontak dengan partikulat yang melayang-layang dalam badan perairan. Menurut Palar (1994), dalam lingkungan perairan bentuk logam antara lain berupa ion-ion bebas, pasangan ion organik dan ion kompleks. Kenaikan pH menurunkan kelarutan logam dalam air, karena kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air sehingga akan mengendap membentuk lumpur. Pikir (1991) menyatakan, di dalam zona estuari dan aliran estuari yang terkena pengaruh pasang surut terjadi mobilisasi logam berat antara sedimen dan kolom air.

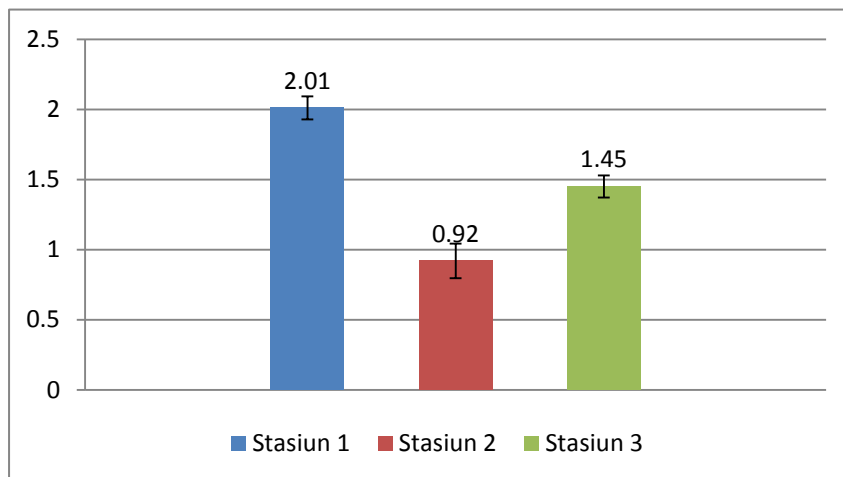
Tingginya konsentrasi Pb pada sedimen juga sangat dipengaruhi oleh jenis sedimen. Semakin halus maka semakin tinggi konsentrasai logamnya. Menurut Hutabarat dan Evans (1984), konsentrasi logam berat dalam sedimen berkaitan dengan ukuran butiran sedimen yang memiliki ukuran partikel lebih halus memiliki konsentrasi logam berat lebih tinggi dibandingkan dengan sedimen kasar. Korzeniewski dan Neugabier dalam Amin (2002), berpendapat bahwa konsentrasi logam berat dalam sedimen dipengaruhi oleh tipe sedimen dengan kategori konsentrasi logam berat dalam lumpur > lumpur berpasir > berpasir.

Menurut Hutagalung (1991) *dalam* Rochyatun (2007), pada konsentrasi logam berat tertinggi dalam sedimen yang berupa lumpur, tanah liat, pasir berlumpur dan campuran dari ketiganya dibandingkan dengan yang berupa pasir murni. Hal ini sebagai akibat dari adanya gaya tarik elektro kimia partikel sedimen dengan partikel mineral, pengikatan oleh partikel organik dan pengikatan oleh sekresi lendir organisme. Pada tanah, semakin halus teksturnya semakin tinggi kekuatannya untuk mengikat logam berat. Oleh karena itu, tanah yang bertekstur liat memiliki kemampuan untuk mengikat logam berat lebih tinggi daripada tanah berpasir.

4.3.3 Konsentrasi Pb pada Akar *A. Marina*

Hasil pengukuran konsentrasi Pb pada akar adalah pada stasiun 1 sebesar 2,01 ppm, pada stasiun 2 sebesar 0,92 ppm dan stasiun 3 sebesar 1,45 ppm. Konsentrasi logam Pb pada akar cukup tinggi karena bersinggungan secara langsung dengan sedimen yang mengandung logam Pb yang tinggi. Secara berkala yaitu ketika terjadi pasang akar juga akan terendam oleh air sehingga memperbesar potensi tingginya konsentrasi logam Pb dalam akar. Ali dan Rina (2012) menyatakan, logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran dan dispersi, kemudian diserap oleh organisme yang hidup di perairan tersebut. Menurut Shannon et al (1994), akar merupakan bagian yang kontak langsung dengan lingkungannya oleh karena itu akar merupakan suatu struktur dan berfungsi mengatur pengambilan dan transport ion. Menurut Priyanto dan Joko (2009), logam berat Pb yang diserap oleh akar akan ditranslokasikan ke bagian tumbuhan lainnya. Sedangkan pada akar memiliki nilai yang tinggi karena akar merupakan bagian yang kontak langsung dengan sedimen yang tercemar kemudian ditranslokasikan ke bagian lain. Menurut Nora F.Y.T (1997) dalam Kusumastuti (2009), baik dalam sedimen maupun tanaman konsentrasi logam berat meningkat sesuai peningkatan jumlah air dari pembuangan. Ini menunjukkan bahwa komponen sedimen mangrove memiliki kapasitas yang besar untuk menyimpan logam berat. Akan tetapi kemampuan untuk menahan logam

berat ini tergantung dari usia tanaman dan produksi biomassa.



Gambar 5. Konsentrasi Pb pada akar *A.marina*

Konsentrasi Pb yang lebih rendah pada akar dibandingkan dengan konsentrasi Pb pada sedimen juga terjadi akibat peran akar dengan karakteristiknya yaitu akar dapat menjadi penyaring dalam penyerapan logam berat. Hal ini merujuk pada pendapat Baker (1991) dalam Farlane *et al* (2003) yang menyatakan bahwa, *Avicennia marina* merupakan spesies mangrove yang sangat ketat dalam menyerap logam Pb bahkan sampai tidak menyerap sama sekali. berdasarkan mekanisme fisiologis, mangrove secara aktif mengurangi penyerapan logam berat ketika konsentrasi logam berat di sedimen tinggi. Penyerapan tetap dilakukan namun dalam jumlah yang terbatas dan terakumulasi di akar. Selain itu, terdapat sel endodermis pada akar yang menjadi penyaring dalam proses penyerapan logam berat. Dimulai dari akar, logam akan di translokasikan ke jaringan lainnya seperti batang dan daun serta mengalami proses kompleksasi dengan zat yang lain seperti fitokelatin.

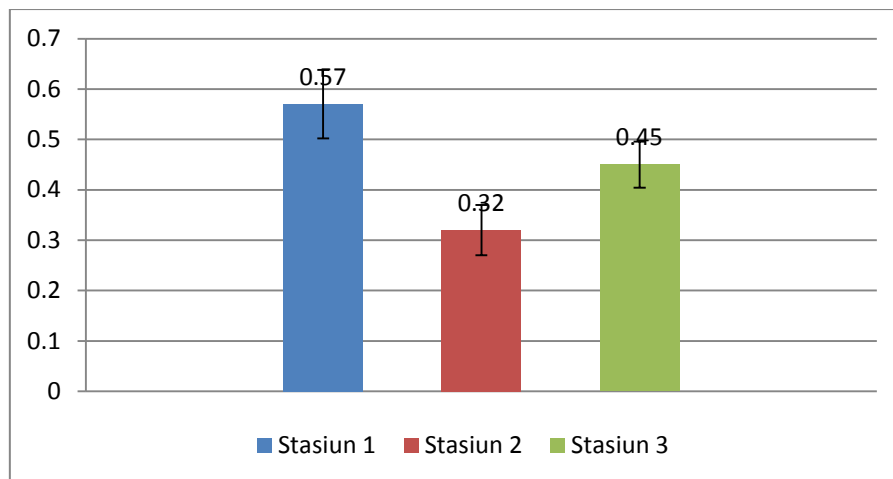
Beraneka ragam unsur dapat ditemukan di dalam tubuh tumbuhan tetapi tidak berarti bahwa seluruh unsur-unsur tersebut dibutuhkan tumbuhan untuk kelangsungan hidupnya. Beberapa unsur yang ditemukan di dalam tubuh tumbuhan ternyata dapat mengganggu metabolisme atau meracuni tumbuhan, sebagai contoh adalah beberapa jenis logam berat seperti Al, Cd, Ag dan Pb. Unsur hara dapat kontak dengan permukaan akar melalui 3 cara, yaitu : (1) secara difusi dalam larutan tanah; (2) secara pasif oleh aliran air tanah; (3) akar tumbuh ke arah posisi hara dalam matrik tanah. Serapan hara oleh akar dapat bersifat

akumulatif, selektif, satu arah (*unit directional*) dan tidak dapat jenuh. Penyerapan hara pada waktu yang lama menyebabkan konsentrasi hara dalam sel jauh lebih tinggi ini disebut sebagai akumulasi hara (Lakitan, 2001).

Menurut Priyanto dan Joko (2009), Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut. Ada tiga jalan yang dapat ditempuh oleh air dan ion-ion yang terlarut bergerak menuju sel-sel xylem dalam akar yaitu (1) melalui dinding sel (apoplas) epidermis dan sel-sel korteks; (2) melalui sistem sitoplasma (simplas) yang bergerak dari sel ke sel; (3) melalui sel hidup pada akar, dimana sitosol dari setiap sel membentuk suatu jalur (Rosmarkam dan Nasih, 2002).

4.3.4 Konsentrasi Pb pada Daun *A. Marina*

Hasil pengukuran konsentrasi logam berat Pb pada stasiun 1 adalah 0,57 ppm, stasiun 2 hasilnya 0,32 ppm dan stasiun 3 hasilnya adalah 0,45 ppm. Konsentrasi Pb pada daun masih lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi Pb pada akar mangrove. Hal ini tidak serta merta berarti mangrove mengakumulasi logam Pb pada bagian akar bukan pada daun. Ada kemungkinan lain yang bisa terjadi, logam Pb pada akar hanya ditranslokasikan ke bagian lain tanpa ada ekskresi melalui akar sedang pada daun ada mekanisme ekskresi secara berkala melalui transpirasi serta absisi pada daun yang tua sehingga konsentrasi logam Pb yang teramati lebih rendah dari konsentrasi Pb pada akar.



Gambar 6. Konsentrasi Pb pada daun *A. marina*

Menurut ali dan Rina (2012), Jika logam berat memasuki jaringan terdapat mekanisme yang sangat jelas. Pengambilan (*up taken*) logam berat oleh tumbuhan di lahan basah adalah melalui penyerapan dari akar, setelah itu tumbuhan dapat melepaskan senyawa kelat, seperti protein dan glukosida yang berfungsi mengikat logam dan dikumpulkan ke jaringan tubuh kemudian ditransportasikan ke batang, daun dan bagian lainnya sedangkan ekskresinya terjadi melalui transpirasi.

Fitter dan hay (1991), juga menjelaskan tentang keberadaan logam berat pada daun. Menurutnya Pohon Api-api (*Avicennia marina*) memiliki upaya penanggulangan materi toksik lain diantaranya dengan melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi), yaitu dengan menyimpan banyak air untuk mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga mengurangi toksisitas logam tersebut. Pengenceran dengan penyimpanan air di dalam jaringan biasanya terjadi pada daun dan diikuti dengan terjadinya penebalan daun (sukulensi). Ekskresi juga merupakan upaya yang mungkin terjadi, yaitu dengan menyimpan materi toksik logam berat di dalam jaringan yang sudah tua seperti daun yang sudah tua dan kulit batang yang mudah mengelupas, sehingga dapat mengurangi konsentrasi logam berat di dalam tubuhnya.

Daun masih menerima efek dari kondisi lingkungannya. Daun mampu mengakumulasi logam dalam jaringannya tetapi diikuti dengan sejumlah mekanisme yang mengurangi konsentrasi serta efek logam pada jaringannya. Menurut penelitian Wibowo

(2009), menjelaskan bahwa tanaman *Avicennia Marina* memiliki konsentrasi protein yang cukup banyak, terutama pada daun dan buah yaitu sebesar 5,09% dan 10,85%. Adanya protein dalam tanaman tersebut memungkinkan logam berat Pb terikat pada protein yang ada dalam tanaman sehingga dapat mengakibatkan perubahan struktur protein. Daun pada *Avicennia Marina* merupakan salah satu bagian tumbuhan yang dapat mengakumulasi logam berat Pb menurut Arisandy et al (2011). *Avicennia marina* mempunyai sistem adaptasi fisiologi dalam mengakumulasi logam berat Pb seperti halnya akumulasi garam pada daun. Logam berat Pb yang diakumulasi oleh daun disimpan pada jaringan epidermis bawah daun.

4.3.5 Hasil Penelitian Lain

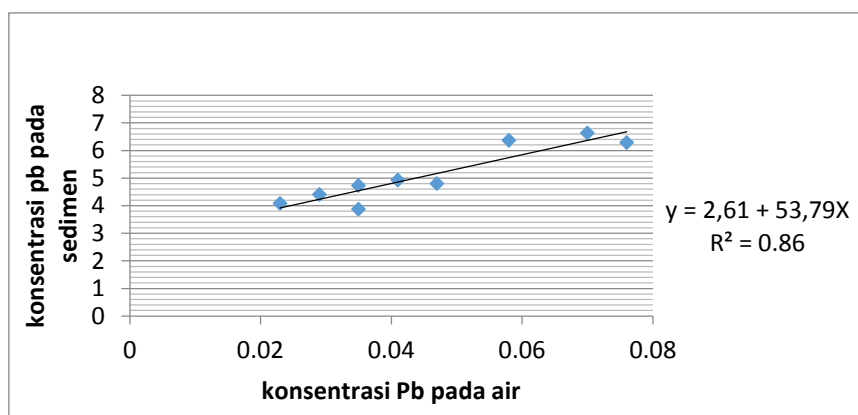
Untuk melengkapi data penelitian maka diperlukan data-data sekunder dari penelitian lain yang masih terkait dengan penelitian ini. Penelitian yang terkait ini didasarkan pada tempat penelitiannya yaitu di ekosistem mangrove Gunung Anyar Surabaya. Berdasarkan hasil penelitian Salsabela et al (2014), konsentrasi logam Pb pada mangrove *Avicennia alba* di ekosistem mangrove Gunung Anyar Surabaya adalah konsentrasi pada sedimen > akar > batang > daun > buah air. Hasil tersebut tidak berbeda dengan hasil penelitian ini yaitu konsentrasi sedimen > akar > daun > air. Nilai konsentrasi Pb *Avicennia alba* di kawasan mangrove Gunung Anyar Surabaya lebih besar pada tiap parameter. Konsentrasi Pb pada air sebesar 0,28-0,37 ppm; sedimen 10,72-12,04 ppm; akar 3,74-5,44 ppm; batang 1,17-1,56 ppm; daun 0,71-0,98 ppm dan pada buah 0,34-0,55 ppm. Nilai faktor biokonsentrasi *Avicennia alba* di kawasan mangrove Gunung Anyar adalah 0,31-0,45 termasuk jenis tanaman akumulator. Sedangkan faktor translokasi *Avicennia alba* tidak termasuk tanaman yang mengakumulasi logam pada daunnya karena nilai faktor translokasinya adalah 0,18-0,19. Hasil lengkap penelitian di tunjukkan pada lampiran 3.

4.4 Hubungan Konsentrasi Pb pada Ekosistem Mangrove

4.4.1 Hubungan Konsentrasi Pb pada Air dan Pb pada Sedimen

Hasil analisis korelasi konsentrasi Pb pada akar air dan sedimen menunjukkan nilai $r = 0,93$ hal ini berarti ada hubungan yang sangat erat antara konsentrasi Pb pada air dan konsentrasi Pb pada sedimen. Nilai koefisien determinasi (r^2) = 0,86 artinya 86 % konsentrasi Pb pada sedimen dapat dijelaskan oleh konsentrasi Pb pada air. Sedangkan sisanya sebesar 14% dipengaruhi oleh parameter lain selain konsentrasi Pb pada air.

Hasil regresi menunjukkan nilai konstanta a adalah 2,61 dan nilai b air adalah 53,79 maka persamaan regresinya adalah $Y = 2,61 + 53,79X$ artinya jika terjadi peningkatan konsentrasi Pb pada air sebesar 1 ppm maka diprediksi terjadi peningkatan Pb pada sedimen sebesar 53,79 ppm. Tetapi ada hal yang perlu menjadi catatan yaitu rentang waktu. Keberadaan logam Pb ekosistem mangrove merupakan sebuah fenomena yang bersifat siklikal melibatkan beberapa komponen biologi maka sangat dipengaruhi oleh lama waktu dalam setiap rangkaian proses alamiahnya.



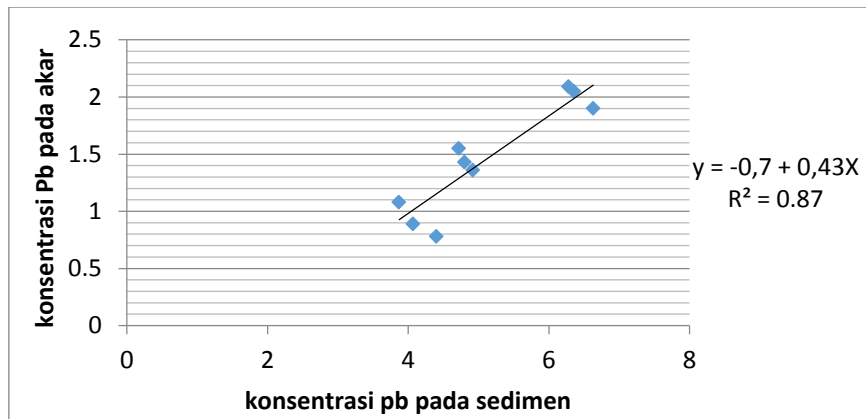
Gambar 7. Regresi Pb pada air dan sedimen

Secara umum Konsentrasi Pb dalam sedimen jauh lebih tinggi daripada konsentrasi pb pada air hal ini dikarenakan terjadi pengendapan logam Pb dari air. Supriharyono (2002), mengemukakan bahwa logam berat yang dilimpahkan ke dalam perairan akan mengalami pengendapan apabila konsentrasi logam lebih besar daripada daya larut terendah komponen yang terbentuk antara logam dan anion yang ada dalam air. Menurut Harahap (1991), logam berat bersifat mengendap dalam perairan. logam berat mempunyai sifat mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen maka konsentrasi logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dengan kolom perairan.

Ketika ada masukan air dari perairan sungai yang mengandung logam Pb akan terjadi beberapa proses. Logam Pb yang berupa ion akan terikat dengan ion lain yang akhirnya mengendap di dasar perairan. Sudarwin (2008), menyatakan Pada dasar sungai ion-ion logam dan kompleksnya yang terlarut dengan cepat akan membentuk partikel-partikel lebih besar apabila kontak dengan partikulat yang melayang-layang dalam badan perairan. Logam berat yang terlarut dalam air akan berpindah ke dalam sedimen jika berikatan dengan materi organik bebas atau materi organik yang melapisi permukaan sedimen dan penyerapan langsung oleh permukaan partikel sedimen. Materi organik dalam sedimen dan kapasitas penyerapan logam sangat berhubungan dengan ukuran partikel dan luas permukaan penyerapan, sehingga konsentrasi logam dalam sedimen biasanya dipengaruhi ukuran partikel dalam sedimen (Wilson, 1988 *dalam* Mulyadi *et al*, 2009).

4.4.2 Hubungan Konsentrasi Pb pada Sedimen dan Pb pada Akar

Hasil analisis korelasi konsentrasi Pb pada akar air dan sedimen menunjukkan nilai $r = 0,93$ hal ini berarti hubungan antara konsentrasi Pb pada sedimen dan konsentrasi Pb pada akar adalah erat. Nilai r^2 atau koefisien determinasi = 0,87 artinya 87 % konsentrasi Pb pada akar dapat dijelaskan oleh konsentrasi Pb pada sedimen. Sedangkan sisanya sebesar 13 % dipengaruhi oleh parameter lain selain konsentrasi Pb pada sedimen. Hasil regresi menunjukkan nilai konstanta a adalah -0,7 dan nilai B air adalah 0,43 maka persamaan regresinya adalah $Y = -0,7 + 0,43X$ artinya jika terjadi peningkatan konsentrasi Pb pada air sebesar 1 ppm maka diprediksi terjadi peningkatan Pb pada sedimen sebesar 0,43 ppm.



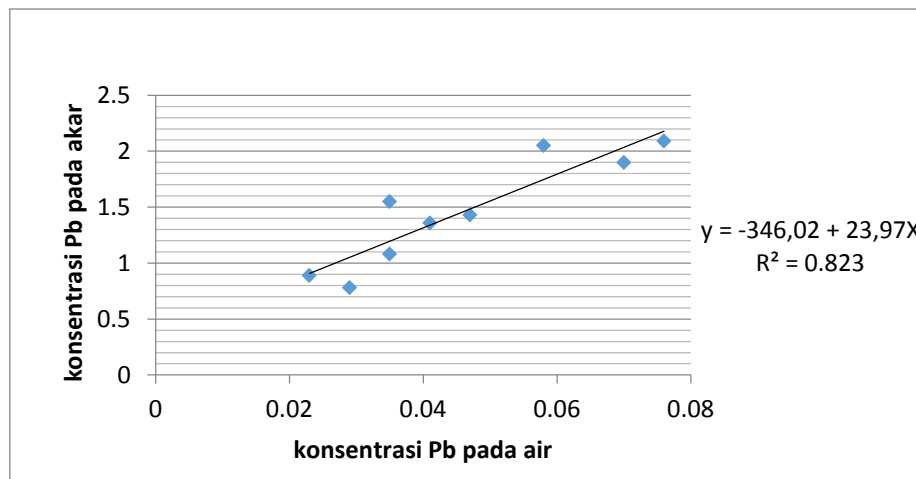
Gambar 8. Regresi Pb pada sedimen dan akar

Kenaikan konsentrasi Pb pada sedimen tetap berpengaruh terhadap konsentrasi Pb pada akar akan tetapi linieritas kenaikan konsentrasi Pb pada akar sebagai variabel terikat tidak bisa dijelaskan oleh konsentrasi Pb pada sedimen sebagai variabel bebas. Ada variabel yang mungkin lebih berpengaruh secara signifikan terhadap konsentrasi pada akar misalnya Pb dalam air karena secara berkala ketika pasang akar akan terendam oleh air. Menurut Baker (1991) dalam Farlane *et al* (2003), menyatakan bahwa *Avicennia marina* merupakan spesies mangrove yang sangat ketat dalam menyerap logam Pb bahkan sampai tidak menyerap sama sekali. Berdasarkan mekanisme fisiologis, mangrove secara aktif mengurangi penyerapan logam berat ketika konsentrasi logam berat di sedimen tinggi. Penyerapan tetap dilakukan namun dalam jumlah yang terbatas dan terakumulasi di akar. Selain itu terdapat sel endodermis pada akar yang menjadi penyaring dalam proses penyerapan logam berat. Dari akar, logam akan di translokasikan ke jaringan lainnya seperti batang, dan daun serta mengalami proses kompleksasi dengan zat yang lain seperti fitokelatin.

4.4.3 Hubungan Konsentrasi Pb pada Air dan Pb pada Akar

Hasil analisis korelasi konsentrasi Pb pada air dan akar menunjukkan nilai $r = 0,91$ hal ini berarti ada hubungan yang sangat erat antara konsentrasi Pb pada air dan konsentrasi Pb pada akar. Nilai r^2 atau koefisien determinasi adalah 0,82 artinya 82 % konsentrasi Pb pada akar dapat dijelaskan oleh konsentrasi Pb pada air. Sedangkan

sisanya sebesar 18 % dipengaruhi oleh variabel lain selain konsentrasi Pb pada air. Nilai konstanta a adalah 0,356 dan nilai B air adalah 2,397 maka persamaan regresinya adalah $Y = -346,02 + 23,97X$ artinya jika terjadi peningkatan konsentrasi Pb pada air sebesar 1 ppm maka diprediksi terjadi peningkatan Pb pada akar sebesar 23,97 ppm.



Gambar 9. Regresi Pb pada air dan akar

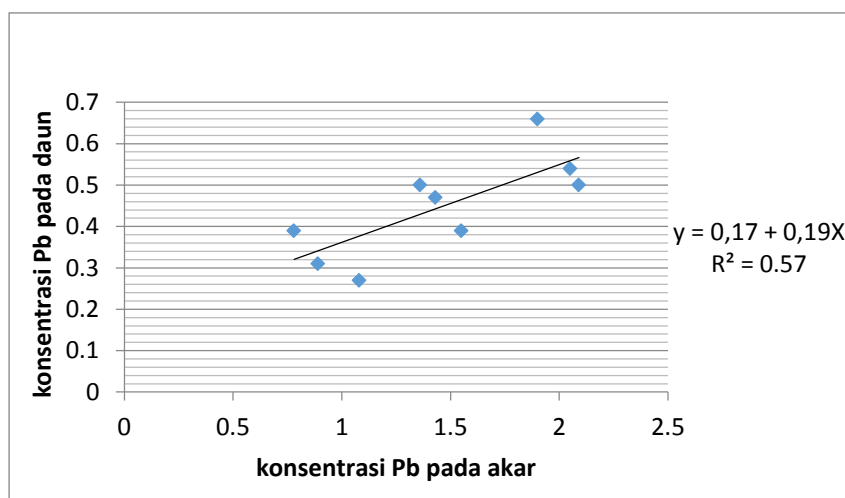
Dibandingkan konsentrasi Pb pada sedimen, ternyata pengaruh konsentrasi Pb pada air lebih berpengaruh signifikan terhadap konsentrasi Pb pada akar. Hal ini dimungkinkan Logam masuk dalam jaringan tumbuhan bersamaan ketika tumbuhan mengambil air untuk keperluan fotosintesisnya. Logam di air berbentuk ion-ion sehingga ketika pasang terjadi air akan merendam bagian akar. Karena berbentuk ion maka lebih mudah terikat oleh sel-sel akar. Sedangkan logam yang berada pada sedimen sudah berbentuk lebih kompleks dibandingkan Pb pada air karena Pb akan mengendap pada sedimen. Logam bentuk ion akan lebih mudah terikat dan masuk melalui akar dibandingkan logam dengan bentuk lebih kompleks. Menurut Priyanto dan Joko (2009), Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan yaitu melalui penyerapan logam oleh akar. Telah diketahui bahwa agar tumbuhan dapat menyerap logam maka logam harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar (rizosfer) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tumbuhannya. Molekul fitosiderofor yang terbentuk ini akan mengikat (mengkkelat) dan membawanya ke dalam sel akar melalui peristiwa transport aktif, kemudian diikuti pembentukan reduktase spesifik logam. Dalam meningkatkan penyerapan, tumbuhan membentuk suatu molekul reduktase di membran

akarnya. Reduktase ini berfungsi mereduksi logam yang selanjutnya diangkut melalui kanal khusus di dalam membran akar.

Logam berat yang terlarut dalam air akan berpindah ke dalam sedimen jika berikatan dengan materi organik bebas atau materi organik yang melapisi permukaan sedimen dan penyerapan langsung oleh permukaan partikel sedimen. Materi organik dalam sedimen dan kapasitas penyerapan logam sangat berhubungan dengan ukuran partikel dan luas permukaan penyerapan, sehingga konsentrasi logam dalam sedimen biasanya dipengaruhi ukuran partikel dalam sedimen (Wilson, 1988 *dalam* Mulyadi, 2009).

4.4.4 Hubungan Konsentrasi Pb pada Akar dan Pb pada Daun

Hasil analisis korelasi konsentrasi Pb pada akar dan daun menunjukkan nilai $r = 0,76$ hal ini berarti ada hubungan yang erat antara konsentrasi Pb pada sedimen dan konsentrasi Pb pada akar. Nilai r^2 atau koefisien determinasi adalah 0,57 artinya 57 % konsentrasi Pb pada daun dapat dijelaskan oleh variabel konsentrasi Pb pada akar. Sedangkan sisanya sebesar 43 % dipengaruhi oleh variabel lain selain konsentrasi Pb pada akar. Nilai konstanta a adalah 0,17 dan nilai B air adalah 0,19 maka persamaan regresinya adalah $Y = 0,17 + 0,19X$ artinya jika terjadi peningkatan konsentrasi Pb pada air sebesar 1 ppm maka diprediksi terjadi peningkatan Pb pada akar sebesar 0,19 ppm.



Gambar 10. regresi Pb pada akar dan daun

Kemungkinan yang bisa menjelaskan hal ini antara lain, pertama logam dilokalisasi pada jaringan akar. Mangrove meminimalkan pengaruh logam pada dirinya sendiri dengan melokalisasi logam pada akar. Dalam penelitian ini adalah bagian akar nafas. Dengan kata lain logam non esensial yang terabsorbi dalam jumlah yang berlebih tersimpan dalam jaringan akar tidak dapat di translokasikan ke jaringan lain. alur transport ketika logam masuk dari sel akar adalah logam dari lingkungan masuk dan tersimpan di akar tanpa proses translokasi ke jaringan lain.

Kemungkinan kedua, laju translokasi logam dari akar menuju jaringan tubuh lain lebih lambat dari pada laju masuknya logam dari lingkungan ke dalam jaringan tumbuhan melalui akar, sehingga terjadi akumulasi pada akar sebelum proses transfer ke jaringan lain. Kemungkinan ke tiga logam yang masuk bersama air langsung di bagi sesuai kebutuhan masing-masing jaringan tumbuhan tanpa ada proses filterisasi unsur yang diperlukan atau kurang diperlukan bahkan tidak diperlukan. Karena variabel logam Pb pada air lebih berpengaruh secara linier pada daun.

Menurut Priyanto dan Joko (2009), Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut.

1. Penyerapan oleh akar. Agar tumbuhan dapat menyerap logam maka logam harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar (rizosfer) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tumbuhannya. Molekul fitosiderofor yang terbentuk ini akan mengikat (mengkhelat) dan membawanya ke dalam sel akar melalui peristiwa transport aktif. Kemudian diikuti pembentukan reduktase spesifik logam. Di dalam meningkatkan penyerapan, tumbuhan membentuk suatu molekul reduktase di membran akarnya. Reduktase ini berfungsi mereduksi logam yang selanjutnya diangkut melalui kanal khusus di dalam membran akar.
2. Translokasi di dalam tubuh tumbuhan. Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus diangkut melalui jaringan pengangkut yaitu xilem dan floem, ke

bagian tumbuhan lain. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat. Berbagai molekul khelat yang berfungsi mengikat logam dihasilkan oleh tumbuhan.

3. Lokalisasi logam pada jaringan. Untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar.

4.5 Faktor biokonsentrasi dan faktor translokasi

Berdasarkan data pengukuran logam berat Pb pada air, sedimen, akar serta daun mangrove dapat dihitung Perbandingan antara konsentrasi logam di lingkungan dengan logam pada jaringan tanaman. Perbandingan ini biasa disebut dengan nilai *bioconcentration factor* (BCF) diukur dari perbandingan konsentrasi Pb pada akar dan Pb pada daun dibanding dengan konsentrasi Pb pada sedimen. Dengan menghitung BCF dapat dilihat kemampuan besaran kemampuan akar dalam menyerap polutan dari lingkungan.

parameter		Stasiun			Rata-rata
		1	2	3	
BCF	akar	0,313	0,228	0,301	0.281
	daun	0,088	0,079	0,094	0.087

Tabel 1. Faktor biokonsentrasi

Untuk mengetahui seberapa besar kemampuan *Avicennia marina* dalam mentranslokasikan atau memindahkan logam dari jaringan akar menuju daun dihitung melalui perbandingan antara konsentrasi logam pada jaringan daun dengan konsentrasi logam pada jaringan akar atau disebut dengan *translocation factor* (TF).

parameter	Stasiun			Rata-rata
	1	2	3	
Faktor Tranlokasi (TF)	0,281	0,347	0,312	0.313

Tabel 2. Faktor translokasi

Faktor konsentrasi (BCF) tertinggi pada akar lebih tinggi dari pada daun, maka dapat kita simpulkan bahwa akar memiliki kemampuan akumulasi yang lebih baik terhadap logam berat yang terdapat pada sedimen dibandingkan dengan daun. Meskipun demikian, kemampuan akumulasi akar ini masih tergolong rendah jika kita bandingkan dengan indeks faktor biokonsentrasi menurut Van Esch (1977) dalam Suprapti (2008), karena nilai $BCF < 100$. Nilai faktor translokasi logam Pb menggambarkan mobilitas logam tersebut dari akar ke daun. Nilai translokasi cukup kecil hal ini bisa dipengaruhi oleh sifat esensial atau tidaknya logam tersebut dalam tumbuhan serta adanya kemungkinan *avicennia marina* cenderung menyimpan polutan dalam jaringan akar atau mungkin juga batang.

Dari data diatas dapat diambil sebuah informasi bahwa keberadaan tanaman *Avicennia marina* dalam ekosistem mangrove sangat efektif dalam melokalisasi polutan di lingkungan. Dalam hal ini ekosistem mangrove efektif dalam hal meminimalkan mobilitas polutan dalam lingkungan. Input polutan yang masuk dari aliran sungai mampu dijerap dalam sistem perakaran yang mampu menahan sedimen yang pada akhirnya juga menjadikan polutan terjebak dalam sedimen. Kemampuan ini disebut sebagai rizofiltrasi. Ada sebuah catatan yang perlu diperhatikan yaitu ada beberapa faktor yang saling mempengaruhi ekosistem mangrove dalam menahan polutan dalam sedimen yaitu simbiosis akar dengan bakteri. Perlu dikaji kembali peran bakteri dalam sedimen di ekosistem mangrove Gunung anyar Surabaya.

Fitoremediasi dapat didefinisikan sebagai penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik. Fitoremediasi dapat dibagi menjadi fitoekstraksi,

rizofiltrasi, fitodegradasi, fitostabilisasi, fitovolatilisasi. Fitoekstraksi mencakup penyerapan kontaminan oleh akar tumbuhan dan translokasi atau akumulasi senyawa itu ke bagian tumbuhan seperti akar, daun atau batang. Rizofiltrasi adalah pemanfaatan kemampuan akar tumbuhan untuk menyerap, mengendapkan dan mengakumulasi logam dari aliran limbah. Fitodegradasi adalah metabolisme kontaminan di dalam jaringan tumbuhan, misalnya oleh enzim dehalogenase dan oksigenase. Fitostabilisasi adalah suatu fenomena diproduksinya senyawa kimia tertentu untuk mengimobilisasi kontaminan di daerah rizosfer. Fitovolatilisasi terjadi ketika tumbuhan menyerap kontaminan dan melepaskannya ke udara lewat daun; dapat pula senyawa kontaminan mengalami degradasi sebelum dilepas lewat daun (Priyanto dan Joko, 2009).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Terjadi pencemaran pada perairan di ekosistem mangrove Gunung anyar Surabaya. Konsentrasi Pb pada air melebihi ambang batas berdasarkan PP no 82 tahun 2001 sebesar 0,03 ppm. Sedangkan pada sedimen terdapat Pb dalam konsentrasi yang cukup tinggi yaitu 3,87-6,63 ppm.
2. Konsentrasi Pb pada akar adalah 0,78-2,09 ppm sedangkan konsentrasi Pb pada daun adalah 0,27-0,66 ppm. Mengindikasikan terjadi akumulasi dalam jaringan tubuh mangrove *avicennia marina* dalam jaringan akar.
3. Nilai BCF pada kawasan mangrove Gunung anyar Surabaya berkisar antara 0,228-0,313 sedangkan nilai Translocation faktor (TF) berkisar antara 0,281-0,353. *Avicennia marina* di ekosistem mangrove Gunung anyar Surabaya termasuk akumulator logam berat Pb melalui proses rizofiltrasi.

5.2 Saran

1. Penggunaan analisa pathway atau analisa jalur/lintasan dalam penelitian yang objek penelitiannya bersifat siklus. Untuk mengetahui keterkaitan antar parameter dengan lebih tepat.
2. Perlu upaya untuk menjaga ekosistem mangrove Gunung anyar Surabaya agar diperoleh manfaat ekologis dan ekonomi yang optimal.
3. Perlu adanya pengawasan terhadap kegiatan industri di runkut oleh pemerintah terkait pengelolaan limbah buangan industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M dan Rina. 2012. Kemampuan Tanaman Mangrove untuk Menyerap Logam Berat Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) Universitas Pembangunan Nasional.
- Anggraini, D. 2007. Analisis Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu dan Zn pada Air Laut, Sedimen dan Lokan (*Geloina coaxans*) di Perairan Pesisir Dumai, Provinsi Riau.
- Aksornkoe, S. 1993. Ecology and management of Mangrove. The IUCN Wetlands Programme. Bangkok. Thailand
- Arief, A. 2003. Hutan Mangrove, Fungsi dan Manfaatnya. Kanisius. Yogyakarta.
- Arisandi, P. 2001. Mangrove Jenis Api-Api (*Avicennia marina*) Alternatif Pengendalian Pencemaran Logam Berat Pesisir. Lembaga kajian ekologi dan konservasi lahan basah (Ecoton). URL [http:// www.terranel.or.id/masukandetil.php?id=1300](http://www.terranel.or.id/masukandetil.php?id=1300). Jakarta
- Arisandy, K.R. Herawati E.Y. dan suprayitno E. 2011. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan gambaran Histologi pada Jaringan *Avicennia Marina* (forsk) Vierth di Perairan Pantai Jawa Timur
- Barus, T. A. 2004. *Pengantar Limnologi Studi Tentang Ekosistem Air Daratan*. Medan: USU Press
- Basset, J. 1994. Buku Ajar Vogel Kimia Analisa Kuantitatif Anorganik. Jakarta : EGC
- Basta N.T. Ryan J.A dan Chaney R.L (2005) Trace Element Chemistry in Residual-Treated Soil: Key Concepts and Metal Bioavailability. *Journal of Environmental Quality*
- BPLHD Jabar, 2009. Pencemaran Logam Berat. URL <http://www.bplhdjabar.go.id>
- Chih, Y.C. Fei, S.H. Shih, S.C dan Chang, H.C. 2004. Reduce toxicity of Cu and Zn to mangrove seedlings (*Candelia kandle* (L.) Druce) in Saline Environment.
- Cohen, T. Que-Hee, S.S dan Ambrose, R.F. 2001. Trace metals in fish and invertebrates of three California Coastal Wetlands. *Marine Pollution Bulletin* 42 (3): 224-232
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air. Kanisius. Yogyakarta
- Fitter, A.H dan Hay, R.K.M. (1991). Fisiologi Lingkungan Tanaman. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- Hamzah, F dan Setiawan, A. 2010. Akumulasi logam berat Pb, Cu, dan Zn di hutan mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. Vol. 2, No. 2 : 41-52
- Hutagalung, H.P. 1997. Metode Analisa Air Laut, Sedimen, dan Biota. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta
- Kusmana, C. Onrizal dan Sudarmadji. 2003. Teknik Rehabilitasi Mangrove. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Kusumastuti, W. 2009. Evaluasi Lahan Basah Bervegetasi Mangrove Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan (Studi kasus di Desa Kepetingan Kabupaten Sidoarjo). Universitas Diponegoro. Semarang

- Lakitan, B. 2001. Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan. Raja Grafindo Persada. Jakarta
- Lestari dan Edward. 2004. Dampak pencemaran Logam Berat Terhadap kualitas Air Laut dan Sumberdaya Perikanan (Studi Kasus Kematian Massal Ikan-ikan di Teluk Jakarta). MAKARA, SAINS, VOL. 8, NO. 2, AGUSTUS 2004: 52-58. Balai Dinamika Laut, Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Indonesia
- Lloyd, J.R. dan Lovley, D.R. 2001. Microbial detoxification of metals and radionuclides. Current Opinion in Biotechnology 12: 248–253, 0958-1669/01© 2001 Elsevier Science Ltd. USA
- Marchand, C. Disnar, J.R. Lallier-Verges, E dan Lottier, N. 2005. Early diagenesis of carbohydrates and lignin in mangrove sediments subject to variable redox conditions (French Guiana). Geochimica Cosmochimica Acta 69, 131-142
- Mulyadi, E. Rudi, L dan Dewi, A. 2009. Fungsi Mangrove Sebagai Ppengendali Pencemar Logam Berat. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol.1 Edisi Khusus. Teknik Lingkungan FTSP UPN Veteran. Surabaya.
- Nazir, M. 2003. *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia
- Niswari, A.P. 2004. Studi Morfometrik Kerang Hijau (*Perna viridis*, L.) di Perairan Cilincing, Jakarta Utara. Program Studi Ilmu Kelautan. IPB Bogor
- Nontji, A. 2002. Laut Nusantara. Penerbit Djambatan. Jakarta
- Noor, Y.R. Khazali, M dan Suryadiputra, I.N.N. 2006. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. PHKA/WI-IP, Bogor
- Nybakken, J.W. 1993. Marine Biology, An Ecological Approach. 3rd edition. New York: Harper Collins College Publishers.
- Pahalawattaarachchi, V. Purushothaman, C.S dan Vennila, A. 2008. Metal phytoremediation potential of *Rhizophora mucronata* (Lam.). Indian Journal of Marine Sciences Vol. 38(2), June 2009, pp. 178-183. India
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat, PT. Rineka Cipta, Jakarta
- Pikir, S. 1991. Studi Tentang Logam Berat dalam Sedimen dan Dalam Kupang di Daerah Estuari Dekat Muara Kali Surabaya, Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian Universitas Airlangga, Surabaya
- Pranoto dan Widayaiswara, M. 2011. Pengaruh Pencemaran Air Oleh Limbah Logam Berat Terhadap Manusia. Balai Pendidikan dan Pelatihan Perikanan (BPPK) Tegal. Jawa tengah
- Praseno, O.H. Krettiawan, S. Asih dan Sudradjat, A. 2010. Uji Ketahanan Salinitas Beberapa Strain Ikan Mas yang Dipelihara di Akuarium. Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur
- Praveena, S.M. Ahmed, A. Radojevic, M. Abdullah, M.H dan Aris. A.Z. 2008. Heavy Metals in Mangrove Surface Sediment of Mengkabong Lagoon, Sabah: Multivariate and Geo-Accumulation Index Approaches. Int. J. Environ. Res., 2(2): 139-148, Spring 2008 ISSN: 1735-6865. Malaysia

- Presiden RI. 2012. Peraturan Presiden Republik Indonesia No 73 Tahun 2012 Tentang Strategi nasional pengelolaan ekosistem mangrove. Jakarta
- Priyanto, B dan Prayitno, J. 2009. Fitoremediasi sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat. URL <http://lil.bppt.tripod.com/sublab/lflora1.htm>
- Purnobasuki, H. 2009. Tinjauan perspektif hutan mangrove. Airlangga. University Press. Surabaya
- Purnomo, T dan Muchyiddin. 2007. Analisis Kandungan Timbal (Pb) pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forsk.) di Tambak Kecamatan Gresik. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Surabaya
- Renoua, S. Givaudan J.G. Poulain S. Dirassouyan F. dan Moulin, P. 2008. Landfill Leachate Treatment : Review and Opportunity, *Journal of Hazardous Materials*.
- Rochyatun, E dan Abdul, R. 2007. Pemantauan Konsentrasi Logam Berat Dalam Sedimen di Teluk Jakarta. *Makara, Sains* Vol. 11, NO. 1, April 2007: 28-36. Jakarta
- Rosmarkam, A dan Nasih, W.Y. 2002. Ilmu Kesuburan Tanah. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Saeni. 1997. Penentuan Tingkat Pencemaran Logam Berat Dengan Analisis Rambut. Orasi Ilmiah. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB. Bogor.
- Setyawan, A.D. Indrowuryanto, Wiryanto dan Kusumo, W. 2004. Pencemaran Logam Berat Fe, Cd, Cr, dan Pb pada Lingkungan Mangrove di Propinsi Jawa Tengah. *ENVIRO 4* (2): 45-49. PPLH-LPPM UNS. Surakarta.
- Soenardjo. 1999. Produksi dan Laju Dekomposisi Serasah Mangrove dan Hubungannya dengan Struktur Komunitas Mangrove di Kaliuntu Kabupaten Rembang Jawa Tengah. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB Bogor
- Soemirat, J. 2003. Toksikologi Lingkungan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Stomp, A.M. Han, K.H dan Gordon, M.P. 1993. Genetic improvement of tree species for remediation of hazardous wastes. *In Vitro Cell. Development Biology* 29P: 227–232.
- Sudarwin, 2008. Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb dan Cd) Pada Sedimen Aliran Sungai dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang Semarang. Universitas Diponegoro Semarang.
- Suprapti NH. 2008. Kandungan Chromium pada Perairan, Sedimen dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Wilayah Pantai Sekitar Muara Sungai Sayung, Desa Morosari Kabupaten Demak, Jawa Tengah. FMIPA. Universitas Diponegoro, Semarang. Vol. 10, No.2. Hal 53-56.
- Supriharyono. 2000. Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Terry, N dan Gary, B. 2000. Phytoremediation of contaminated soil and water. Lewis publisher. USA

Tri, A.S. 2012. Mengenal Timbal dan Aspek-aspeknya. Url
<http://chemistry35.blogspot.com/2012/01/mengenal-timbal-pb-dan-aspek-aspeknya.html>

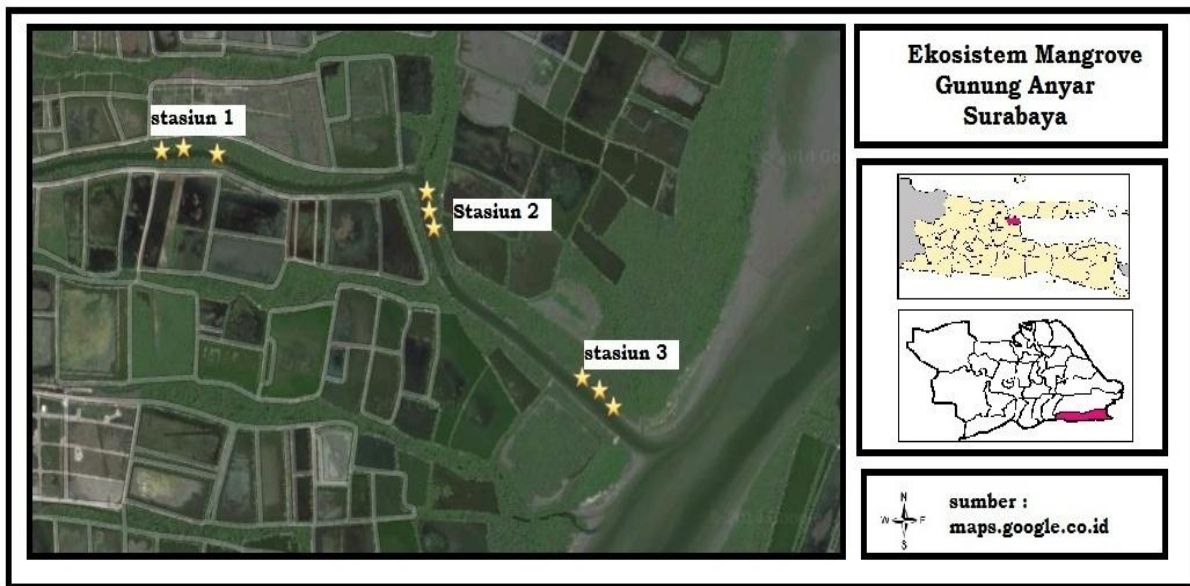
Wardhana, W.A. 2001. Dampak Pencemaran Lingkungan (Edisi Revisi). Andi. Yogyakarta

Widarjono, A. (2005). Ekonometrika, Teori dan Aplikasi untuk Ekonomi dan Bisnis.
Ekonesia. Yogyakarta

Lampiran 1. Peta lokasi penelitian



Lampiran 2. stasiun pengambilan sampel



Lampiran 3. Hasil penelitian Lain yang masih terkait

No	Parameter	Lokasi Penelitian		Sumber
		Gunung Anyar	Kedawang	
1	Pb pada air	0,28-0,37	0,12-0,16	Salsabela. L.S (2014)
2	Pb pada sedimen	10,72-12,04	2,08-3,73	
3	Pb pada akar	3,74-5,44	1,84-3,84	
4	Pb pada batang	1,17-1,56	0,47-0,97	
5	Pb pada daun	0,71-0,98	0,28-0,50	
6	Pb pada buah	0,34-0,55	0,16-0,34	Rona (2014)
7	BCF	0,31-0,45	0,88-1,25	Salsabela. L.S (2014)
8	TF	0,18-0,19	0,12-0,15	

Lampiran 4. Parameter kimia perairan

Parameter	Stasiun									Rata-rata
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c	
Suhu air	26	26	27	26	27	26	28	28	29	$27 \pm 1,12$
Salinitas	4	4	6	5	4	8	8	11	13	$7 \pm 3,28$
pH air	6,1	5,9	6,5	5,6	6	6,2	6,1	6,2	6,8	$6,16 \pm 0,34$
pH sedimen	5,2	4,7	5,7	4,6	5,1	5,4	5,2	5,4	5,9	$5,24 \pm 0,42$



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA

Jl.veteran – Malang 65145, Telp.(0341)575838, 551611-551615, pes. 311, fax(0341)575839
Email : kimia_UB@ub.ac.id, web: <http://kimia.ub.ac.id>

LAPORAN HASIL ANALISA

NO. B.15/RT.5/T.1/RO/TT.150813/2014

1. Data Konsumen
Nama Konsumen : Pungki Asyari
Instansi : Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya
Alamat : jl. Bantaran indah blok c no 25 kota Malang
Telepon : 08990301333
Status : Mahasiswa
Keperluan Analisis : Uji logam berat
2. Sampling dilakukan : oleh konsumen
3. Identifikasi sampel
Nama Sampel : air
Wujud : cair
Warna : Hitam dan Coklat
4. Prosedur analisa : Laboratorium Lingkungan Kurusan Kimia FMIPA Universitas Brawijaya
5. Penyampaian laporan : Diambil Konsumen
6. Tanggal terima sampel :
7. Data Hasil Analisa :

Parameter	No	Kode	Hasil analisa		Metode analisa	
			kadar	satuan	pereaksi	metode
Timbal (Pb)	1	DGP1U1.1	0,058	ppm	aquaregia	AAS
	2	DGP1U1.2	0,070			
	3	DGP1U1.3	0,076			
	4	DGP2U2.1	0,029			
	5	DGP2U2.2	0,035			
	6	DGP2U2.3	0,023			
	7	DGP3U3.1	0,047			
	8	DGP3U3.2	0,035			
	9	DGP3U3.3	0,041			



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA

Jl.veteran – Malang 65145, Telp.(0341)575838, 551611-551615, pes. 311, fax(0341)575839
Email : kimia_ub@ub.ac.id, web: [http:// kimia.ub.ac.id](http://kimia.ub.ac.id)

LAPORAN HASIL ANALISA

NO. B.15/RT.5/T.1/RO/TT.150813/2014

1. Data Konsumen
Nama Konsumen : Pungki Asyari
Instansi : Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya
Alamat : jl. Bantaran indah blok c no 25 kota Malang
Telepon : 08990301333
Status : Mahasiswa
Keperluan Analisis : Uji logam berat
2. Sampling dilakukan : oleh konsumen
3. Identifikasi sampel
Nama Sampel : substart
Wujud : padatan
Warna : Hitam dan Coklat
4. Prosedur analisa : Laboratorium Lingkungan Kurusan Kimia FMIPA Universitas Brawijaya
5. Penyampaian laporan : Diambil Konsumen
6. Tanggal terima sampel :
7. Data Hasil Analisa :

Parameter	No	Kode	Hasil analisa		Metode analisa	
			kadar	satuan	pereaksi	metode
Timbal (Pb)	1	DGP1U1.1	6,36	ppm	aquaregia	AAS
	2	DGP1U1.2	6,63			
	3	DGP1U1.3	6,28			
	4	DGP2U2.1	4,14			
	5	DGP2U2.2	3,87			
	6	DGP2U2.3	4,07			
	7	DGP3U3.1	4,80			
	8	DGP3U3.2	4,72			
	9	DGP3U3.3	4,92			



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA

Jl.veteran – Malang 65145, Telp.(0341)575838, 551611-551615, pes. 311, fax(0341)575839
Email : kimia_ub@ub.ac.id, web: [http:// kimia.ub.ac.id](http://kimia.ub.ac.id)

LAPORAN HASIL ANALISA

NO. B.15/RT.5/T.1/RO/TT.150813/2014

1. Data Konsumen
Nama Konsumen : Pungki Asyari
Instansi : Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya
Alamat : jl. Bantaran indah blok c no 25 kota Malang
Telepon : 08990301333
Status : Mahasiswa
Keperluan Analisis : Uji logam berat
2. Sampling dilakukan : oleh konsumen
3. Identifikasi sampel
Nama Sampel : Akar
Wujud : Padatan
Warna : Hitam dan Coklat
4. Prosedur analisa : Laboratorium Lingkungan Kurusan Kimia FMIPA Universitas Brawijaya
5. Penyampaian laporan : Diambil Konsumen
6. Tanggal terima sampel :
7. Data Hasil Analisa :

Parameter	No	Kode	Hasil analisa		Metode analisa	
			kadar	satuan	pereaksi	metode
Timbal (Pb)	1	DGP1U1.1	2,05	ppm	aquaregia	AAS
	2	DGP1U1.2	1,90			
	3	DGP1U1.3	2,09			
	4	DGP2U2.1	0,78			
	5	DGP2U2.2	1,08			
	6	DGP2U2.3	0,89			
	7	DGP3U3.1	1,43			
	8	DGP3U3.2	1,55			
	9	DGP3U3.3	1,36			



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA

Jl.veteran – Malang 65145, Telp.(0341)575838, 551611-551615, pes. 311, fax(0341)575839
Email : kimia_UB@ub.ac.id, web: <http://kimia.ub.ac.id>

LAPORAN HASIL ANALISA

NO. B.15/RT.5/T.1/RO/TT.150813/2014

1. Data Konsumen
Nama Konsumen : Pungki Asyari
Instansi : Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya
Alamat : jl. Bantaran indah blok c no 25 kota Malang
Telepon : 08990301333
Status : Mahasiswa
Keperluan Analisis : Uji logam berat
2. Sampling dilakukan : oleh konsumen
3. Identifikasi sampel
Nama Sampel : Daun
Wujud : Padatan
Warna : Hitam dan Coklat
4. Prosedur analisa : Laboratorium Lingkungan Kurusan Kimia FMIPA Universitas Brawijaya
5. Penyampaian laporan : Diambil Konsumen
6. Tanggal terima sampel :
7. Data Hasil Analisa :
- 8.

Parameter	No	Kode	Hasil analisa		Metode analisa	
			kadar	satuan	pereaksi	metode
Timbal (Pb)	1	DGP1U1.1	0,54	ppm	aquaregia	AAS
	2	DGP1U1.2	0,66			
	3	DGP1U1.3	0,50			
	4	DGP2U2.1	0,39			
	5	DGP2U2.2	0,27			
	6	DGP2U2.3	0,31			
	7	DGP3U3.1	0,47			
	8	DGP3U3.2	0,39			
	9	DGP3U3.3	0,50			