

AKUMULASI LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) PADA *Rhizopora mucronata* DI DESA ROOMO, KECAMATAN MANYAR, KABUPATEN GRESIK

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN ILMU
KELAUTAN**

**Oleh:
IMAM NAWAWI
NIM. 1050806011111064**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

AKUMULASI LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) PADA *Rhizopora mucronata* DI DESA ROOMO, KECAMATAN MANYAR, KABUPATEN GRESIK

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN ILMU
KELAUTAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan
Di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya**

**Oleh:
IMAM NAWAWI
NIM. 105080601111064**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

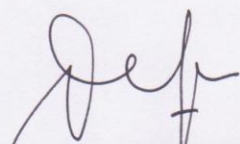
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**AKUMULASI LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) pada *Rhizophora mucronata*,
DESA ROOMO, KECAMATAN MANYAR, KABUPATEN GRESIK**

Oleh :
Imam Nawawi
105080601111064

Telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 28 Juni 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

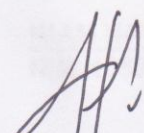
Penguji I


Defri Yona, S.Pi, M.Sc, Std.Dsc
NIP. 19781229 200312 2 002
Tanggal : 12 AUG 2016

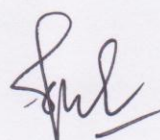
Penguji II


Andik Isdianto, S.T, M.T
NIK.201309 820928 1 001
Tanggal: 12 AUG 2016

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I


Feni Iranawati, S.Pi, M.Si, Ph. D
NIP. 19740812 200312 2 001
Tanggal : 12 AUG 2016

Dosen Pembimbing II


Dhira Khurniawan S, S.kel, M.Sc
NIK.201201 860115 1 001
Tanggal : 12 AUG 2016



Mengetahui
Ketua Jurusan

Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP.
NIP. 196306081987031003
Tanggal: 12 AUG 2016

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam usulan skripsi yang saya tulis ini benar merupakan hasil karya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga 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 usulan skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia

Malang, 28 Juni 2016

Penulis

IMAM NAWAWI

NIM. 105080601111064



UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan laporan penelitian skripsi ini tidak lepas dari segala bentuk dukungan yang penulis peroleh dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua Ayah Luqman Hakim dan UmiSunadah dan keluarga yang tak ada hentinya mendoakan, memotivasi dan memberi do'a restu serta dukungan moril maupun materil selama penelitian hingga terselesaikannya skripsi.
2. Feni Iranawati, S.Pi, M.Si, Ph.D sebagai Dosen Pembimbing I Skripsi yang telah memberi pengarahan dan bimbingan selama proses penyusunan skripsi.
3. Dhira K Saputra, S.Kel, M.Sc, sebagai Dosen Pembimbing II Skripsi yang memberi masukan, pengarahan, dan bimbingan selama proses penyusunan laporan dan mengenai kerja keras.
4. Defri Yona. S.Pi,.M.Sc,.Std.Dsc dan Andik Isdianto. S.T,.M.T selaku dosen penguji atas kritik dan saran yang telah diberikan.
5. Keluarga Cemara(Ayik, Indri, Adit, Evy, Abon, Cici) teman, sahabat, keluarga ke-2 di Malang yang berjuang bersama dari awal sampai akhir kuliah.
5. Teman-teman Marcopolo Ilmu Kelautan UB 2010 yang tidak bisa disebutkan satu-persatu terimakasih atas dukungan dan bantuannya.
6. Teman-teman SSCM (Save Street Child Malang) yang memberikan doa, dukungan serta motivasi

Semoga Allah SWT senantiasa membalas segala kebaikan yang telah diberikan oleh pihak-pihak tersebut dengan pahala dan ilmu yang bermanfaat.

Semoga apa yang kita kerjakan dapat menjadi berkah, Amin.

Malang, 28 Juni 2016

RINGKASAN

Imam Nawawi (105080601111064). Skripsi yang berjudul Akumulasi Logam Berat Kadmium (Cd) pada *Rhizophora mucronata* di Desa Roomo, Kec Manyar, Gresik (dibawah Bimbingan **Feni Irnawati** dan **Dhira K Saputra**).

Keberadaan logam berat di perairan dapat ditanggulangi dengan metode bioremediasi. Logam berat kadmium (Cd) merupakan jenis logam yang banyak ditemukan di perairan. Pada vegetasi mangrove, Cd paling banyak terakumulasi pada bagian daun dan semakin tinggi pohon mangrove maka akumulasi Cd dalam tanaman juga semakin tinggi (Kumar et al., 2010). Ekosistem mangrove merupakan salah satu organisme yang dapat menyerap keberadaan logam berat di lingkungan dengan menyimpan pada *body part*-nya yang sering disebut sebagai kemampuan fitoremediasi (Hastuti et al., 2013; Handayani et al, 2006). Peran mangrove terhadap penyerapan kandungan logam berat Cd di wilayah perairan pesisir belum banyak diketahui. Untuk itu, maka penelitian ini ditujukan untuk mengkaji kemampuan *Rhizophora mucronata* dalam menyimpan logam berat Cd sebagai acuan dalam penanganan dampak rekayasa industri melalui pemanfaatan rehabilitasi hutan mangrove di Kabupaten Gresik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk: Mengetahui konsentrasi logam berat kadmium (Cd) pada akar dan daun *Rhizophora mucronata*. Mengetahui karakteristik atau kemampuan mangrove dalam penyerapan logam berat melalui BAC, BTC, dan BCF. Menganalisis akumulasi logam berat kadmium (Cd) pada sedimen dan tumbuhan mangrove *Rhizophora mucronata*. Penelitian ini dilaksanakan di Desa Roomo, Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik pada tanggal 30 September 2015. Sampel yang diambil berupa sedimen, akar mangrove dan daun mangrove akan dianalisis untuk mengetahui nilai konsentrasi Cd, serta dilakukan juga pengambilan data kualitas air secara insitu yang meliputi: pH, suhu, salinitas, dan nilai *Dissolved Oxygen* (DO). Nilai rata-rata suhu adalah 31,83°C; nilai rata-rata salinitas adalah 33,33‰; nilai rata-rata pH adalah 8,37; dan nilai rata-rata DO adalah 7,73 mg/l. Nilai rata-rata dari masing-masing parameter masih sesuai dengan nilai standart baku mutu yang ditetapkan dan menunjukkan bahwa kondisi parameter lingkungan masih dalam keadaan yang baik. Sedimen di lokasi penelitian terdiri dari fraksi pasir, lempung dan liat. Nilai sedimen yang mengandung logam berat paling tinggi berada di stasiun 3 yaitu $3,22 \pm 0,07$. Nilai logam berat yang paling rendah berada di stasiun 2 dengan nilai $2,35 \pm 0,05$. Nilai logam berat pada sedimen di stasiun 1 adalah $2,47 \pm 0,08$. Nilai akar yang mengandung logam berat paling tinggi berada di stasiun 1 yaitu 3,24. Nilai logam berat yang paling rendah berada di stasiun 2 dengan nilai 1,71. Nilai logam berat pada sedimen di stasiun 3 adalah 1,88. Nilai daun tua yang mengandung logam berat paling tinggi berada di stasiun 3 yaitu 1,81. Nilai logam berat yang paling rendah berada di stasiun 1 dengan nilai 1,56. Nilai logam berat pada sedimen di stasiun 2 adalah 1,65. Nilai daun muda yang mengandung logam berat paling tinggi berada di stasiun 3 yaitu 2,58. Nilai logam berat yang paling rendah berada di stasiun 1 dengan nilai 0,71. Nilai logam berat pada sedimen di stasiun 2 adalah 2,02. Nilai BAC daun muda adalah 0,66. Nilai BAC daun tua adalah 0,62. Nilai BTC daun muda adalah 0,66. Nilai BAC daun tua adalah 0,86. Nilai BCF daun muda adalah 0,76. Nilai BAC daun tua adalah 0,94.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia yang telah dilimpahkan, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Praktek Kerja Lapang yang berjudul **“Akumulasi Logam Berat Kadmium (Cd) Pada *Rhizopora mucronata* di Desa Roomo, Kec Manyar, Gresik”**

Penulis sadar akan banyaknya kekurangan yang terdapat dalam laporan Skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dan dapat menyempurnakan isi dari laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak dan menjadi informasi baru bagi para pembaca.

Malang, 28 Juni 2016

Penulis



DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS.....	2
UCAPAN TERIMAKASIH	3
RINGKASAN	4
KATA PENGANTAR.....	5
DAFTAR ISI	6
DAFTAR TABEL.....	8
DAFTAR GAMBAR	9
DAFTAR LAMPIRAN.....	10
1. PENDAHULUAN.....	11
1.1 Latar Belakang	11
1.3 Tujuan Penelitian.....	13
1.4 Waktu dan Tempat	14
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	16
2.1 Tumbuhan Mangrove(<i>Rhizophora mucronata</i>)	16
2.2 Perkembangan Industri di Kabupaten Gresik.....	17
2.2.1 Pencemaran Lingkungan Perairan Pesisir Akibat Kegiatan Industri	19
2.3 Kadmium (Cd)	22
2.3.2 Sumber Kadmium (Cd)	23
2.3.3 Toksisitas Kadmium (Cd).....	24
2.4 Penanggulangan Pencemaran Logam Berat	25
2.5 Fitoremediasi.....	26
2.6 Kemampuan Mangrove Sebagai Fitoremediasi.....	27
2.7 Taksonomi Dan Morfologi <i>Rhizophora mucronata</i>	28
2.8 Metode Perhitungan Akumulasi Logam Berat.....	29
2.9 Bioakumulasi, Biokonsentrasi dan Biomagnifikasi	30
3. METODE PENELITIAN	32
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	32
3.2 Materi Penelitian	33
3.3 Peralatan dan Bahan	33
3.4 Metode Penelitian	35
3.5 Pengumpulan Data	35
3.6 Metode Analisis Data	40
3.7 Kerangka Konsep Penelitian	43

4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1 Deskripsi Stasiun Pengamatan.....	44
4.1.1 Stasiun 1.....	44
4.1.2 Stasiun 2.....	44
4.1.3 Stasiun 3.....	45
4.2 Kondisi Fisika Kimia Perairan Desa Roomo, Gresik	46
4.2.1 Suhu	47
4.2.2 Salinitas	48
4.2.3 pH (<i>power of hydrogen</i>)	49
4.2.4 Oksigen Terlarut (DO/ <i>Dissolve Oxygen</i>)	51
4.3 Analisis Tekstur Sedimen	53
4.4 Logam Berat Cd (Kadmium) pada Sedimen dan Mangrove.....	54
4.4.1 Logam Berat Cd (Kadmium) pada Sedimen.....	55
4.4.2 Logam Berat Cd (Kadmium) pada Mangrove.....	56
4.5 Perbedaan Konsentrasi Logam Berat Cd (Kadmium) di Akar dan Daun .	60
Mangrove Berdasarkan Perbedaan Umur	60
4.5.1 Analisis Statistik.....	61
4.6 Potensi Fitoremediasi.....	63
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN.....	74

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	15
Tabel 2. Alat yang digunakan di lapang dan laboratorium.....	34
Tabel 3. Indeks Faktor Biokonsentrasi	41
Tabel 4. Hasil pengukuran kualitas air	46
Tabel 5. Rata-rata Kandungan Logam Berat Cd pada Sedimen, Akar dan Daun Mangrove <i>Rhizophora mucronata</i>	55
Tabel 6. Hasil Analisis AAS	57
Tabel 7. Hasil Uji One Way Anova.....	62
Tabel 8. Hasil Pengukuran Logam Berat Kadmium (Cd).....	63

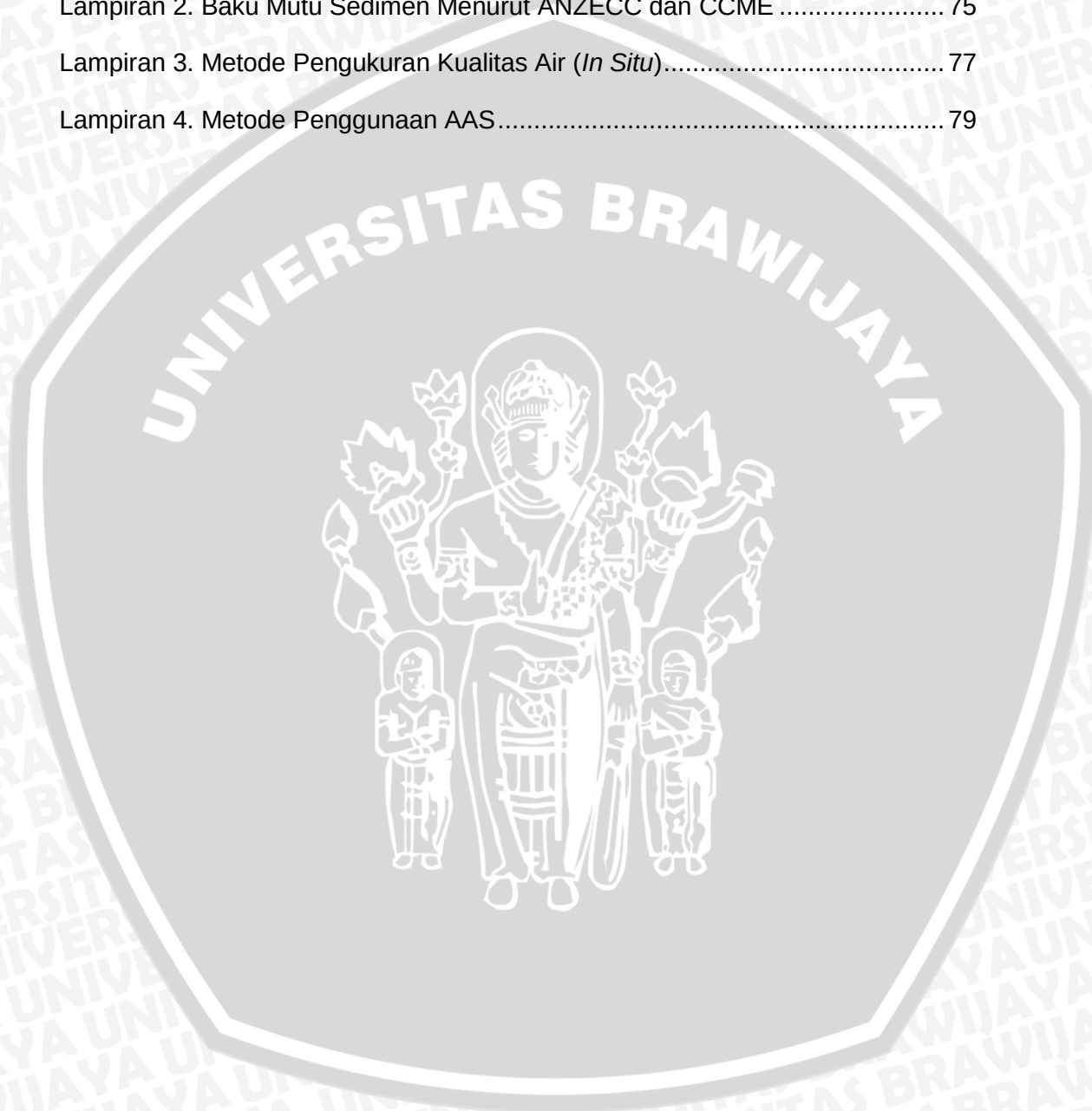


DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Ekosistem Hutan Mangrove	16
Gambar 2. Kawasan Industri Gresik (PT. KIG) sebagai Pusat Industri Kabupaten Gresik	18
Gambar 3. Limbah Industri yang Mengandung Bahan Pencemar	20
Gambar 4. Peta Lokasi Pengambilan sampel	32
Gambar 5. Prosedur Pengambilan Sedimen.....	37
Gambar 6. Prosedur Pengambilan Daun Dan Akar Mangrove	39
Gambar 7. Prosedur Penelitian.....	43
Gambar 8. Lokasi pengambilan sampel stasiun 1.....	44
Gambar 9. Gambaran Lokasi Stasiun 2.....	45
Gambar 10. Gambaran Lokasi Stasiun 3.....	45
Gambar 11. Hasil pengukuran suhu	47
Gambar 12. Nilai Salinitas (‰) di Perairan Pesisir Roomo Kabupaten Gresik ...	48
Gambar 13. Nilai pH di di Perairan Pesisir Roomo Kabupaten Gresik	49
Gambar 14. Nilai DO (mg/L) di Perairan Pesisir Roomo Kabupaten Gresik	51
Gambar 15. Ukuran Partikel Sedimen.....	53
Gambar 16. Grafik Rata-rata Logam Berat Cd pada Akar Mangrove	57
Gambar 17. Akumulasi Kadmium Pada daun <i>Rhizophora mucronata</i>	59
Gambar 18. Akumulasi Logam Berat Kadmium di Akar dan Daun <i>Rhizophora mucronata</i> Berdasarkan Perbedaan Umur.....	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut	74
Lampiran 2. Baku Mutu Sedimen Menurut ANZECC dan CCME	75
Lampiran 3. Metode Pengukuran Kualitas Air (<i>In Situ</i>)	77
Lampiran 4. Metode Penggunaan AAS	79



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran lingkungan adalah menurunnya tatanan lingkungan sampai titik tertentu akibat perbuatan manusia yang tidak bertanggung jawab. Pencemaran lingkungan dapat mempengaruhi keseimbangan ekosistem yang ada di dalamnya. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Effendi (2003) bahwa polusi atau pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, atau komponen lain ke dalam lingkungan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi tidak seimbang.

Salah satu pencemaran lingkungan yang sangat perlu ditangani dengan segera adalah keberadaan logam berat dengan konsentrasi yang tinggi di lingkungan. Logam berat tersebut berdampak negatif bagi keseimbangan alam karena sifatnya yang tidak dapat terurai oleh bakteri dan sertatidak larut dalam air. Keberadaan logam berat di perairan dapat mengakibatkan terganggunya kehidupan organisme air, pendangkalan dasar perairan, punahnya biota air, serta munculnya banjir (Rina, 2010).

Jenis logam yang mempunyai konsentrasi tinggi adalah logam berat kadmium (Cd). Logam kadmium (Cd) banyak digunakan pada berbagai industri kimia. Hastuti dan Pribadi (2013) menyebutkan bahwa logam kadmium (Cd) banyak digunakan pada industri pelapisan, pewarna, pembuatan plastik, pembuatan baterai dan campuran bahan kimia lainnya. Logam kadmium (Cd) tersebut merupakan jenis logam yang banyak ditemukan di perairan vegetasi mangrove di Desa Roomo Kabupaten Gresik.

Kabupaten Gresik merupakan salah satu pusat industri di Jawa Timur yang direncanakan sebagai wilayah industri strategis. Lokasi Kabupaten Gresik memang sangat mendukung untuk dikembangkan sebagai pusat industri atas banyaknya ketersediaan lahan, jaringan akses transportasi yang baik, sumberdaya manusia yang mendukung serta lokasinya yang cukup dekat dengan pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya (Gresik.go.id, 2014).

Peningkatan wilayah industri di pesisir utara Kabupaten Gresik berdampak kurang baik terhadap keseimbangan lingkungan sekitarnya, karena tidak diimbangi dengan solusi pembuangan limbah yang baik. Banyak limbah pabrik dialirkan sembarangan ke sungai dan bermuara di laut, sehingga mengganggu perkembangan vegetasi mangrove yang terdapat di pesisir utara Desa Romo kabupaten Gresik. Hal tersebut sejalan dengan pendapat Arisandy (2012) bahwa semakin meningkatnya wilayah industri di pesisir maka semakin besar pula angka tekanan kualitas lingkungan hidup di sekitarnya.

Keberadaan ekosistem mangrove di pesisir utara Desa Roomo Kabupaten Gresik sangat bermanfaat. Salah satu manfaatnya adalah sebagai penyerap limbah berupa logam berat kadmium (Cd) yang dialirkan ke laut. Hastuti (2013) menjelaskan bahwa ekosistem mangrove merupakan salah satu organisme yang dapat menyerap keberadaan logam berat di lingkungan dengan menyimpan pada *body part*-nya yang sering disebut sebagai kemampuan fitoremediasi.

Pada vegetasi mangrove, logam berat kadmium (Cd) paling banyak terakumulasi pada bagian daun, sehingga semakin tinggi pohon mangrove maka akumulasi logam berat kadmium (Cd) dalam tanaman juga semakin tinggi (Kumar et al., 2010). Logam berat kadmium (Cd) memberikan dampak negatif terhadap bakteri pengurai fosfat yang terdapat di ekosistem mangrove. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Ravikumar (2009) bahwa semakin

tinggikandungan logam berat kadmium (Cd) pada lingkungan akan berdampak pada penurunan tingkat pertumbuhan dan aktivitas pelarutan fosfat oleh bakteri.

Peningkatan jumlah vegetasi mangrove terutama dari jenis *Rizhopora mucronata* merupakan salah satu cara untuk mengatasi terjadinya pencemaran logam berat kadmium (Cd) di perairan pesisir kabupaten Gresik. Hal tersebut dikarenakan *Rizhopora mucronata* mempunyai kemampuan fitoremediasi untuk menyerap logam berat kadmium (Cd) di ekosistem perairan laut, selain itu jumlah *Rizhopora mucronata* yang cukup banyak di wilayah tersebut dapat dengan cepat membentuk ekosistem mangrove melalui proses rehabilitasi.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dalam penelitian ini peneliti memandang penting untuk meneliti akumulasi logam berat kadmium (Cd) pada *Rizhopora mucronata* dengan judul **“AKUMULASI LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) PADA *Rhizophora mucronata* DI DESA ROOMO KECAMATAN MANYAR KABUPATEN GRESIK”**.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah konsentrasi logam berat kadmium (Cd) pada akar dan daun *Rhizophora mucronata*?
2. Bagaimanakah karakteristik atau kemampuan mangrove dalam penyerapan logam berat melalui BAC, BTC dan BCF?
3. Bagaimanakah Analisis akumulasi logam berat kadmium (Cd) pada sedimen dan tumbuhan mangrove *Rhizophora mucronata*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian dengan judul Analisis Akumulasi Logam Berat Kadmium (Cd) pada *Rhizophora mucronata* Di Desa Roomo, Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui konsentrasi logam berat kadmium (Cd) pada akar dan daun *Rhizophoramucronata*.
2. Mengetahui karakteristik atau kemampuan mangrove dalam penyerapan logam berat melalui BAC, BTC, dan BCF
3. Mengetahui analisis akumulasi logam berat kadmium (Cd) pada tumbuhan mangrove *Rhizophoramucronata*.

1.4 Waktu dan Tempat

Penelitian dengan judul Akumulasi Logam Berat Kadmium (Cd) Pada *Rhizhopora mucronata* Di Desa Roomo, Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik dimulai dengan pematangan konsep penelitian pada tanggal 17 Agustus 2015 sampai tanggal 24 Agustus 2015. Kemudian penyusunan proposal penelitian dimulai pada tanggal 24 Agustus 2015 sampai tanggal 10 September 2015. Selanjutnya, pelaksanaan penelitian dimulai pada tanggal 13 September 2015 sampai tanggal 4 Oktober 2015. Penyusunan laporan penelitian dimulai pada tanggal 12 Oktober 2015 sampai tanggal 24 Mei 2016.

Pemaparan waktu pelaksanaan penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	Agustus				September				Oktober				Desember			
		Tahun 2015															
		Minggu Ke				Minggu Ke				Minggu Ke				Minggu Ke			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Pematangan Konsep Penelitian																
2.	Penyusunan Proposal Penelitian																
3.	Pelaksanaan Penelitian																
4.	Penyusunan Laporan Penelitian																



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tumbuhan Mangrove(*Rhizophora mucronata*)

Mangrove(*Rhizophora mucronata*) merupakan hasil perpaduan dari bahasa Portugis yaitu *mangue* (tumbuhan laut) dan bahasa Inggris *grove* (belukar), yakni belukar yang tumbuh di tepi laut. Kata ini dapat ditujukan untuk menyebut spesies, tumbuhan, hutan atau komunitas (Mac Nae, 1968; FAO, 1982; Ng dan Sivasothi, 2001). Sekumpulan tumbuhan mangrove mampu membentuk suatu ekosistem yang terdiri dari berbagai macam organisme dan berinteraksi satu sama lain sehingga membentuk rantai (siklus) yang cukup kompleks.

Secara deskriptif, hutan mangrove atau *mangal* adalah sejumlah komunitas tumbuhan pantai tropis dan sub-tropis yang didominasi tumbuhan bunga terestrial yang terdiri atas pohon dan semak yang dapat menginvasi dan tumbuh di kawasan pasang surut dengan kandungan salinitas yang cukup tinggi (Nybakken, 1993; Setiawan et al., 2003).



Gambar 1. Ekosistem Hutan Mangrove

Rhizophora mucronata atau yang lebih dikenal dengan tumbuhan mangrove mempunyai bentuk dan sifat yang beranekaragam yang bermanfaat baik secara langsung maupun tidak. Ekosistem ini memiliki peranan yang penting untuk mendukung kehidupan di wilayah pesisir. Mempunyai fungsi sebagai

penyuplai nutrisi, tempat berlindung ikan, tempat berkembang biak ikan, *nursery*, mencari makan, dan lain sebagainya (Wibowo, 2012).

Vegetasi mangrove berperan besar dalam ekologi ekosistem ini, dimana tumbuhan mangrove merupakan penyusun utamanya (Thomlinson, 1986). Identifikasi komposisi vegetasi mangrove merupakan prasyarat untuk memahami semua aspek struktur dan fungsi mangrove, sebagaimana kondisi biogeografi, konservasi dan manajemennya (Handayani, 2006). Sekitar 80% pencemaran di laut berasal dari daratan, seperti dari industri, pertanian dan rumah tangga. Sumber polutan terbesar di laut berasal dari aliran permukaan dari daratan (44%), emisi pesawat terbang (33%), pelayaran dan tumpahan minyak (12%), pembuangan limbah ke laut (10%), dan kegiatan penambangan lepas pantai (1%) (Duke *et al.*, 1997).

Bahan pencemar seperti minyak, sampah, dan limbah industri dapat menutupi akar mangrove sehingga mengurangi kemampuan respirasi, osmoregulasi, dan mati. Tumpahan minyak mendapat perhatian besar karena menyebabkan banyak kerusakan jangka panjang pada ekosistem mangrove (Burns *et al.*, 1993), sedangkan logam berat memiliki toksisitas, persistensi dan prevalensi yang sangat tinggi (Shriadah, 1999), di lain sisi, dari hasil penelitian juga telah menjelaskan beberapa fungsi mangrove dalam penyerapan keberadaan logam berat di lingkungan perairan sehingga berpotensi dijadikan sebagai salah satu solusi pencemaran logam berat akibat buangan limbah dari aktifitas industri.

2.2 Perkembangan Industri di Kabupaten Gresik

Kabupaten Gresik merupakan salah satu pusat industri di Jawa Timur yang direncanakan sebagai wilayah industri strategis. Lokasi Kabupaten Gresik memang sangat mendukung untuk dikembangkan sebagai pusat industri atas

banyaknya ketersediaan lahan, jaringan akses transportasi yang baik, sumberdaya manusia yang mendukung serta lokasinya yang cukup dekat dengan pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya (Gresik.go.id, 2014).

Industri yang berkembang di wilayah ini sangat beragam, mulai dari industri *manufacturing*, *smelting*, *food industries*, garmen, dan masih banyak yang lainnya. Potensi industri yang cerah ini menuntut pemerintah Kabupaten Gresik untuk mengembangkan wilayah pesisir bagian utara sebagai area guna mendukung aktivitas industri, salah satu daerah atau desa yang terkena dampak reklamasi adalah Desa Roomo, Kecamatan Manyar, yang lokasinya sangat dekat dengan industri (Gresik.go.id, 2014).



Gambar 2. Kawasan Industri Gresik (PT. KIG) sebagai Pusat Industri Kabupaten Gresik

Memang akhir-akhir ini pantai untuk kepentingan industri dan pelabuhan telah banyak dilakukan di pantai utara Jawa sebagai salah satu penggerak sektor ekonomi nasional yang berbasis pada pemanfaatan sumberdaya maritim, Kabupaten Gresik merupakan salah satu wilayah atau daerah yang masuk dalam pembangunan industri Jawa Timur. Upaya pemanfaatan wilayah pesisir hingga saat ini telah menunjukkan peningkatan yang tinggi dalam rangka menunjang ekonomi negara dan kesejahteraan masyarakat. Upaya-upaya pemanfaatan ini diantaranya melalui kegiatan pembangunan wilayah pesisir untuk menunjang

aktivitas perdagangan, pemukiman, pembuangan dan pengolahan sampah, jasa transportasi laut dan industri. Telah disadari bahwa beberapa daerah pesisir telah menunjukkan adanya gejala kerusakan lingkungan sebagai akibat dari aktivitas manusia dalam upaya pemanfaatan sumberdaya pesisir dan laut (Deriet *al.*, 2013).

2.2.1 Pencemaran Lingkungan Perairan Pesisir Akibat Kegiatan Industri

Meningkatnya intensitas pembangunan dan pantai untuk menunjang industri tentunya sejalan dengan meningkatnya tekanan terhadap kualitas lingkungan, dalam hal ini adalah dampak yang potensial ditimbulkan akibat adanya aktivitas tersebut terhadap keberlanjutan, kelangsungan dan keberadaan ekosistem pesisir. Perairan pesisir merupakan salah satu dari lingkungan perairan yang banyak mendapat pengaruh dari buangan limbah, baik yang berasal dari daratan maupun di laut lepas (baik dari limbah industri ataupun limbah hasil rumah tangga). Kenyataannya perairan pesisir dalam menampung dan mengurai limbah yang terbatas menimbulkan penumpukkan limbah yang lambat laun menimbulkan pencemaran yang tentunya sangat merugikan (Deri *et al.*, 2013).

Pencemaran merupakan salah satu faktor penting penyebab kerusakan lingkungan. Pencemaran lingkungan adalah berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia (antropogenik) ataupun proses alam, sehingga kualitas lingkungan turun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Sunu, 2001). Pencemaran lingkungan meliputi pencemaran air, tanah dan udara. Berdasarkan penjelasan dari

Fardiaz dalam Monoarfa (2002) menyatakan bahwa pencemaran air merupakan penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal, dengan demikian perairan yang sudah tidak lagi berfungsi secara normal dapat dikategorikan sebagai perairan tercemar.



Gambar 3. Limbah Industri yang Mengandung Bahan Pencemar di Desa Roomo Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik

Kerusakan lingkungan perairan dapat disebabkan tertimbunnya banyak bahan pencemar di beberapa lokasi, atas zat buang yang tidak digunakan dari aktivitas pertanian, peternakan maupun industrialisasi. Limbah-limbah industri misalnya tidak dapat dengan mudah didegradasi sehingga berdampak pada pencemaran lingkungan. Tak terkecuali limbah industri yang dibuang ke sungai. Sungai adalah salah satu sumber dayaperairan yang sangat penting. Peningkatan aktifitas manusia, seperti bidang perindustrian maupun limbah rumah tangga yang dibuang ke sungai menyebabkan terjadinya degradasi kualitas perairan sungai. Limbah mencemari perairan dan seluruh aspek yang memanfaatkan perairan tersebut. Tentunya zat

pencemaran terakumulasi di wilayah pesisir sebagai hilir dan muara sungai menuju lautan (Sunu, 2001).

Zat yang tergolong sangat berbahaya dan tidak baik untuk kondisi biota perairan setempat, dan kesehatan manusia adalah logam berat. Logam berat tidak mudah terlarut atau hilang bentuknya dari lingkungan dan cenderung terkumulasi di tubuh makhluk hidup. Jika terserap kedalam tubuh dalam kondisi besar, dampak yang ditimbulkan adalah terjadinya cacat baik mental atau fisik. Keberadaan kadar logam berat yang terlarut baik pada air laut, sedimen maupun di perairan tergantung pada baik buruknya kondisi perairan tersebut. Semakin tinggi aktivitas yang terjadi disekitar perairan baik di darat maupun areal pantainya maka kadar logam berat dapat meningkat pula. Logam seperti Fe, Mn, Cr, Cu, Co, Ni, Pb, Zn dan Cd merupakan jenis-jenis logam yang banyak ditemukan di ekosistem mangrove (Marchand *et al.*, 2006).

Konsentrasi logam berat dalam ekosistem mangrove terus mengalami peningkatan karena terjadinya akumulasi. Berbagai aktivitas manusia seperti industrialisasi dan urbanisasi memberikan dampak jangka panjang terhadap lingkungan, termasuk kontaminasi logam berat pada ekosistem mangrove (Davari *et al.*, 2012). Akumulasi logam pada ekosistem mangrove terjadi baik pada sedimen maupun perairan (terlarut). Sedimen mangrove memiliki kemampuan untuk menahan logam berat dari perairan, baik dari sungai maupun dari pasang surut (Tam dan Wong, 1996). Machado *et al.* (2002) menyebutkan bahwa struktur komunitas mangrove memiliki peran dalam pengendalian transport logam ke perairan di sekitarnya. Mangrove menyerap logam berat yang terdapat dalam lingkungan sehingga mampu mengurangi aliran logam berat ke perairan pantai.

Parvaresh *et al.* (2010) menyebutkan bahwa selain dapat terakumulasi dalam sedimen, logam berat juga dapat terakumulasi dalam struktur mangrove. Dampak dari akumulasi logam berat dalam vegetasi mangrove yaitu penurunan laju dekomposisi serasah (daun mangrove yang gugur). Sejalan dengan hal tersebut, Ahmed dan Shaukat (2012) menyebutkan bahwa daun mangrove yang mengandung Pb yang lebih tinggi menyebabkan laju dekomposisinya lebih rendah. Selanjutnya, Handayani (2006) menyebutkan bahwa Cd digunakan dalam berbagai industri seperti industri pelapisan, pewarna, pembuatan plastik, baterai dan campuran.

Pada vegetasi mangrove atau *Rhizophora mucronata*, Cd paling banyak terakumulasi pada bagian daun dan semakin tinggi pohon mangrove maka akumulasi Cd dalam tanaman juga semakin tinggi (Kumar *et al.*, 2010). Sementara menurut Ravikumar *et al.*, (2009), Cd memberikan dampak negatif terhadap bakteri pengurai fosfat yang terdapat di ekosistem mangrove. Semakin tinggi kandungan Cd lingkungan akan berdampak pada penurunan tingkat pertumbuhan dan aktivitas pelarutan fosfat oleh bakteri.

2.3 Kadmium (Cd)

2.3.1 Karakteristik Kadmium (Cd)

Kadmium adalah logam berwarna putih perak, lunak, mengkilap, tidak larut dalam basa, mudah bereaksi, serta menghasilkan Kadmium Oksida bila dipanaskan. Kadmium (Cd) umumnya terdapat dalam kombinasi dengan klor (Cd Klorida) atau belerang (Cd Sulfid). Kadmium membentuk Cd^{2+} yang bersifat tidak stabil. Cd memiliki nomor atom 40,

berat atom 112,4, titik leleh 321°C, titik didih 767°C dan memiliki masa jenis 8,65 g/cm³ (Wibowo, 1996).

Berdasarkan sifat-sifat fisiknya, kadmium (Cd) merupakan logam yang lunak ductile, berwarna putih seperti putih perak. Logam ini akan kehilangan kilapnya bila berada dalam udara yang basah atau lembab serta cepat akan mengalami kerusakan bila dikenai uap amoniak (NH₃) dan sulfur hidroksida (SO₂). Berdasarkan pada sifat kimianya, logam kadmium (Cd) didalam persenyawaan yang dibentuknya umumnya mempunyai bilangan valensi 2+, sangat sedikit yang mempunyai bilangan valensi 1+. Bila dimasukkan ke dalam larutan yang mengandung ion OH, ion-ion Cd²⁺ akan mengalami proses pengendapan. Endapan yang terbentuk dari ion-ion Cd²⁺ dalam larutan OH biasanya dalam bentuk senyawa terhidrasi yang berwarna putih (Parvaresh *et al.*, 2006).

Kadmium di suatu perairan terdapat dalam jumlah yang sangat sedikit, bersifat tidak larut dalam perairan, dan mudah terakumulasi di sedimen (Rudiyanti, 2009). Logam kadmium (Cd) ditemukan dalam perairan sebagai ion Cd²⁺, Cd (OH)₂, CdCO₃, dan senyawa kompleks, berikatan dengan material organik. Perpindahan logam kadmium (Cd) ke dalam sedimen bergantung pada jumlah pengendapan serta terjadinya ikatan logam dengan mineral, logam hidroksida dan material organik yang meningkat jumlahnya ketika pH meningkat (Davari *et al.*, 2012).

2.3.2 Sumber Kadmium (Cd)

Sumber kadmium (Cd) dalam laut terutama berasal dari alam yaitu letusan gunung berapi, debu yang terbawa angin, kebakaran hutan menyebabkan kadmium (Cd) yang terkandung di dalam pohon terlepas,

lahan pertanian yang menggunakan pupuk ber kandungan cadmium dan aliran sungai yang berasal dari lahan tersebut. Sumber lainnya merupakan hasil buangan manusia berasal dari pertambangan, ekstraksi dan pengolahan Zn (Davariet *al.*, 2012).

Kadmium (Cd) banyak digunakan dalam industri pelapisan logam, metalurgi, peralatan fotografi, gelas dan campuran perak, produksi foto-elektrik, foto-konduktor dan fosforus, porselen dan keramik (sebagai pigmen pada keramik), penyepuhan listrik, pelumas, tekstil, plastik serta dalam pembuatan alloy dan baterai alkali (Darmono, 2001). Kadmium merupakan bahan alami yang terdapat dalam kerak bumi. Kadmium murni berupa logam berwarna putih perak dan lunak, namun bentuk ini tak lazim ditemukan di lingkungan. Umumnya Kadmium terdapat dalam kombinasi dengan elemen lain seperti Oksigen (*Cadmium Oxide*), Klorin (*Cadmium Chloride*) atau belerang (*Cadmium Sulfide*). Kebanyakan Kadmium (Cd) merupakan produk samping dari pengecoran seng, timah atau tembaga cadmium yang banyak digunakan berbagai industri, terutama plating logam, pigmen, baterai dan plastik (Hutagalung, 1984).

2.3.3 Toksisitas Kadmium (Cd)

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

Kadmium (Cd) dalam konsentrasi 0,5-0,75 mL dalam air dapat menyebabkan nekrosis insang dan nekrosis fokal serta hipertropi pada

hepatopankreas dan mukosa usus pada udang putih (Darmono, 1990). Toksisitas akut cadmium (Cd) pada ikan dapat menyebabkan hypocalcaemia (rendahnya kalsium dalam darah) (Davariet *al.*, 2012). Toksisitas kadmium (Cd) pada manusia dapat menyebabkan penyakit ouch-ouch, itai-itai yaitu kontraksi otot karena kehilangan sejumlah kalsium dan dapat berdampak pada kematian seperti yang terjadi di Jepang (Uhlmann, 1979).

2.4 Penanggulangan Pencemaran Logam Berat

Pencemaran oleh berbagai polutan merupakan permasalahan yang sangat serius untuk ditangani, karena merugikan lingkungan dan ekosistem secara umum. Setelah mengetahui berbagai dampak yang ditimbulkan dari polutan-polutan logam berat, maka sangat perlu dilakukan upaya pengendalian bahkan pencegahan terhadap pencemaran mengingat akibatnya yang tidak saja dirasakan oleh biota perairan tetapi juga oleh manusia.

Prinsip penanggulangan pencemaran perairan adalah menghilangkan atau memodifikasi kotoran yang mengganggu kesehatan manusia atau lingkungan air, tanah dan udara. Untuk melindungi sumber air maka harus dilakukan pengendalian terhadap pengeluaran polutan. Upaya pengendalian pencemaran oleh logam berat perlu dilaksanakan sejak awal, dalam arti limbah-limbah yang dihasilkan oleh berbagai kegiatan manusia, baik di darat maupun di laut, haruslah diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke laut. Berbagai metode pengolahan limbah telah digunakan dan dikembangkan pada berbagai industri. Pengolahan yang dilakukan dapat merupakan pengolahan secara fisik, kimia, dan biologi ataupun merupakan gabungannya (Effendi, 2003).

Pengolahan artifisial sangat efektif untuk mengurangi jumlah zat-zat yang berbahaya bagi ekologi dalam badan air penerima, antara lain zat-zat yang dapat

mengendap. Proses pengolahan yang termasuk pengolahan fisika antara lain pengolahan mempergunakan *screen*, *sieves* dan *filter*, pemisahan dengan memanfaatkan gaya gravitasi (*sedimentasi* atau *oil/water separation*),serta flotasi, adsorpsi dan stripping. Proses pengolahan secara kimia adalah netralisasi, presipitasi, oksidasi, reduksi dan pertukaran ion (Sastrawijaya,2000).

2.5 Fitoremediasi

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 dan 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 (Khatuddin,2003).

Dalam pengaplikasian teknik fitoremediasi ini tanaman yang dipilih akan dipelihara dalam suatu kolam atau lahan basah buatan (*artificial wetland*). Adakalanya tanaman benar-benar menyerap zat polutan namun bisa juga berfungsi sebagai biofilter (organisme pengurai). 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 (Khatuddin,2003).

2.6 Kemampuan Mangrove Sebagai Fitoremediasi

Bakau atau mangrove adalah salah satu tanaman yang mampu beradaptasi dengan baik dalam lingkungan air, bahkan air payau maupun asin. Endapan yang dihanyutkan oleh air dari daratan merupakan substrat tempat tumbuh yang sangat cocok bagi tanaman ini. Kemampuan berbagai spesies bakau beradaptasi dengan lingkungan basah berbeda-beda. Di endapan lumpur yang terendam secara permanen hanya spesies *Rhizophora mucronata* yang mampu hidup. Di endapan yang terendam secara periodik ketika air pasang ukuran menengah, spesies yang mendominasi adalah *Avicennia sp.*, *Sonneratia* dan *Rhizophora* (di pinggiran air). Di endapan yang dibanjiri oleh air pasang besar normal, semua spesies dapat hidup tetapi yang mendominasi adalah *Rhizophora*. Di lahan oleh air pasang bulan purnama atau bulan gelap, spesies yang utama adalah *Bruguiera gymnorhiza* dan *Bruguiera cylindrica*, *Ceriops sp.* Sementara di lahan yang hanya dibanjiri oleh air pasang ekuinoks atau air pasang yang tinggi sekali ketika bersamaan dengan banjir dari hulu, spesies *Bruguiera gymnorhiza* dominan, dan disertai oleh *Rhizophora apiculata* dan *Xylocarpus granatum* (Knox, 2001). 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 (jumlah organisme dalam suatu perairan) (Tam, 1997).

Tanaman mangrove yang potensial untuk ditumbuhkan di lahan basah buatan antara lain: *Rhizophora mucronata*. Semua spesies *Rhizophora mucronata* memiliki akar penunjang yang tumbuh dari batangnya. *Rhizophora mucronata* mempergunakan ultrafiltrasi pada akar untuk mengeluarkan garam yang akan hilang bersamaan dengan daun yang gugur. Berdasarkan studi di Cina mengenai penyerapan logam berat oleh *Rhizophora stylosa* konsentrasi logam berat ditemukan pada beberapa bagian pohon yang berbeda. Konsentrasi

tertinggi dari Cu, Pb dan Cr ditemukan di batang, sedangkan Zn, Cd, Ni dan Mn ditemukan di daun, bunga dan akar (Zheng, 1997). Sedangkan pada *Rhizophora mangle* konsentrasi Mn paling tinggi ditemukan pada batang dan Cu terdeteksi pada buah, bunga dan daun. Cr di temukan pada cabang dan batang. Kemudian Pb serta Cd ditemukan diseluruh bagian tumbuhan (Silva *et al.*, 1990). Ini membuktikan bahwa jenis *Rhizophora* mampu menyerap polutan logam berat dengan baik.

2.7 Taksonomi Dan Morfologi *Rhizophora mucronata*

Rhizophora mucronata memiliki nama daerah: Bakau, bako-kurap, slindur, tongke besar, wako, bangko. Deskripsi umumnya yaitu: pohon dengan satu atau banyak batang, tinggi hingga 10 m. Klasifikasi *Rhizophora mucronata* dapat diuraikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Subkingdom : Tracheobionta
 Superdivisi : Spermatophyta
 Divisi : Magnoliophyta
 Kelas : Magnoliopsida
 Subkelas : Rosidae
 Ordo : Myrtales
 Family : Rhizophoraceae
 Genus : *Rhizophora*

Species: *Rhizophora mucronata*

Kulit kayu halus, bercelah, berwarna abu-abu hingga hitam. Memiliki akar tunjang dengan panjang hingga 3 m, dan akar udara yang tumbuh dari cabang bawah. Daun berkulit, berbintik teratur di lapisan bawah. Gagang daun berwarna

hijau, panjang gagang 1-3,5 cm, dengan pinak daun panjang 4-6 cm. Unit dan letak : sederhana dan berlawanan. Bentuk: elips melebar. Ujung daun meruncing, gagang kepala bunga seperti cagak, biseksual, masing-masing menempel pada gagang individu yang panjangnya 2,5-5 cm. Letak bunga di ketiak daun. Formasi bunga kelompok (8-16 bunga per kelompok). Daun mahkota ada 4; putih, ada rambut. Kelopak bunga: 4; kuning hijau, panjangnya 13-19 mm. Benang sari ada 8; dan sebuah tangkai putik, panjang 4-6 mm. Buah : Panjangnya 2,5-4 cm, berbentuk buah pir, berwarna coklat, berisi 1 biji fertil, Hipokotil silindris, berbintil agak halus. Leher kotilodon kuning kehijauan ketika matang. Ukuran hipokotil: panjang 20-35 cm (kadang sampai 50 cm) dan diameter 1,5-2,0 cm (Noor, et al., 1999).

2.8 Metode Perhitungan Akumulasi Logam Berat

Biological Accumulation Coefficient (BAC) yang juga disebut sebagai *Enrichment Coefficient* (EF) dimana didapatkan dengan cara membagi konsentrasi logam berat pada daun dengan konsentrasi logam pada sedimen (Khan et al., 2013; Cui et al., 2007). BAC merupakan rasio kandungan logam berat dalam daun dengan kandungan logam berat pada sedimen.

Biological Transfer Coefficient (BTC) atau *Translocation Factor* (TF) didefinisikan sebagai konsentrasi logam berat pada daun dibagi dengan konsentrasi logam berat pada akar (Cui et al., 2007; MacFarlane et al., 2007). BTC bisa mengetahui seberapa besar konsentrasi kandungan logam berat dari lingkungan yang diserap oleh jaringan akar, kemudian disebar dan diakumulasikan ke jaringan lainnya (daun dan kulit batang). *Bio-Concentration Factor* (BCF) adalah rasio antara konsentrasi logam berat pada akar dengan

konsentrasi logam berat pada sedimen (Yoon *et al.*, 2006; MacFarlane *et al.*, 2007; Khan *et al.*, 2013).

2.9 Bioakumulasi, Biokonsentrasi dan Biomagnifikasi

Bioakumulasi adalah pengambilan dan retensi pencemar oleh makhluk hidup dari lingkungan melalui suatu mekanisme atau lintasan. Biokonsentrasi adalah pengambilan dan retensi pencemar langsung dari massa air oleh makhluk hidup melalui jaringan seperti insang atau jaringan epitel. Biomagnifikasi merupakan proses dimana pencemar bergerak dari satu tingkat tropik ke tingkat lainnya dan menunjukkan peningkatan kepekatan dalam makhluk hidup sesuai dengan keadaan tropik mereka (Wahyuni, 2013). Bioakumulasi dari banyak makhluk hidup di lingkungan perairan dianggap sebagai perpindahan dari sedimen ke air, kemudian ke organisme. Kandungan bahan kimia dalam organisme adalah sebuah hasil pengambilan dari respirasi, sedangkan kandungan dalam sedimen atau partikel terlarut disebabkan oleh adsorpsi dan proses sedimentasi (Afiati, 2005 dalam Rudiyantri, 2009).

Proses terjadinya bioakumulasi senyawa pencemar oleh sel makhluk hidup, ditentukan oleh biokonsentrasi senyawa tersebut dalam sel. Biokonsentrasi adalah perpindahan senyawa dari berbagai sumber dari dalam lingkungan ke dalam makhluk hidup, yang menghasilkan suatu kepekatan yang umumnya lebih tinggi di dalam makhluk hidup dibandingkan sumbernya. Biokonsentrasi dapat dilihat sebagai proses kesetimbangan yang ditentukan jumlah pengambilan (biosorpsi) dan pelepasan (ekskresi) suatu senyawa oleh sel makhluk hidup di lingkungannya (Sumarsih, 2007). Biomagnifikasi dikaitkan dengan konsentrasi yang semakin besar seiring dengan tingkatan suatu makhluk di piramida makanan. Semakin tinggi posisi organisme tersebut, maka semakin besar pula potensi akumulasi senyawa dalam tubuhnya. Predator seperti lumba-

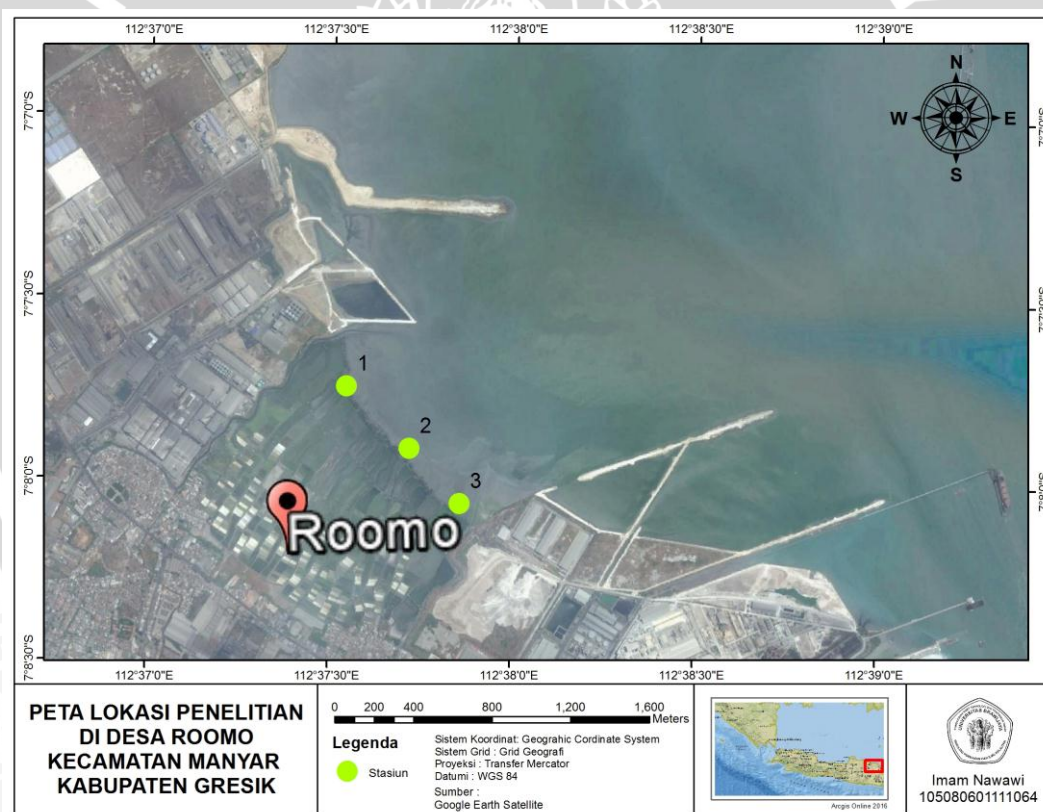
lumba dan burung air, bahkan juga manusia, mempunyai tingkat resiko yang tinggi. Bahkan senyawa yang ada di dalam tubuh ibu hamil dapat berpindah ke janin di dalam kandungannya dan mencemari air susu ibu (Herizal *et al.*, 2010)



3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah ekosistem mangrove dekat industri Kabupaten Gresik, tepatnya di Desa Roomo, Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik yang tersebar pada 3 titik stasiun penelitian. Stasiun 1 berada pada titik (.....), stasiun 2 berada pada titik (.....) dan stasiun 3 berada pada titik(.....). Pelaksanaan pengambilan sampel penelitian dilakukan pada **30 September 2015**. Sampel yang telah diambil dianalisis lebih lanjut di laboratorium. Dibawah ini disajikan Gambar 4 yang menunjukkan peta lokasi penelitian.



Gambar 4. Peta Lokasi Pengambilan sampel

3.2 Materi Penelitian

Materi penelitian yang digunakan atau diperlukan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah mencakup kondisi lingkungan disekitar tumbuhan *Rhizophora mucronata* yang meliputi sedimen, daun dan akar *Rhizophora mucronata* yang tersebar di 3 stasiun *sampling*. Sampel yang diambil akan dianalisis untuk mengetahui nilai konsentrasi dari logam berat kadmium (Cd) pada sedimen dan bagian tumbuhan (daun dan akar), serta dilakukan juga *recording* data kualitas air secara insitu yang meliputi: pH, suhu, salinitas, dan nilai *Dissolved Oxygen* (DO).

3.3 Peralatan dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan dalam pelaksanaan penelitian ini antara lain sebagai berikut:

Alat yang dibutuhkan pada penelitian ini terbagi menjadi dua macam, yaitu untuk pengukuran di lapang (insitu) dan pengukuran atau analisis di laboratorium. Tabel 2 merupakan alat-alat yang dibutuhkan dalam pelaksanaan penelitian baik di lapang dan di laboratorium.

Bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini terbagi menjadi dua macam, yaitu untuk pengambilan sampel di lapang (insitu) dan pengukuran atau analisis di laboratorium. Tabel 2. merupakan bahan-bahan yang dibutuhkan dalam pelaksanaan penelitian baik di lapang dan di laboratorium.

Tabel 1. Alat yang digunakan di lapang dan laboratorium

Bahan yang digunakan dalam pengukuran lapangan (insitu)			
1	Kertas label (memberikan tanda pada sampel yang telah diambil)	3	Parafilm (merapatkan tutup pada botol plietilen yang telah berisi sampel air)
2	Plastik (penyimpanan sampel daun <i>Rizhopora sp</i>)	4	Aquades
Bahan yang digunakan dalam pengukuran laboratorium			
1	Aquades (air destilasi)	4	Kertas Label
2	Tisu	5	HNO ₃ pekat
3	Aluminium foil		
Alat yang digunakan dalam pengukurn lapang (insitu)			
1	GPS (penentuan koordinat penelitian)	7	Botol sampel polietilen (tempat menyimpan sampel air)
2	<i>Salinometer</i> (pengukuran parameter salinitas)	8	Ember/Timba (mengambil air sampel)
3	<i>Termometer digital</i> (pengukuran parameter suhu perairan)	9	Camera digital (dokumentasi penelitian)
4	Paralon Plastik (modifikasi untuk pengambilan sampel sedimen)	10	<i>Cool Box</i> (tempat penyimpanan sampel)
5	Gunting (pengambilan sampel daun <i>Rizhopora sp</i>)	11	Kapak kecil (pengambilan sampel akar <i>Rizhopora sp</i>)
6	pH digital (pengukuran parameter pH perairan)	12	Secchi disk (pengukuran parameter kecerahan perairan)
		13	DO meter (mengukur parameter DO)
Alat yang digunakan dalam pengukuran laboratorium			
1	Pipet tetes (mengambil larutan skala kecil)	6	AAS (analisis kandungan logam berat pada sampel)
2	Beaker glass (tempat uji sampel)	7	Oven (mengeringkan atau membakar sampel daun, akar <i>Rizhopora sp</i> , dan mngeringkan tekstur sedimen)
3	Erlenmayer (tempat uji sampel)	8	Sieve shaker (pengayaan sampel sedimen untuk memisahkan butiran sedimen)
4	<i>Hot plate</i> (pemanas)	9	Loyang atau nampan (tempat butiran sedimen)
5	Laptop (input dan pengolahan data)	10	Labu ukur 100 ml (mengukur volume larutan)

3.4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan di dalam penelitian ini adalah metode survei dan teknik pengambilan data dilakukan secara observasi langsung. Menurut Nazir (2005), metode survei merupakan suatu pengamatan secara langsung untuk mendapatkan fakta-fakta dari gejala yang ada untuk mencari keterangan secara faktual serta mengetahui pembenaran untuk kondisi suatu daerah.

Menurut Usman dan Akbar (2006), observasi ialah pengamatan dan pencatatan yang sistematis terhadap gejala-gejala yang dilakukan secara langsung. Hasil dari observasi dan pengamatan secara langsung ini berupa data kualitas air, tekstur sedimen, serta kandungan konsentrasi logam berat kadium (Cd) pada perairan, sedimen, dan daun-akar *Rizhophora mucronata*.

3.5 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan secara Insitu di lapang adalah berupa pengukuran kualitas perairan dan pengumpulan sampel.

3.5.1 Pengukuran Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diukur secara *insitu* adalah berupa parameter fisika dan kimia air. Parameter fisika terdiri dari suhu dan parameter kimia terdiri dari salinitas, pH dan oksigen terlarut (DO). Alat yang digunakan adalah thermometer digital untuk pengukuran suhu, refraktometer untuk pengukuran salinitas, Titrasi Winkler meter untuk mengukur kandungan oksigen terlarut (DO) dan pH meter untuk mengukur pH.

3.5.2 Penentuan Umur Vegetasi

Teknik analisis vegetasi yang digunakan adalah metoda petak dengan unit contoh berupa jalur (transek) berukuran 10 m x 100 m

sebanyak 10 jalur. Didalam setiap unit contoh (jalur) secara *nested sampling* dibuat sub-sub unit contoh untuk permudaan, yakni 2 m x 2 m untuk tingkat semai, 5 m x 5 m untuk tingkat pancang dan 10 m x 10 m untuk pohon. Kriteria tingkat permudaan yang digunakan adalah:

- a. Pohon: pohon muda dan dewasa dengan diameter ≥ 10 cm
- b. Belta: anak pohon dengan diameter < 10 cm dan tinggi $> 1,5$ m
- c. Semai: anak pohon berkecambah sampai tingginya $\leq 1,5$ m.

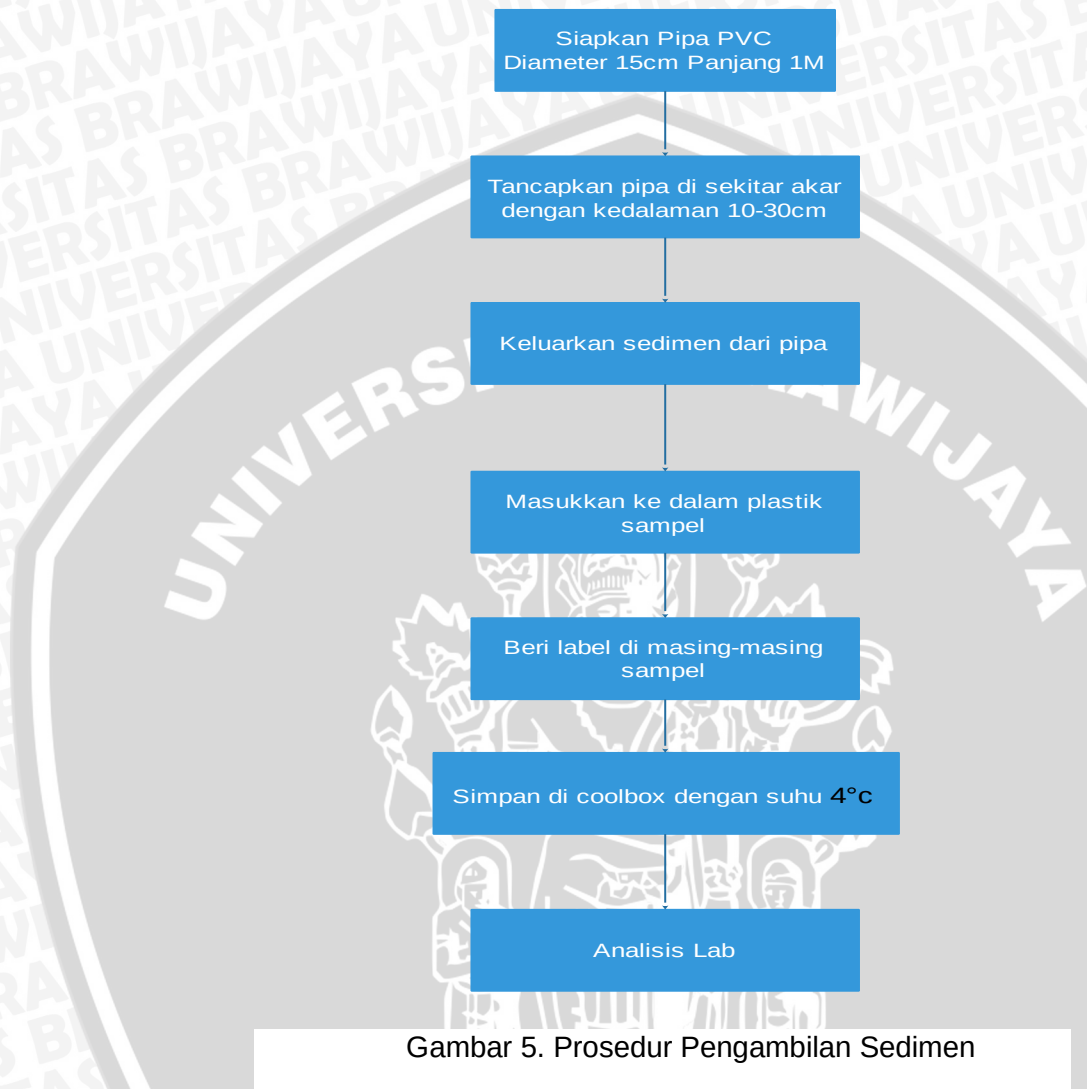
3.5.3 Pengambilan Sampel

Sampel yang di ambil pada penelitian ini adalah berupa sedimen dan media mangrove *Rhizopora mucronata* (Akar dan daun) untuk dianalisa kandungan logam berat kadmium (Cd). Sampel dikumpulkan dari 3 stasiun, dimana pada tiap stasiun diambil sampel sedimen, akar dan daun mangrove masing-masing 2 kali pengulangan. Sampel penelitian sejumlah 18 sampel (sedimen, akar dan daun) yang akan di analisis di Laboratorium Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang dan Laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang. Selain itu pada sampel sedimen akan dilakukan pengujian fraksi sedimen. Metode pengambilan dan analisa sampel dapat dijelaskan pada masing-masing sub bab berikut:

3.5.3.1 Sedimen

Pada penelitian ini, sampel sedimen dimasukkan ke dalam pipa PVC yang berdiameter 15 cm dan panjang 1 m. Sedimen yang diambil akan di analisis kandungan logam beratnya dan akan dianalisis fraksi atau komposisi dari butirannya. Sebelum pengambilan sampel sedimen, terlebih dahulu pipa di beri label sesuai jumlah stasiun yang digunakan, agar tidak terjadi

penggunaan pipa yang sama pada stasiun yang berbeda. Seperti yang terpadat pada gambar 5 berikut



Gambar 5. Prosedur Pengambilan Sedimen

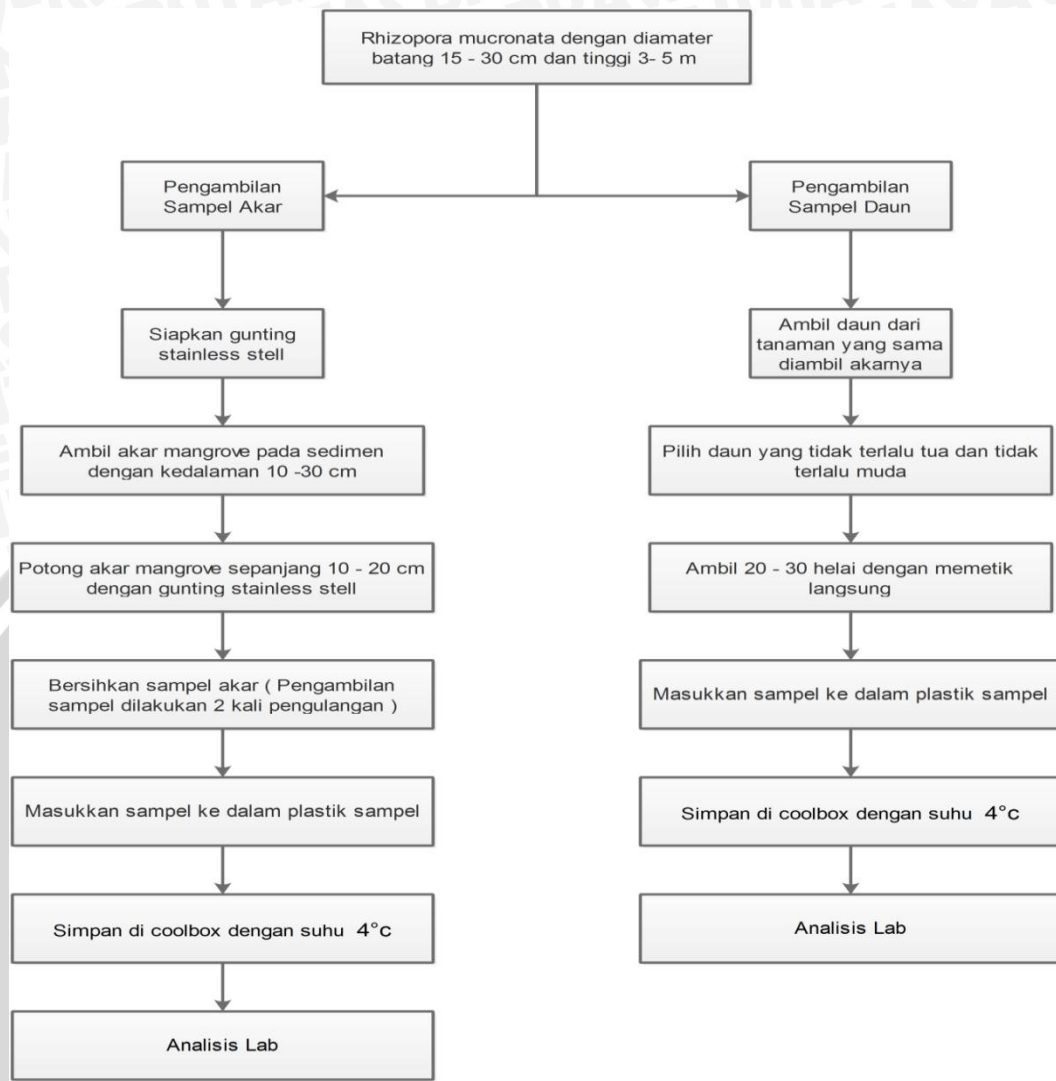
Sampel sedimen yang diambil untuk pengukuran kandungan kadmium (Cd) nya, merupakan sedimen yang diambil di sekitar akar pohon mangrove *Rhizophora mucronata*. Pengambilan sampel dilakukan dengan menancapkan pipa PVC ke dalam sedimen pada kedalaman 10-30 cm (Hamzah dan Setiawan, 2010). Sedimen yang diambil menggunakan pipa PVC dikeluarkan dan diletakkan kedalam ember lalu dimasukkan kedalam plastik sampel. Sampel sedimen disimpan kedalam cool

box dengan suhu 4°C sebelum dibawa ke laboratorium untuk dianalisis konsentrasi logam beratnya dan fraksi atau komposisi butiran penyusun sedimen.

3.5.3.2 Akar Dan Daun Mangrove (*Rhizophora mucronata*)

Akar mangrove yang diambil sebagai sampel adalah akar dari pohon *Rhizophora mucronata* yang berdiameter batang 15-30 cm dan tinggi 3-5 m, sedangkan panjang yang diambil sepanjang 10-20 cm (Hamzah dan Setiawan, 2010). Sampel akar mangrove adalah yang masuk di dalam sedimen mangrove dan diambil menggunakan gunting tanaman yang berbahan *stainless stell* anti karat untuk mengurangi kontaminasi logam saat pengambilan sampel. Pengambilan sampel akar mangrove dilakukan dengan memotong akar yang berada di dalam sedimen dari pohon mangrove dengan kedalaman 10-30cm.

Sampel akar mangrove diambil secukupnya dan dibersihkan dengan air laut di lokasi penelitian. Pengambilan dilakukan sebanyak 2 kali pengulangan pada masing-masing stasiun penelitian. Sampel akar kemudian diletakkan kedalam plastik sampel yang telah diberi label sesuai jumlah stasiun. Sampel akar mangrove kemudian disimpan kedalam *cool box* pada suhu 4°C sebelum dilakukan uji laboratorium. Seperti yang terpadat pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Prosedur Pengambilan Daun Dan Akar Mangrove

Daun mangrove yang diambil sebagai sampel adalah daun dari pohon *Rhizophora mucronata* yang sama diambil bagian akarnya. Sampel daun mangrove yang dipilih adalah yang daun yang utuh dan tidak terlalu muda dan tidak terlalu tua. Umur daun dapat dilihat dari warna daun. Daun yang lebih tua memiliki warna yang lebih gelap dibandingkan dengan daun muda. Sampel daun mangrove yang diambil sejumlah 20-30 helai dengan memetik langsung dari pohon mangrove. Pengambilan dilakukan sebanyak dua kali pengulangan pada masing-masing stasiun penelitian. Sampel daun kemudian diletakan kedalam plastik sampel yang

telah diberi label sesuai jumlah stasiun. Sampel akar mangrove kemudian disimpan kedalam *cool box* pada suhu 4°C sebelum dilakukan uji laboratorium.

3.6 Metode Analisis Data

3.6.1 Uji Konsentrasi logam kadmium (Cd) pada Akar dan Daun

Pengukuran konsentrasi logam berat kadmium (Cd) sesuai dengan penelitian dari (Hastuti *et al.*, 2013). Sampel akar ditimbang sebanyak 5 gr kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 450-500°C (pengabuan) selama ± 1 jam. Setelah proses pengabuan selesai selanjutnya sampel akar tersebut dilarutkan dengan menambahkan 10 ml HNO_3 . Kemudian ditambahkan akuades sampai volume menjadi 50 ml. Larutan tersebut dipanaskan dengan *hot plate* sampai mendidih dan volume berkurang 30 ml, metode pengujian tersebut tersaji dalam lampiran.

Bila belum terjadi kabut ulangi penambahan HNO_3 sebanyak 20 ml pada larutan tersebut, kemudian dipanaskan kembali hingga terjadi kabut. Setelah terjadi kabut tambahkan kembali larutan dengan akuades sehingga volume sampel menjadi 50 ml, lalu diendapkan. Larutan yang telah diendapkan disaring fasa airnya dengan kertas saring. Larutan yang diperoleh siap dianalisis dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometric*).

3.6.2 Uji Konsentrasi Logam Kadmium (Cd) Di Perairan

Analisis konsentrasi Cd diperairan dilakukan juga dengan menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometric*) dan

lampu hollow yang menggunakan katoda Cd sesuai SNI 06-66989.16-2004.

3.6.3 Potensi Fitoremediasi

Potensi fitoremediasi tanaman mangrove (*Rizhophora mucronata*), dapat dihitung dengan mengetahui tiga pendekatan biologi seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Hamzah dan Pancawati (2013) yaitu mencakup *Biological Accumulation Coefficient* (BAC) yang juga disebut sebagai *Enrichment Coefficient* (EF) dimana didapatkan dengan cara membagi konsentrasi logam berat pada daun dengan konsentrasi logam berat pada sedimen (Khan *et al.*, 2013; Cui *et al.*, 2007). Tingkat kemampuan mangrove dalam mengakumulasi logam berat dapat dilihat pada tabel 3. Yang merupakan tabel indeks faktor biokonsentrasi menurut Van Esch 1977 dalam Suprati 2008.

Tabel 2. Indeks Faktor Biokonsentrasi

Nilai BCF	Keterangan
BAC < 100	Sifat akumulasi rendah
BAC = 100 – 1000	Sifat akumulasi sedang
BAC > 100	Sifat akumulasi tinggi

$$BAC/EF = \frac{[\text{Logam Berat}] \text{ daun}}{[\text{Logam Berat}] \text{ sedimen}}$$

1. *Biological Transfer Coefficient* (BTC) atau *Translocation Factor* (TF) didefinisikan sebagai konsentrasi logam berat pada daun dibagi dengan konsentrasi logam berat pada akar (Cui *et al.*, 2007; MacFarlane *et al.*, 2007).

$$BTC/TF = \frac{[\text{Logam Berat}] \text{ daun}}{[\text{Logam Berat}] \text{ akar}}$$

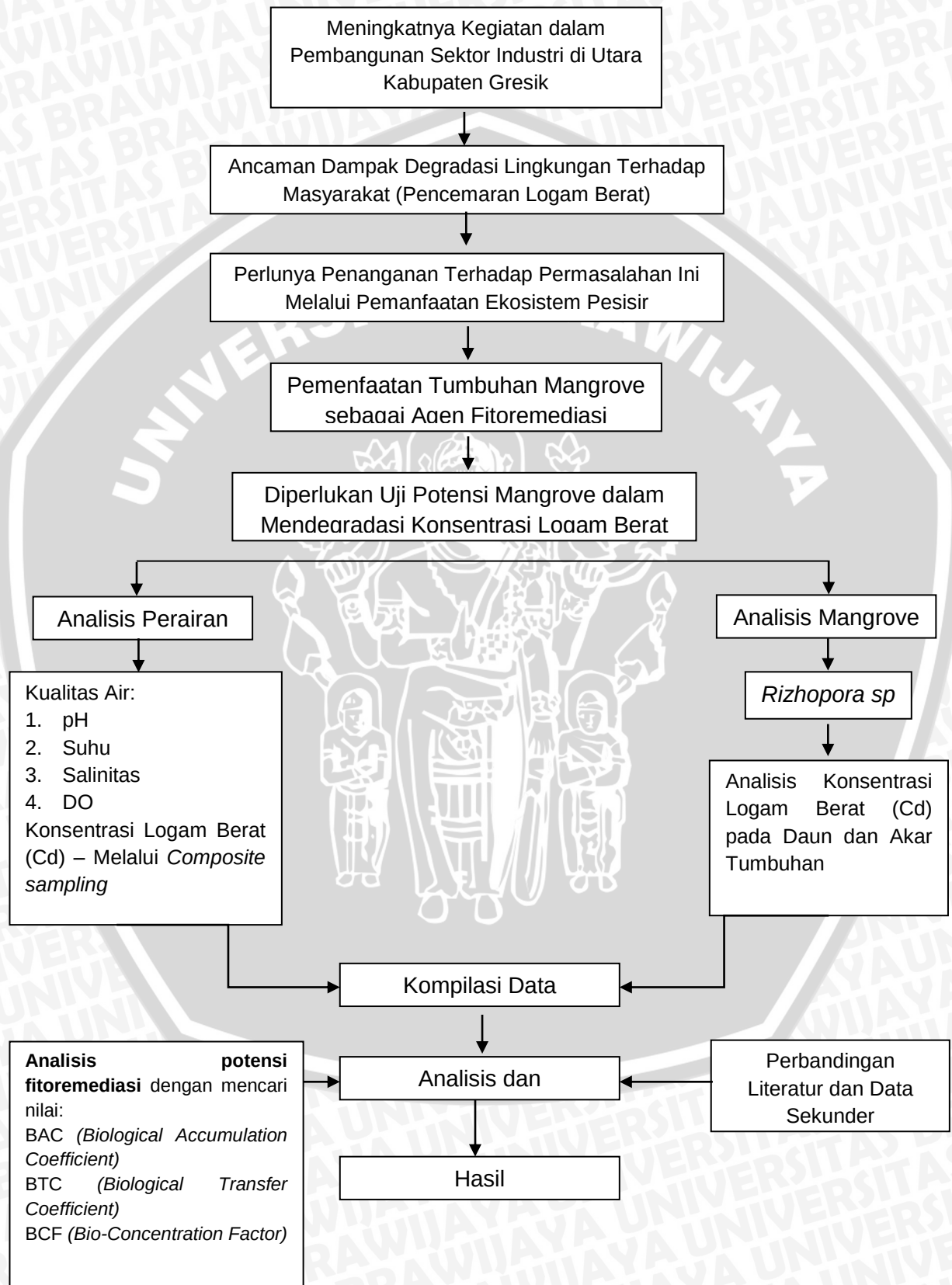
2. *Bio-Concentration Factor* (BCF) adalah rasio antara konsentrasi logam berat pada akar dengan konsentrasi logam berat pada sedimen (Yoon *et al.*, 2006; MacFarlane *et al.*, 2007; Khan *et al.*, 2013).

$$\text{BCF} = \frac{[\text{Logam Berat}] \text{ akar}}{[\text{Logam Berat}] \text{ sedimen}}$$



3.7 Kerangka Konsep Penelitian

Secara umum prosedur/alur penelitian disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Prosedur Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Stasiun Pengamatan

Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan di tiga stasiun di Pesisir Roomo, Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik. Pesisir Roomo merupakan daerah yang terletak di dekat daerah industri, daerah aktifitas nelayan, daerah tambak dan sungai.

4.1.1 Stasiun 1

Stasiun 1 terletak di samping kawasan industri Gresik, yang langsung berbatasan dengan laut lepas. Perairan ini mempunyai warna coklat dan berlumpur. Pada stasiun ini terdapat jumlah mangrove yang lebih banyak dibandingkan stasiun 2 dan stasiun 3. Lokasi pengambilan sampel stasiun 1 disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Lokasi pengambilan sampel stasiun 1

4.1.2 Stasiun 2

Letak stasiun 2 ini berdekatan dengan stasiun 1, sehingga kondisinya tidak jauh berbeda dengan stasiun 1. Namun jumlah mangrove yang ada lebih sedikit dibandingkan di stasiun 1. Lokasi pengambilan sampel stasiun 2 disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Gambaran Lokasi Stasiun 2

4.1.3 Stasiun 3

Stasiun 3 terletak di daerah hilir (dekat muara). Tidak jauh dari stasiun 3 terdapat dermaga untuk berlabuh beberapa kapal motor. Kawasan ini banyak ditemukan kapal motor yang melintas atau yang sedang melakukan aktivitas penangkapan di sekita perairan. Secara fisik, kondisi perairan pada stasiun 3 cenderung tenang dan perairan berwarna coklat lumpur. Stasiun 3 disajikan pada Gambar10.



Gambar 10. Gambaran Lokasi Stasiun 3

4.2 Kondisi Fisika Kimia Perairan Desa Roomo, Gresik

Hasil pengukuran parameter fisika dan kimia air selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil pengamatan parameter fisika dan kimia air selanjutnya dibandingkan dengan standart baku mutu menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut Lampiran III tentang biota laut.

Tabel 3. Hasil pengukuran kualitas air

Stasiun	Parameter Fisika dan Kimia Air			
	Suhu (°C)	Salinitas (‰)	pH	DO (mg/l)
1	30	34	7,9	9,4
2	32,5	33	8,2	8,5
3	33*	33	9*	5,3
Rata-rata	31,83	33,33	8,37	7,73
Baku Mutu	28 – 32	34	7 - 8,5	>5

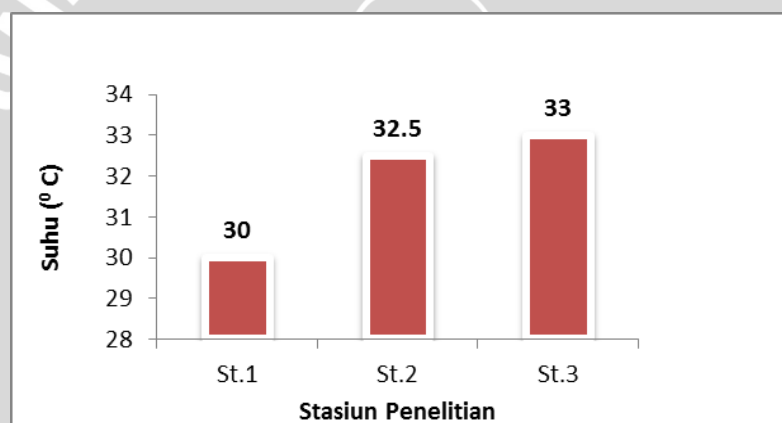
*) melebihi standar baku mutu

Sumber : (Standar Baku Mutu Lingkungan Menurut Kepmen Lingkungan Hidup no 51 Tahun 2004)

Dari tabel hasil pengukuran kualitas air yang kemudian dibandingkan dengan nilai baku mutu, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata dari masing-masing parameter masih sesuai dengan nilai standart baku mutu yang telah ditetapkan. Hal menunjukkan bahwa kondisi parameter fisika kimia yang ada di lapangan masih dalam keadaan yang baik, namun jika nilai baku mutu ini dibandingkan dengan nilai di masing-masing stasiun, masih adanya nilai parameter fisika atau pun kimia dasar yang tidak sesuai dengan nilai baku mutu. Oleh karena itu masing-masing parameter akan dibahas untuk mengetahui penyebab terjadi perbedaan antara baku mutu dan nilai yang ada di lapang.

4.2.1 Suhu

Suhu Perairan Pesisir Roomo Kabupaten Gresik di stasiun 1 sebesar 30 °C, stasiun 2 sebesar 32,5°C, stasiun 3 sebesar 33 °C. Rata-rata suhu perairan Pesisir Roomo Kabupaten Gresik 31,83 °C. Suhu tertinggi Perairan Pesisir Roomo Kabupaten Gresik mencapai 33 °C dan suhu terendah sebesar 30 °C. Pola grafik yang dihasilkan dari suhu Perairan Pesisir Roomo Kabupaten Gresik di 3 titik stasiun menunjukkan pola grafik yang cenderung stabil dimana perbedaan dari satu stasiun ke stasiun lain tidak berbeda jauh. Grafik suhu perairan Pesisir Desa Roomo dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil pengukuran suhu

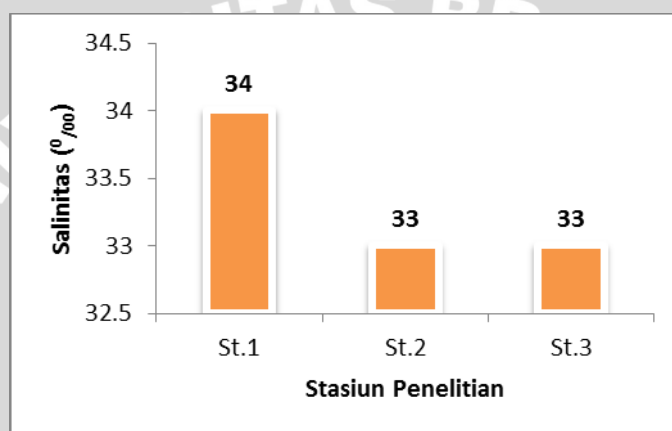
Tingginya nilai suhu pada stasiun 3 dan Stasiun 2 yaitu sebesar 33 dan 32,5°C dikarenakan pada stasiun 3 dan Stasiun 2 kondisi mangrove relatif kurang rapat sehingga penetrasi cahaya matahari yang masuk juga tinggi. Hal ini sangat berpengaruh dengan hasil pengukuran suhu yang dihasilkan. Selain itu saat melakukan pengamatan secara visual pada tiap titik stasiun, pada kedua stasiun ini warna air cukup keruh.

Selanjutnya hasil pengukuran suhu di stasiun 1 sebesar 30°C dimana banyak ditumbuhi mangrove dan tutupan mangrove yang bagus

sehingga penetrasi cahaya matahari yang masuk tidak terlalu tinggi dan masih tergolong suhu yang normal.

4.2.2 Salinitas

Salinitas atau kadar garam yang terlarut di Perairan Pesisir Roomo Kabupaten Gresik memiliki nilai yang beragam. Nilai salinitas dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Nilai Salinitas (‰) di Perairan Pesisir

Grafik hasil pengukuran salinitas perairan pada Gambar 9 diatas menunjukkan nilai salinitas paling tinggi pada stasiun 1 sebesar 34‰ hal ini disebabkan karena pada stasiun 1 pengukuran dilakukan pada saat air laut pasang, menyebabkan tingginya nilai salinitas di kedua stasiun ini. Nilai salinitas terendah yaitu pada stasiun 2 dan 3 sebesar 33‰, hal ini disebabkan air masih terkena pengaruh dari daratan berupa air tawar yang lebih tinggi karena lokasinya berada di dekat muara, sehingga akan mempengaruhi konsentrasi garam yang terlarut.

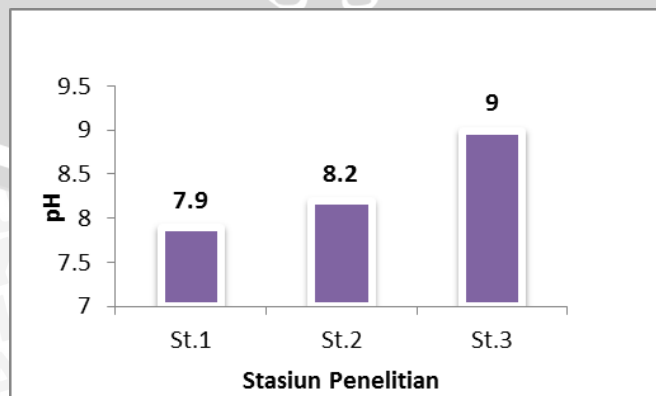
Salinitas merupakan salah satu parameter yang berperan penting dalam sistem ekologi laut. Beberapa jenis organisme ada yang bertahan dengan perubahan nilai salinitas yang besar (*euryhaline*) dan ada pula

organisme yang hidup pada kisaran nilai salinitas yang sempit (*stenohaline*). Salinitas dapat dipergunakan untuk menentukan karakteristik oseanografi. Perbedaan nilai salinitas di perairan dipengaruhi oleh pola sirkulasi air, besar kecilnya penguapan, jumlah curah hujan dan aliran sungai (Nontji, 1993 *dalam* Limbong, 2008).

Hasil pengukuran salinitas perairan di semua stasiun dibandingkan dengan baku mutu air laut berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 2004 Lampiran III (biota laut) yang memiliki nilai baku mutu sampai 34 ‰ pada ekosistem mangrove. Keduanya diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan < 5 ‰ salinitas rata-rata musiman. Secara keseluruhan salinitas di tiga stasiun penelitian di Perairan Pesisir Roomo Kabupaten Gresik tergolong baik karena tidak melebihi ambang batas baku mutu.

4.2.3 pH (*power of hydrogen*)

pH atau derajat keasaman pada Perairan Pesisir Roomo Kabupaten Gresik memiliki nilai yang beragam. Nilai pH Perairan Pesisir Roomo Kabupaten Gresik pada masing-masing stasiun dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Nilai pH di di Perairan Pesisir Roomo Kabupaten Gresik

Grafik hasil pengukuran pH perairan pada Gambar 7 diatas menunjukkan nilai pH paling tinggi pada stasiun 3 yang berlokasi di yaitu sebesar 9 yang melebihi baku mutu yang berkisar antara 7-8,5. Tingginya nilai pH pada stasiun 3 dikarenakan rendahnya kandungan DO di stasiun 3. Perubahan pH ditentukan oleh aktivitas fotosintesis dan respirasi. Fotosintesis menghasilkan O_2 , adanya penambahan O_2 dalam ekosistem akan membuat nilai pH di perairan menjadi rendah. Sebaliknya, proses respirasi yang dilakukan oleh semua komponen ekosistem akan mengurangi jumlah O_2 , sehingga akan meningkatkan pH di perairan (Wetzel, 1983).

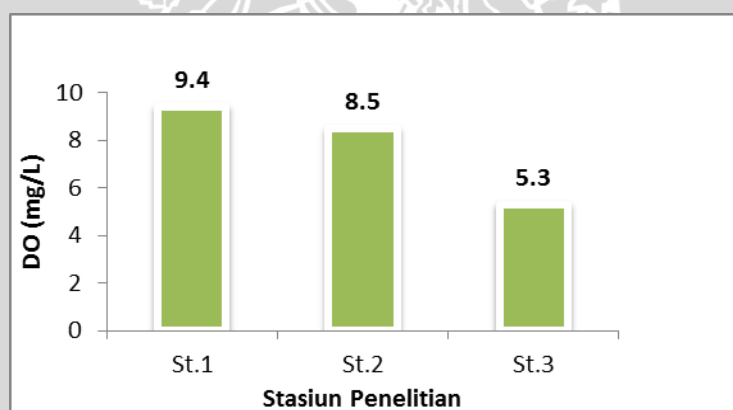
pH air adalah nilai dari hasil pengukuran ion hidrogen (H^+) di dalam air. Air dengan kandungan ion H^+ banyak akan bersifat asam, dan sebaliknya akan bersifat basa (Alkali). Kondisi pH optimal untuk ikan ada pada range 6.5-8.5. Nilai pH di atas 9.2 atau kurang dari 4.8 bisa membunuh ikan dan pH di atas 10.8 dan kurang dari 5.0 akan berakibat fatal bagi ikan-ikan jenis tilapia. Air dengan pH rendah terjadi di daerah tanah yang bergambut. Nilai pH yang tinggi terjadi di perairan dengan kandungan alga tinggi, dimana proses fotosintesis membutuhkan banyak CO_2 . Nilai pH sangat penting sebagai parameter kualitas air karena mengontrol tipe dan laju kecepatan reaksi beberapa bahan di dalam air. Selain itu ikan dan makhluk-makhluk akuatik lainnya hidup pada selang pH tertentu, sehingga dengan diketahuinya nilai pH maka dapat diketahui apakah air tersebut sesuai atau tidak untuk menunjang kehidupan organisme akuatik (Lukas, 2010).

Hasil pengukuran pH perairan di semua stasiun dibandingkan dengan baku mutu air laut berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Lampiran III (biota laut) yang memiliki nilai

baku mutu sama sebesar 7-8,5. Keduanya diperbolehkan terjadi perubahan sampai $<0,2$ satuan pH. Secara umum pH di Perairan Pesisir Roomo Kabupaten Gresik tergolong baik untuk stasiun 1, 2 menunjang kehidupan biota laut, karena masih berada di kisaran nilai baku mutu air laut. Sedangkan tidak terlalu baik di stasiun 3 karena melebihi ambang baku mutu perairan laut.

4.2.4 Oksigen Terlarut (DO/Dissolve Oxygen)

DO (*Dissolved oxygen*) yang lebih dikenal dengan Konsentrasi oksigen terlarut di Perairan Pesisir Roomo Kabupaten Gresik memiliki nilai yang beragam. Pola di grafik nilai DO Perairan Pesisir Roomo Kabupaten Gresik pada masing – masing stasiun dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Nilai DO (mg/L) di Perairan Pesisir Roomo Kabupaten Gresik

Grafik hasil pengukuran DO perairan pada Gambar 9 diatas menunjukkan nilai DO paling tinggi pada stasiun 1 sebesar 9,4 mg/L. Nilai DO yang tinggi ini dikarenakan rendahnya suhu perairan di stasiun 1. Nybakken (1992) menyatakan bahwa semakin rendah suatu suhu di perairan, maka semakin tinggi kelarutannya di dalam perairan tersebut. Nilai DO paling rendah berada pada stasiun 3 di daerah muara sungai

yang tercemar limbah pabrik dan limbah rumah tangga. Rendahnya nilai DO ini disebabkan oleh waktu pengukuran yang dilakukan pada siang hari, dimana suhu perairan tinggi sehingga nilai oksigen terlarut di stasiun ini menjadi rendah. Sumber utama oksigen dalam air laut adalah dari udara melalui proses difusi dan hasil fotosintesis fitoplankton pada siang hari. Faktor-faktor yang mampu menurunkan kadar oksigen dalam air laut adalah kenaikan suhu air, respirasi, adanya lapisan minyak di atas permukaan laut dan masuknya limbah organik yang mudah diurai ke lingkungan laut (Hutagalung, 1997)

Daya larut logam berat dapat menjadi tinggi seiring dengan meningkatnya kandungan oksigen terlarut. Pada daerah yang kekurangan oksigen, misalnya akibat kontaminasi bahan-bahan organik, daya larut logam berat akan menjadi lebih rendah dan mudah mengendap. Logam berat seperti Cd, Pb, dan Hg akan sulit terlarut dalam kondisi perairan yang anoksik (Ramlal, 1987). 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 (Wilson, 1988).

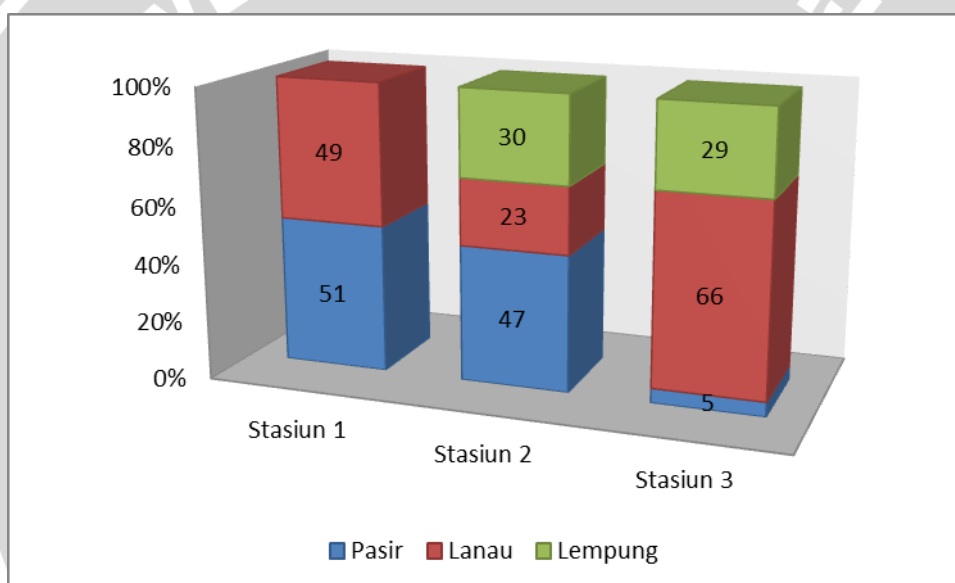
Hasil pengukuran DO perairan di semua stasiun dibandingkan dengan baku mutu air laut berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 2004 Lampiran III (biota laut) yang memiliki nilai baku mutu sebesar > 5 mg/L. Secara umum semua stasiun di Perairan di Pesisir Desa Roomo memiliki nilai konsentrasi DO yang baik karena berada di atas baku mutu air laut walaupun pada stasiun 3 nilai DO nya hampir mendekati 5.

Dari hasil pengukuran yang dilakukan, terlihat bahwa stasiun 3 memiliki konsentrasi pH yang tinggi dan kandungan DO yang rendah. Hal

ini kemungkinan disebabkan oleh adanya pengaruh buangan limbah rumah tangga dan industri di sekitar stasiun penelitian.

4.3 Analisis Tekstur Sedimen

Berdasarkan hasil analisis butir, sedimen di Pantai Roomo, Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik terdiri dari fraksi pasir, lempung dan liat dengan dominasi yang berbeda pada masing-masing stasiun. Ukuran partikel dari masing-masing fraksi pada masing-masing stasiun dapat dilihat pada grafik pada Gambar 15.



Gambar 152. Ukuran Partikel Sedimen

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa stasiun 1 memiliki persentase fraksi pasir sebesar 51% dan fraksi lanau sebesar 49%, sehingga stasiun 1 memiliki jenis sedimen berupa pasir berlanau. Pada stasiun 2 persentase fraksi pasir sebesar 47%, fraksi lanau sebesar 23%, dan fraksi lempung sebesar 30%, sehingga stasiun 2 memiliki jenis sedimen berupa lumpur berpasir. Stasiun 3 memiliki persentase fraksi pasir sebesar 5%, fraksi lanau sebesar 66%, dan fraksi lempung sebesar 29%, sehingga stasiun 3 memiliki jenis sedimen berupa

lanau berlempung. Stasiun 1 dan 2 cenderung memiliki karakter sedimen yang sama, sedangkan pada stasiun 3 tekstur sedimen lebih halus karena berada dekat dengan muara sungai. Astrini *et al.* (2014) menyatakan bahwa tipe substrat dasar muara pada umumnya berupa lumpur (*silt*) dan liat (*clay*). Substrat yang berupa lumpur menunjukkan bahwa di daerah muara memiliki tingkat sedimentasi yang cukup tinggi. Sedimen ini berasal dari daerah hulu sungai yang membawa material tanah daratan yang tererosi menuju ke bagian hilir. Hal ini dapat juga disebabkan oleh adanya abrasi yang cukup tinggi sehingga memberikan kontribusi sedimen yang terbawa ke muara.

Menurut Harahab (2010), mangrove biasanya tumbuh di daerah intertidal (pasang surut) yang memiliki substrat berupa lumpur, lempung atau pasir. Keberadaan lumpur di dasar perairan sangat dipengaruhi oleh banyaknya partikel tersuspensi yang dibawa oleh air tawar dari darat maupun air laut itu sendiri, serta faktor-faktor yang mempengaruhi penggumpalan dan pengendapan bahan tersuspensi tersebut, seperti arus dari laut (Nybakken, 1998). Mangrove lebih banyak tumbuh pada substrat berlumpur karena endapan lumpur dapat menyimpan nutrisi dan menyaring bahan beracun (*waste toxic*). Selain suplai air tawar dan pasokan nutrisi, substrat menjadi salah satu parameter utama yang menentukan kelangsungan hidup dan pertumbuhan mangrove.

4.4 Logam Berat Cd (Kadmium) pada Sedimen dan Mangrove

Kandungan logam berat Cd pada sedimen, akar dan daun mangrove di Pantai Roomo, Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik memiliki nilai yang berbeda-beda di masing-masing stasiun. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan pada media akumulasi, yakni sedimen, akar, dan daun mangrove, serta perbedaan sumber bahan pencemar di masing-masing stasiun. Hasil dari pengukuran kandungan logam berat ini selanjutnya akan dibandingkan dengan

standart baku mutu. Hasil perhitungan kandungan logam berat dapat dilihat pada tabel 5 berikut:

Tabel 4. Rata-rata Kandungan Logam Berat Cd pada Sedimen, Akar dan Daun Mangrove *Rhizophora mucronata*

Stasiun	Tekstur Sedimen (%)			Logam Berat Cd (mg/kg)
	Pasir	Lanau	Lempung	
1	51	49	0	2,47 ± 0,08*
2	47	23	30	2,35 ± 0,05*
3	5	66	29	3,22 ± 0,07*

*) Baku mutu: 1,5 (ANZECC dan CCME, 2000)

4.4.1 Logam Berat Cd (Kadmium) pada Sedimen

Dari hasil uji logam berat kadmium (Cd) didapatkan hasil bahwa nilai sedimen yang mengandung logam berat paling tinggi berada di stasiun 3 yaitu $3,22 \pm 0,07$. Nilai logam berat yang paling rendah berada di stasiun 2 dengan nilai $2,35 \pm 0,05$. Nilai logam berat pada sedimen di stasiun 1 adalah $2,47 \pm 0,08$. Nilai tertinggi di stasiun 3 karena kerapatan mangrove di stasiun ini paling rendah sehingga logam berat lebih mudah diserap oleh sedimen. Selain itu lokasi stasiun 3 berdekatan dengan kompleks industri maka memungkinkan adanya inputan logam berat dari limbah sisa industri dan aliran sungai yang tercemar limbah rumah tangga.

Kandungan logam berat berhubungan dengan ukuran partikel sedimen. Pada sedimen yang halus persentase logam berat lebih tinggi daripada dalam sedimen yang kasar. Hal ini berhubungan dengan kondisi lingkungan yang tenang sehingga memungkinkan pengendapan sedimen halus berupa lumpur yang diikuti oleh akumulasi logam beratnya lebih tinggi. Logam berat yang berasal dari aktifitas manusia maupun alam terdistribusi pada partikel sedimen yang memiliki ukuran berbeda.

Distribusi logam berat pada berbagai ukuran partikel dipengaruhi oleh pembentukan sedimen baik secara alami maupun non-alami (Siaka *et al.*, 2000).

Dari ketiga stasiun pengamatan didapatkan bahwa kondisi logam berat yang terakumulasi pada sedimen sudah melebihi ambang baku mutu. Sedimen pada stasiun 3 lebih tinggi karena terletak paling dekat dengan industri. Kondisi ini sangat berbahaya bagi biota yang berada pada perairan tersebut. Karena kadmium sendiri merupakan logam berat non esensial yang bisa menyebabkan penyakit bahkan kematian bagi biota.

4.4.2 Logam Berat Cd (Kadmium) pada Mangrove

Mangrove yang dijadikan bahan penelitian adalah mangrove dengan spesies *Rhizophora mucronata*. Spesies mangrove yang dipilih pada stasiun 1 memiliki tinggi 7 m dengan diameter pohon 15 cm pada mangrove tua dan tinggi 3 m dengan diameter pohon 6 cm pada mangrove muda. Pada stasiun 2 memiliki tinggi 8,5 m dengan diameter pohon 18,5 cm pada mangrove tua dan tinggi 3 m dengan diameter pohon 5 cm pada mangrove muda. Stasiun 3 memiliki tinggi 7,5 m dengan diameter pohon 16 cm pada mangrove tua dan tinggi 3,5 m dengan diameter pohon 5,5 cm pada mangrove muda.

Hasil analisis AAS terhadap sampel mangrove disajikan pada Tabel 6 berikut:

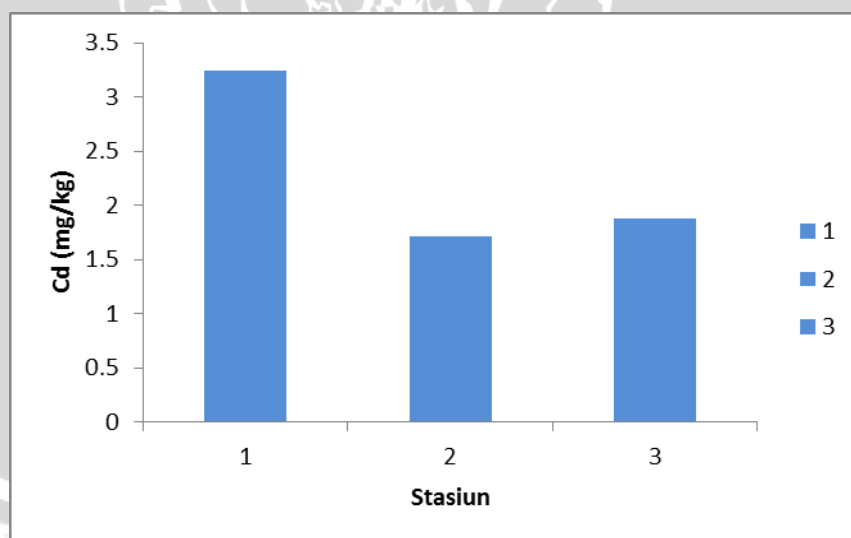
Tabel 5. Hasil Analisis AAS

Stasiun	Mangrove	Logam Berat Cd (mg/kg)			Baku Mutu (mg/kg)
		Akar	Daun Tua	Daun Muda	
1	<i>Rhizophora mucronata</i>	3,24	1,56	0,71	0,001 *)
2		1,71	1,65	2,02	
3		1,88	1,81	2,58	

*) Baku mutu logam berat berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004

4.4.2.1 Akar

Selain menyerap logam berat pada sedimen, jaringan akar mangrove juga menyerap zat pencemarlain yang terdapat pada kolom air, mengingat jaringan akar mangrove selalu terendam air pada saat air pasang (Setiawan, 2013). Grafik konsentrasi logam berat Cd pada akar mangrove *Rhizophora mucronata* di Pantai Roomo, Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik dapat dilihat pada Gambar 16 berikut:



Gambar 16. Grafik Rata-rata Logam Berat Cd pada Akar Mangrove *Rhizophora mucronata*

Kandungan rata-rata logam berat Cd tertinggi berada di Stasiun 1. Hal ini disebabkan oleh lokasi Stasiun 1 yang memiliki

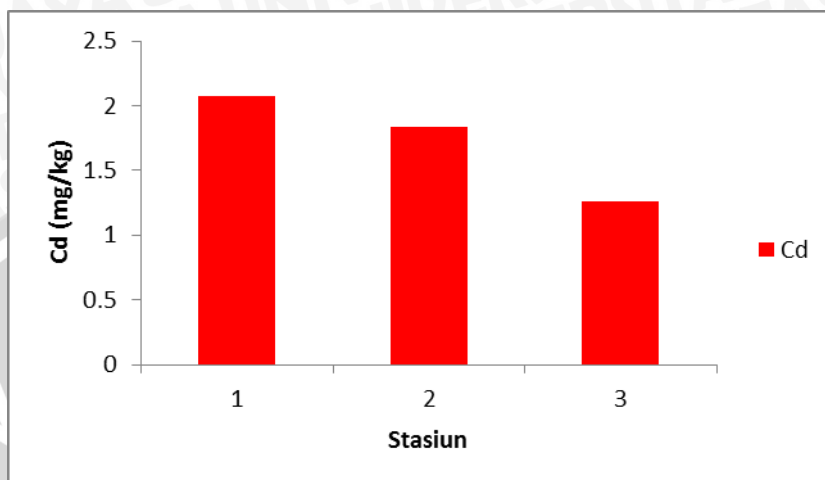
jenis sedimen berupa pasir berlanau. Jenis sedimen ini memiliki ukuran butir yang halus. Logam berat akan mudah diserap oleh sedimen yang memiliki ukuran butir yang halus. Hal ini sesuai dengan pernyataan Nybakken (1992), yang mengatakan bahwa jenis dan ukuran substrat merupakan salah satu faktor ekologi yang mempengaruhi kandungan logam berat. Semakin halus tekstur substrat, semakin besar kemampuannya untuk mengikat logam berat.

Vegetasi mangrove mempunyai kemampuan mengakumulasi logam berat dan membantu mengurangi tingkat konsentrasi bahan pencemar di air. Setiawan (2013) menyatakan bahwa ekosistem mangrove memegang peranan penting sebagai *polutant trap* untuk berbagai unsur logam dan nutrien, baik yang berasal dari darat maupun laut. Mangrove sebagai salah satu organisme hidup dapat dijadikan sebagai bioindikator tingkat pencemaran logam berat dalam lingkungan perairan. Monitoring pada organisme hidup atau dikenal dengan bioindikator, yaitu penggunaan jenis organisme tertentu yang dapat mengakumulasi bahan-bahan pencemar yang ada sehingga mewakili keadaan di dalam lingkungan hidupnya.

4.4.2.2 Daun

Logam berat didistribusi ke seluruh jaringan tanaman sampai daun, melalui proses uptake pada akar, ditahan pada jaringan dan dilepas ke lingkungan melalui pelepasan daun (Setiawan, 2013). Hasil pengukuran kandungan logam berat

Cd pada daun mangrove *Rhizophora mucronata*. di Pantai Roomo, Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik dapat dilihat pada Gambar 17 berikut:



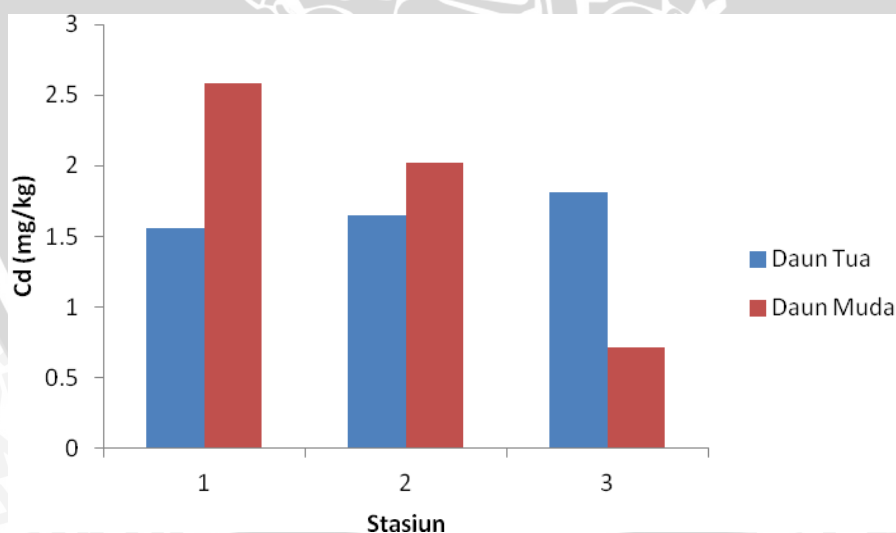
Gambar 17. Akumulasi Kadmium Pada daun *Rhizophora mucronata*

Kandungan logam berat pada daun yang tertinggi terdapat di stasiun 1. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kepadatan dan umur mangrove di stasiun ini. Jumlah dan umur pohon-pohon mangrove di stasiun 1 lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun 2 dan 3. Hal ini selanjutnya menyebabkan perbedaan kemampuan penyerapan logam berat. Logam berat akan semakin mudah diserap oleh pohon mangrove yang memiliki usia lebih tua. Semakin tinggi pohon mangrove, maka semakin kuat pula daya serap logam beratnya. Secara umum tumbuhan melakukan penyerapan oleh jaringan akar, baik yang berasal dari sedimen maupun air, kemudian terjadi translokasi ke bagian tumbuhan yang lain dan lokalisasi atau penimbunan logam pada jaringan tertentu. Daun juga merupakan jaringan dengan tingkat akumulasi logam berat yang lebih tinggi jika dibandingkan

dengan ranting. Kemungkinan hal ini disebabkan karena tingkat mobilitas logam berat yang tinggi dan jaringan daun sebagai tempat penimbunan logam berat sebelum dilepas ke lingkungan (Kumar *et al.*, 2010 dalam Setiawan, 2013).

4.5 Perbedaan Konsentrasi Logam Berat Cd (Kadmium) di Akar dan Daun Mangrove Berdasarkan Perbedaan Umur

Absorpsi unsur hara pada tumbuhan ditentukan oleh berbagai faktor biotik dan abiotik. Faktor biotik antara lain adalah hormon, fase pertumbuhan, metabolisme, morfologi tumbuhan, densitas daun, bentuk daun (sempit atau berbulu), berbulu atau berlapis, mudah tidaknya menjadi basah, dan umur. Sedangkan faktor abiotik antara lain adalah suhu, salinitas, cahaya, kelembaban, dan kualitas tanah (Panjaitan, 2009). Gambar 18. Merupakan konsentrasi logam berat kadmium di akar dan daun mangrove berdasarkan perbedaan umur.



Gambar 18. Akumulasi Logam Berat Kadmium di Akar dan Daun *Rhizophora mucronata* Berdasarkan Perbedaan Umur

Pada Gambar 18. dapat dilihat bahwa kandungan Cd yang terdapat pada akar tua berkisar antara 1,75-3,29 mg/kg, pada akar muda berkisar antara 0,47-4,37 mg/kg, daun tua berkisar antara 1,56-1,81 mg/kg, dan pada daun muda berkisar antara 0,71-2,58 mg/kg. Hasil analisis pengukuran kandungan Cd menunjukkan kemampuan penyerapan yang berbeda. Kandungan Cd pada akar tua pada masing-masing stasiun penelitian berturut-turut adalah 1,75; 2,48; dan 3,29 mg/kg. Kandungan Cd pada akar muda pada masing-masing stasiun penelitian berturut-turut adalah 4,73; 0,94; dan 0,47 mg/kg. Kandungan Cd pada daun tua pada masing-masing stasiun penelitian berturut-turut adalah 1,56; 1,65; dan 1,81 mg/kg. Kandungan Cd pada daun muda pada masing-masing stasiun penelitian berturut-turut adalah 0,71; 2,02; dan 2,58 mg/kg.

Kandungan Cd tertinggi terdapat pada akar tua dengan rerata 2,51 mg/kg. Hal ini disebabkan oleh kemampuan akar tua yang lebih baik dalam menyerap logam berat. Menurut Tjitrosoepomo (2003), bagi tumbuhan, akar memiliki tugas yang sangat penting seperti memperkuat berdirinya tumbuhan, tempat menimbun makanan, serta penyerap air dan zat-zat makanan kemudian disalurkan ke organ tumbuhan lain. Karena fungsi penyerapan itulah, akar dapat mengakumulasi kandungan Cd terbesar.

4.5.1 Analisis Statistik

Dalam penelitian ini digunakan uji One Way Anova. One Way Anova merupakan salah satu uji komparatif yang digunakan untuk menguji perbedaan *mean* (rata-rata) data lebih dari dua kelompok.

Tabel 6. Hasil Uji One Way Anova

ANOVA					
Cd					
	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.255	3	.418	.240	.866
Within Groups	13.972	8	1.747		
Total	15.227	11			

Berdasarkan hasil uji One Way Anova, diperoleh nilai probabilitas (sig.) sebesar 0.866. Karena nilai probabilitas lebih besar dari 0.05, maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan pada kandungan logam berat Cd di dalam akar tua, akar muda, daun tua maupun di dalam daun muda. Beberapa spesies mangrove dilengkapi dengan kelenjar ekskresi yang berguna untuk membuang kelebihan garam dari dalam jaringan dan ultrafiltrasi untuk mencegah masuknya garam ke dalam jaringan. Tumbuhan mangrove dapat mencegah lebih dari 90% masuknya garam dengan proses filtrasi pada akar. Garam yang terserap dengan cepat diekskresikan oleh kelenjar garam di daun atau disimpan dalam kulit kayu dan daun tua yang hampir gugur. Beberapa spesies mangrove seperti *Avicennia*, *Acanthus* dan *Aegiceras* memiliki alat sekresi garam. Konsentrasi garam dalam cairan biasanya tinggi, sekitar 10% dari air laut. Sebagian garam dikeluarkan melalui kelenjar garam dan selanjutnya diuapkan angin atau hujan. Sedangkan spesies lain seperti *Bruguiera*, *Lumnitzera*, *Rhizophora*, dan *Sonneratia* tidak memiliki alat ekskresi garam. Untuk itu membran sel di permukaan akar mampu mencegah masuknya sebagian besar garam dan secara selektif menyerap ion-ion tertentu melalui proses ultrafiltrasi (Soeroyo, 1993 dalam Basyuni,

2012). Hal inilah yang kemudian menyebabkan nilai fitoremediasi pada *Rhizophora mucronata* rendah.

4.6 Potensi Fitoremediasi

Berdasarkan hasil analisis dari laboratorium kemudian dilakukan perhitungan menggunakan rumus untuk mengetahui potensi fitoremediasi tanaman mangrove *Rhizophora mucronata*. Berikut ini hasil perhitungannya

Tabel 8. Hasil Pengukuran Logam Berat Kadmium (Cd)

Stasiun	H (m)		D (cm)		Cd Sedimen (mg/kg)	Cd Akar (mg/kg)		Cd Daun (mg/kg)	
	Md	Mm	Md	Mm		Md	Mm	Md	Mm
1	7	3	15	6	2.47	1.75	4.73	1.56	2.58
2	8.5	3	18.5	5	2.35	2.48	0.94	1.65	2.02
3	7.5	3.5	16	5.5	3.22	3.29	0.47	1.81	0.71
Rata-rata					2.68	2.51	2.05	1.67	1.77

Keterangan: Md: Spesies Muda; Mm: Spesies Tua

1. *Biological Accumulation Coefficient* (BAC) yang juga disebut sebagai *Enrichment Coefficient* (EF)

Sedimen	Daun Tua	Daun Muda
2.68	1.67	1.77

$$\text{BAC/EF} = \frac{[\text{Logam Berat}] \text{ daun}}{[\text{Logam Berat}] \text{ sedimen}}$$

$$\text{BAC/EF Daun Tua} = \frac{1.67}{2.68} = 0.62$$

$$\text{BAC/EF Daun Muda} = \frac{1.77}{2.68} = 0.66$$

Berdasarkan perhitungan *Biological Accumulation Coefficient* (BAC) didapatkan hasil. Bahwa konsentrasi logam berat kadmium (Cd) banyak terakumulasi di daun muda dengan nilai 0.66 dan di daun tua hanya memiliki sedikit perbedaan yaitu 0.62. Hal ini menunjukkan bahwa pada bagian daun pada species *Rhizophora mucronata* yang paling tinggi penyerapan logam beratnya adalah bagian daun yang masih muda. Nilai daripada BAC sendiri dipengaruhi oleh konsentrasi logam berat yang ada di dalam daun dan juga sedimen.

2. *Biological Transfer Coefficient* (BTC) atau *Translocation Factor* (TF) didefinisikan sebagai konsentrasi logam berat pada daun dibagi dengan konsentrasi logam berat pada akar (Cui *et al.*, 2007; MacFarlane *et al.*, 2007).

Akar Tua	Akar Muda	Daun Tua	Daun Muda
2.51	2.05	1.67	1.77

$$\text{BTC/TF} = \frac{[\text{Logam Berat}] \text{ daun}}{[\text{Logam Berat}] \text{ akar}}$$

$$\text{BTC/TF Daun Muda} = \frac{1.67}{2.51} = 0.66$$

$$\text{BTC/TF Daun Tua} = \frac{1.77}{2.05} = 0.86$$

Biological Transfer Coefficient (BTC) atau *Translocation Factor* (TF) merupakan rasio konsentrasi logam berat dalam daun dan akar. Nilai ini digunakan untuk mengetahui seberapa tinggi proses translokasi di dalam tubuh mangrove. Dari hasil perhitungan fitoremediasi didapatkan hasil bahwa nilai BTC pada daun tua lebih besar dari pada nilai BTC pada daun muda. Untuk nilai BTC pada daun tua adalah 0.86 sedangkan untuk

daun muda adalah 0.66. hal ini menunjukkan bahwa kemampuan translokasi pada daun tua lebih besar dari daun muda pada species mangrove *Rhizophora mucronata*. Translokasi sendiri merupakan pemindahan hasil fotosintesis dari daun atau organ tempat penyimpanannya ke bagian lain tumbuhan yang memerlukannya. Jaringan pembuluh yang bertugas mengedarkan hasil fotosintesis ke seluruh bagian tumbuhan adalah floem (pembuluh tapis).

3. *Bio-Concentration Factor* (BCF) adalah rasio antara konsentrasi logam berat pada akar dengan konsentrasi logam berat pada sedimen (Yoon *et al.*, 2006; MacFarlane *et al.*, 2007; Khan *et al.*, 2013).

Sedimen	Akar Tua	Akar Muda
2.68	2.51	2.05

$$BCF = \frac{[\text{Logam Berat}] \text{ akar}}{[\text{Logam Berat}] \text{ sedimen}}$$

$$BCF/EF \text{ Akar Tua} = \frac{2.51}{2.68} = 0.94$$

$$BCF/EF \text{ Akar Muda} = \frac{2.05}{2.68} = 0.76$$

Berdasarkan perhitungan *Bio-Concentration Factor* (BCF) didapatkan hasil. Bahwa konsentrasi logam berat kadmium (Cd) lebih ditemukan di akar tua dengan nilai 0.94 dan di akar muda adalah 0.76. Hal ini menunjukkan bahwa pada bagian akar khususnya yang sudah tua pada species *Rhizophora mucronata* paling tinggi dalam proses penyerapan logam berat dibandingkan dengan akar yang masih muda. Dengan mengetahui nilai BCF maka kita bisa mengetahui seberapa besar konsentrasi

kandungan logam berat dari lingkungan yang diserap oleh jaringan akar, kemudian disebar dan diakumulasikan ke jaringan lainnya (daun dan kulit batang) sehingga akan dapat diketahui seberapa besar potensi fitoremediasi yang dilakukan oleh mangrove.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Konsentrasi logam berat kadmium (Cd) pada sedimen, akar dan daun mangrove *Rhizophora mucronata* di pesisir Roomo melebihi baku mutu yang ditetapkan. Nilai konsentrasi logam berat di akar muda sebesar 2,55 mg/kg, akar tua adalah 2,05 mg/kg. Pada bagian daun muda adalah 1,77 mg/kg dan daun tua sebesar 1,67 mg/kg, dan pada sedimen sebesar 2,68 mg/kg.
2. Pengukuran potensi fitoremediasi pada *Rhizophora mucronata* masih tergolong rendah karena terbatasnya kemampuan translokasi. Nilai BAC pada daun tua sebesar 0,62 dan daun muda sebesar 0,66. Nilai BTC pada akar tua sebesar 0,67 dan akar muda sebesar 0,66. Sedangkan nilai BCF pada spesies tua adalah sebesar 0,93 dan spesies muda sebesar 0,76.
3. Hasil analisis uji t tidak menunjukkan adanya perbedaan antara konsentrasi kadmium (Cd) di dalam daun muda maupun daun tua. Hal ini ditunjukkan dari nilai probabilitas yang lebih besar dari 0,05.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan kepada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu diadakannya lagi kajian yang lebih mendalam tentang kondisi lingkungan terutama yang berkaitan dengan logam berat.

2. Perlu diadakannya lagi kajian yang lebih mendalam tentang jenis logam berat lainnya dan spesies mangrove yang lebih banyak mengakumulasi logam berat.



DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, F., A. Warsito dan A. Syakur. 2011. Perancang Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls untuk Aplikasi Pengolahan Limbah Cair Industri Minuman Ringan dengan Teknologi Plasma Lucutan Korona. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- Ahmed, W. dan S.S. Shaukat, 2012, Effect of Heavy Metal Polluton on Leaf Litter Decomposition of Two Species of Mangroves, *Avicennia marina* and *Rhizophora mucronata*, *Journal of Basic and Applied Sciences* 8: 696 –701
- Amin, B. 2001. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat Pb Dan Cu pada Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Pantai Dumai, Riau, 85 hal
- Arisandy, K.R, E.Y. Herawati & E. Supriyanto. 2012. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Gambaran Histologi pada Jaringan *Avicennia marina* (forsk.) Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Perikanan* 1(1) (2012) 15-24.
- Astrini, A. D. R., Muh. Yusuf dan S. Adi. 2014. Kondisi Perairan Terhadap Struktur Komunitas Makrozoobenthos Di Muara Sungai KAranganyar dan Tapak, Kecamatan Tugu, Semarang. *Journal Of Marine Research* 3(1): 27-36.
- Burns, K.A. 1993. Evidence for the importance for including hydrocarbon oxidation products in environmental assessment studies. *Marine Pollution Bulletin* 26: 77-85.
- Coulter, S.C., C.M. Duarte, S.T. Mai, H.T. Nguyen, T.H. Hoang, H.G. Le, and N.G. Phan. 2001. Retrospective estimates of net leaf production in ***Kandelia candel*** mangrove forests. *Marine Ecology Progress Series* 221: 117-124.
- Davari, A., A. Daneshkar, N. Khorasani dan A. Javanshir, 2012, Identification of Heaby Metals Contamination at Bushehr Mangroves, *Journal of Environmental Studies* 38(3): 7 – 9.
- Deri, Emiryati & L.O.A. Afu. 2013. Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Akar Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Mina Laut Indonesia* 1 (01): 38-48.
- Duke, N.C., Z.S. Pinzon, and M.C. Prada, M.C. 1997. Large-scaledamage to mangrove forests following two large oil spills in Panama. *Biotropica* 29: 2-14.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Lingkungan Perairan*. PT. Kanisius : Yogyakarta.

- FAO. 1982. *Managenet and Utilization of Mangrove in Asia and thePacific*. Rome: FAO Environment Paper 3.
- Gresik.go.id, 2014. Industri Kabupaten Gresik. www.gresik.go.id. Diakses pada tanggal 12 Februari 2015.
- Hamzah, F & Y. Pancawati.2013.Fitoremidiasi Logam Berat dengan Menggunakan Mangrove. *Ijms* Vol 18(4): 203-212.
- Handayani, T. 2006.Bioakumulasi Logam Berat Dalam Mangrove *Rhizopora mucronata* dan *Avicennia marina* Di Muara Angke Jakarta. *J. Tek.Ling*. Vol 7(3): 266-270.
- Hastuti, E.D, S. Anggoro & R. Pribadi.2013. Pengaruh Jenis dan Kerapatan Vegetasi Mangrove terhadap Kandungan Cd dan Cr Sedimendi Wilayah Pesisir Semarang dan Demak.*Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan 2013*.
- Herizal., S. Nugroho, Nurhayati, H. Rivai, dan E. Aldrian. 2010. Suara Bukit Kototabang. Stasiun GAW Bukit Kototabang: Agam
- Howe, C.P., G.F. Claride, R. Hughes, and Zuwendra. 1992. *Manualof Guideline for Scoping EIA in Indonesia Wetland*. Second edition. PHPA/AWB Sumatra Wetland Project No. 6B. Jakarta:Directorat General of Forest Protection and NatureConservation-Asian Wetland Bureau Indonesia.
- Jayatissa, L.P., F. Dahdouh-Guebas, and N. Koedam. 2002. A reviewof the floral composition and distribution of mangroves in SriLanka. *Botanical Journal of the Linnean Society* 138: 29-43.
- Khiatuddin, Maulida. 2003. *Melestarikan Sumber Daya Air Dengan Teknologi RawaBuatan*. Gadjah Mada University Press : Yogyakarta.
- Knox, G.A. and T. Miyabara. 1984. *Coastal Zone ResourceDevelopment and Conservation in South East Asia, withspecial Refference to Indonesia*. Jakarta: UNESCO.
- Kumar, J.I.N., P.R. Sajih, R.N. Kumar, B. George dan S. Viyol, 2010, An Assessment of the Accumulation Potential ofLead (Pb), Zinc (Zn) and Kadmium (Cd) by *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. In Vamleshwar MangrovesNear Narmada Estuary, West Coast of Gujarat, India, *World Journal of Fish and Marine Sciences* 2(5): 450 -454.
- Machado, W., E.V. Silva-Filho, R.R. Oliveira dan L.D. Lacerda, 2002, Trace Metal Retention in MangroveEcosystems in Guanabara Bay, SE Brazil, *Marine Pollution Bulletin* 44: 1277 – 1280
- MacNae, W. 1968.A general account of the fauna and flora ofmangrove swamps and forests in the Indo-West-Pacific region.*Advances in Marine Biology* 6: 73-270.
- Manassrisuksu, K., M. Weir, and Y.A. Hussin. 2001. Assesment ofmangrove rehabilitation programme using remote sensing andGIS: a case study

- of Amphur Khlung, Chantaburi Province, Eastern Thailand. *22nd Asian Conference on Remote Sensing, Singapore 5-9 November 2001*.
- Marchand, C., E. Lallier-Verges, F. Baltzer, P. Aberic, D. Cossa dan P. Baillif. 2006. Heavy Metals Distribution in Mangrove Sediments Along the Mobile Coastline of French Guiana. *Marine Chemistry* 98(1): 1 – 17.
- Monoarfa, Winarni. 2002. *Dampak Pembangunan Bagi Kualitas Air Di Kawasan Pesisir Pantai Losari Makasar*. *Jurnal Science & Teknologi*. Vol 3 No.3 : 37-44.
- Musafiri, M. R. A., Dwiyo H. U. dan Didik T. 2103. Pengaruh Pencemaran Limbah Cair Industri Pengolahan Ikan terhadap Kualitas Air Tanah di Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi. Universitas Negeri Malang: Malang
- Ng, P.K.L. and N. Sivasothi (ed.). 2001. *A Guide to Mangroves of Singapore. Volume 1: The Ecosystem and Plant Diversity and Volume 2: Animal Diversity*. Singapore: The Singapore Science Centre.
- Nybakken, J.W. 1992. *Marine Biology, An Ecological Approach*. Third edition. New York: Harper Collins College Publishers.
- Ong, J.E. 2002. The hidden costs of mangrove services: use of mangroves for shrimp aquaculture. *International Science Round Table for the Media, Bali Indonesia, 4 June 2002*. Joint event of ICSU, IGBP, IHDP, WCRP, DIVERSITAS and START.
- Parvaresh, H., Z. Abedi, P. Farhchi, M. Karami, N. Khorasani dan A. Karbassi, 2010, Bioavailability and Concentration Borkar, M.U., R.P. Athalye dan G. Quadros, 2006, Occurrence of Heavy Metals in Abiotic and Biotic Components of the Mangrove Ecosystem of Thane Creek, *Ecol. Env. & Cons.* 12(4): 723 – 728.
- Ravikumar, S., S.J. Inbaneson dan J. Seshserebiah, 2009, Kadmium Induced Effect on Growth and pHysiology in Halophilic Poshobacteria, *Journal of Environmental Biology* 30(5): 673 – 676.
- Rina. 2010. Kemampuan Tanaman Mangrove untuk Menyerap Logam Berat Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb). Skripsi. Universitas Pembangunan Nasional. Surabaya.
- Rudiyanti, S. 2009. Biokonsentrasi Kerang Darah (*Anadara granosa* Linn) terhadap Logam Berat Kadmium (Cd) yang Terkandung Dalam Media Pemeliharaan yang Berasal dari Perairan Kaliwungu, Kendal. Universitas Diponegoro: Semarang
- Sastrawijaya, A Tresna. 2000. *Pencemaran Lingkungan*. PT. Rineka Cipta : Jakarta.
- Setiawan, A.D, K. Winarno, P.C. Purnama. 2003. Ekosistem Mangrove di Jawa: 1. Kondisi Terkini. *Biodiversitas*. Vol 4(2): 133-145.

- Shriadah, M.M.A. 1999. Heavy metals in mangrove sediments of the United Arab Emirates shoreline (Arabian Gulf). *Water, Air, and Soil Pollution* 116: 523-534, 1999.
- Silva, C. A. R. 1990. *Metal Reservoir In a Red Mangrove Forest*. Biotropica Vol22 No 4: 60-68.
- Spaninks, F. and P. van Beukering. 1997. *Economic Valuation of Mangrove Ecosystems: Potential and Limitations*. CREED Working Paper No 14, July 1997. London and Amsterdam: International Institute for Environment and Development, and Institute for Environmental Studies.
- Sumarsih. 2007. *Pertumbuhan dan Aktivitas Makhluk Hidup*. Universitas Terbuka
- Sunu, P. 2001. *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*. Gramedia. Jakarta.
- Tanaka, S., 1992. *Bali Environment the Sustainable Mangrove Forest*. Jakarta: Development of Sustainable Mangrove Management Project.
- Tam, N F Y. 1997. *Normalisation And Heavy Metal Contamination In Mangrove Sediment*. The Science of The Total Environment Vol 216 : 33-39.
- Tam, N.F.Y. dan Y.S. Wong, 1996, Retention and Distribution of Heavy Metals in Mangrove Soils Receiving Wastewater, *Environ. Pollut.* 94:283 – 291.
- Thomlison, P.B. 1986. *The botany of mangroves*. Cambridge University Press. London.
- Tjitrosoepomo, G. 2003. *Morfologi Tumbuhan*. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta
- Wahyuni, H. *Bioakumulasi Pb, Cd dan Zn di Lokasi Penambangan Timah Lepas Pantai Perairan Pesisir Batu Belubang Kabupaten Bangka Tengah*. Universitas Diponegoro: Semarang
- Wetzel, R.G. 1983. *Limnology*. Second Edition. Saunders College Publishing, Toronto: Canada.
- Wibowo, Tri Titus .1996. *Dampak Perubahan Iklim Terhadap Ekosistem Pantai*. Wacana No.3/Juli-Agustus 1996 hal 1-7.
- Vierh, in Sirik Azini Creek, Iran, *Biol. Trace Elem. Res.* DOI 10.1007/s12011-010-8891-y.
- Zheng, Wen Lin. 1997. *Effects of Wastewater-borne Heavy Metal on Mangrove Plants and Soil Microbial Activities*. *Journal Environment Science and Technology* Vol 2 : 63-67.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut

No.	Parameter	Satuan	Baku mutu
FISIKA			
1.	Kecerahan ^a	m	coral: >5 mangrove: - lamun: >3
2.	Kebauan	-	alami ³
3.	Kekeruhan ^a	NTU	<5
4.	Padatan tersuspensi total ^b	mg/l	coral: 20 mangrove: 80 lamun: 20
5.	Sampah	-	nihil ^{1(e)}
6.	Suhu ^c	°C	alami ^{3(c)} coral: 28-30 ^(c) mangrove: 28-32 ^(c) lamun: 28-30 ^(c)
7.	Lapisan minyak ⁶	-	nihil ^{1(f)}
KIMIA			
1.	pH ^d	-	7 - 8,5 ^(d)
2.	Salinitas ^e	‰	alami ^{3(e)} coral: 33-34 ^(e) mangrove: s/d 34 ^(e) lamun: 33-34 ^(e)
3.	Oksigen terlarut (DO)	mg/l	>5
4.	BOD5	mg/l	20
5.	Ammonia total (NH ₃ -N)	mg/l	0,3
6.	Fosfat (PO ₄ -P)	mg/l	0,015
7.	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	0,008
8.	Sianida (CN ⁻)	mg/l	0,5
9.	Sulfida (H ₂ S)	mg/l	0,01
10.	PAH (Poliaromatik hidrokarbon)	mg/l	0,003
11.	Senyawa Fenol total	mg/l	0,002
12.	PCB total (poliklor bifenil)	µg/l	0,01
13.	Surfaktan (deterjen)	mg/l MBAS	1
14.	Minyak & lemak	mg/l	1
15.	Pestisida ^f	µg/l	0,01
16.	TBT (tributil tin) ⁷	µg/l	0,01
Logam terlarut:			
17.	Raksa (Hg)	mg/l	0,001
18.	Kromium heksavalen (Cr(VI))	mg/l	0,005
19.	Arsen (As)	mg/l	0,012

Lampiran 2. Baku Mutu Sedimen Menurut ANZECC dan CCME

Contaminant	ISQG-Low (Trigger value)	ISQG-High
METALS (mg/kg dry wt)		
Antimony	2	25
Cadmium	1.5	10
Chromium	80	370
Copper	65	270
Lead	50	220
Mercury	0.15	1
Nickel	21	52
Silver	1	3.7
Zinc	200	410
METALLOIDS (mg/kg dry wt)		
Arsenic	20	70
ORGANOMETALLICS		
Tributyltin ($\mu\text{g Sn/kg dry wt.}$)	5	70
ORGANICS ($\mu\text{g/kg dry wt}$) ^b		
Acenaphthene	16	500
Acenaphthalene	44	640
Anthracene	85	1100
Fluorene	19	540
Naphthalene	160	2100
Phenanthrene	240	1500
Low Molecular Weight PAHs ^c	552	3160
Benzo(a)anthracene	261	1600
Benzo(a)pyrene	430	1600
Dibenzo(a,h)anthracene	63	260
Chrysene	384	2800
Fluoranthene	600	5100
Pyrene	665	2600
High Molecular Weight PAHs ^c	1700	9600
Total PAHs	4000	45000
Total DDT	1.6	46
p,p'-DDE	2.2	27
o,p'- + p,p'-DDD	2	20
Chlordane	0.5	6
Dieldrin	0.02	8
Endrin	0.02	8
Lindane	0.32	1
Total PCBs	23	–

a Primarily adapted from Long et al. (1995);

b Normalised to 1% organic carbon;

c Low molecular weight PAHs are the sum of concentrations of acenaphthene, acenaphthalene, anthracene, fluorene, 2-methylnaphthalene, naphthalene and phenanthrene; high molecular weight PAHs are the sum of concentrations of benzo(a)anthracene, benzo(a)pyrene, chrysene, dibenzo(a,h)anthracene, fluoranthene and pyrene.

Canadian Sediment Quality Guidelines
for the Protection of Aquatic Life

SUMMARY TABLES

Table 2. Interim marine sediment quality guidelines (ISQGs; dry weight), probable effect levels (PELs; dry weight), and incidence (%) of adverse biological effects in concentration ranges defined by these values.^a

Substance	ISQG	PEL	% ≤ ISQG	ISQG < % < PEL	% ≥ PEL
Acenaphthene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Acenaphthylene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Anthracene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Aroclor 1254 [See Polychlorinated biphenyls (PCBs)]					
Arsenic	7.24 mg kg ⁻¹	41.6 mg kg ⁻¹	3	13	47
Benz(a)anthracene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Benzo(a)pyrene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Cadmium	0.7 mg kg ⁻¹	4.2 mg kg ⁻¹	6	20	71
Chlordane	2.26 µg kg ⁻¹	4.79 µg kg ⁻¹	9	12	17
Chromium	52.3 mg kg ⁻¹	160 mg kg ⁻¹	4	15	53
Chrysene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Copper	18.7 mg kg ⁻¹	108 mg kg ⁻¹	9	22	56
DDTs					
DDD ¹ (2,2-Bis(p-chlorophenyl)-1,1-dichloroethane, Dichloro diphenyl dichloroethane)	1.22 µg kg ⁻¹	7.81 µg kg ⁻¹	4	11	46
DDE ¹ (1,1-Dichloro-2,2-bis(p-chlorophenyl)-ethene, Diphenyl dichloro ethylene)	2.07 µg kg ⁻¹	374 µg kg ⁻¹	5	16	50
DDT ¹ (2,2-Bis(p-chlorophenyl)-1,1,1-trichloroethane, Dichloro diphenyl trichloroethane)	1.19 µg kg ⁻¹	4.77 µg kg ⁻¹	8	5	59
Dibenz(a,h)anthracene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Dieldrin	0.71 µg kg ⁻¹	4.30 µg kg ⁻¹	4	13	50
Endrin	2.67 µg kg ⁻¹ ‡	62.4 µg kg ⁻¹ ‡			
Fluoranthene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Fluorene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Heptachlor epoxide	0.60 µg kg ⁻¹ ‡	2.74 µg kg ⁻¹ ‡			
Hexachlorocyclohexane [See Lindane]					
Lead	30.2 mg kg ⁻¹	112 mg kg ⁻¹	6	26	58
Lindane (Hexachlorocyclohexane)	0.32 µg kg ⁻¹	0.99 µg kg ⁻¹	3	21	26

Continued.

Lampiran 3. Metode Pengukuran Kualitas Air (*In Situ*)

a. Prosedur pengukuran Suhu

Prosedur pengukuran suhu menurut Hariyadi *et al.* (1992) adalah sebagai berikut:

1. Dicelupkan thermometer air raksa (skala 0-50) ke dalam perairan.
2. Dibiarkan selama 3 menit.
3. Dibaca skala pada thermometer ketika masih di dalam perairan.
4. Dicatat hasil pengukuran dalam skala °C.

b. Prosedur pengukuran Salinitas

Menurut Wibisono (2010), prosedur pengukuran salinitas dengan menggunakan refraktometer adalah sebagai berikut :

1. Disiapkan refraktometer
2. Diambil air dari perairan dan dimasukkan ke dalam botol
3. Dibuka penutup kaca prisma
4. Dikalibrasi dengan menggunakan aquades
5. Ditetaskan 1 - 2 tetes air yang akan diukur salinitasnya
6. Ditutup kembali kaca prisma dengan hati-hati agar tidak terjadi gelembung udara dipermukaan kaca prisma
7. Diarahkan refraktometer ke sumber cahaya
8. Dilihat nilai salinitasnya pada skala sebelah kanan dan dicatat hasilnya dalam satuan ‰

c. Prosedur pengukuran pH (*power of Hydrogen*)

Prosedur pengukuran pH menurut Hariyadi *et al.* (1992) adalah sebagai berikut:

1. Dichelupkan pH paper ke dalam sampel air.
2. Didiamkan selama kurang lebih 2 menit.
3. Diangkat dan dikibaskan sampai setengah kering.
4. Dicocokkan dengan skala 1-14 yang tertera pada kotak standar pH.
5. Dicatat hasil pengukurannya.

d. Prosedur pengukuran Oksigen Terlarut (DO/*Dissolved Oxygen*)

Prosedur pengukuran oksigen terlarut menurut Hariyadi *et al.* (1992) adalah sebagai berikut:

1. Diukur dan dicatat volume botol DO yang akan digunakan.
2. Dibuka tutup botol DO, lalu dimasukkan botol DO yang ke dalam perairan dengan kemiringan 45°, bila botol telah penuh, lalu ditutup botol DO ketika masih di dalam perairan, kemudian botol DO diangkat dari air.
3. Dibuka tutup botol yang berisi sampel lalu ditambahkan 2 mL MnSO_4 dan 2 mL $\text{NaOH}+\text{KI}$ kemudian dibolak-balik sampai terjadi endapan kecoklatan. Biarkan selama 30 menit.
4. Dibuang filtrat (air bening diatas endapan) dengan hati-hati, kemudian endapan yang tersisa diberi 1-2 ml H_2SO_4 pekat dan dikocok sampai endapan larut.
5. Diberi 3- 4 tetes amylum lalu dititrasi dengan Na-thiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,025 N sampai jernih atau tidak berwarna untuk pertama kali.
6. Dicatat ml Na-thiosulfat yang terpakai (ml titran).
7. Diukur kadar oksigen yang terlarut menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{DO (mg/lt)} = \frac{v(\text{titran}) \times N(\text{titran}) \times 8 \times 1000}{V \text{ botol DO} - 4}$$

Lampiran 4. Metode Penggunaan AAS

a. Metode penggunaan AAS pada Mangrove

Menurut widiati (2011), penentuan logam berat menggunakan metode Atomic Absorbtion Spectrophotometer (AAS) yaitu:

1. Ditimbang masing-masing sampel padat $\pm 0,5$ gram dengan timbangan Sartorius untuk mendapatkan berat basah.
2. Dioven sampai padat pada suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam sampai mendapat berat konstan.
3. Ditimbang berat konstan dengan timbangan Sartorius sebagai berat kering.
4. Dimasukan sampel yang sudah kering kedalam beaker glass 100ml.
5. Ditambahkan HNO_3 dengan perbandingan 1:1 (HNO_3 : HCl) sebanyak $\pm 10-15$ ml
6. Dipanaskan diatas hot plate di dalam kamar asam sampai ± 3 ml.
7. Disaring dengan kertas saring kedalam labu ukur 50ml.
8. Diulang proses penyaringan sampai tanda batas labu ukur dengan terlebih dahulu menambahkan 15 ml aquades ke dalam beaker glass tempat sampel.
9. Dianalisis menggunakan mesin Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) sampai panjang gelombang 263,3 nm.
10. Disiapkan larutan standar.
11. Dianalisis larutan standar dengan mesin AAS dan mencatat nilai standarnya kemudian membuat kurva kalibrasinya. Larutan standar ini berfungsi untuk membantu nilai konsentrasi logam Kadmium (Cd) pada sampel. Karena prinsip kerja mesin AAS hanya menentukan nilai absorbansi dengan sampel.

b. Metode penggunaan AAS pada Sedimen

1. Dimasukan sampel sedimen pada beaker Teflon.
2. Dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam.
3. Didinginkan dalam desikator.
4. Diambil 10-20 g, dimasukan kedalam tabung sentrifus (politilen), ditambahkan 500ml air suling bebas ion, diaduk selama 30 menit dengan kecepatan 2000rpm.
5. Dibuang Fasa airnya
6. Dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam.
7. Ditimbang sebanyak 10 gram.
8. Dimasukan kedalam Teflon bomb atau Teflon beaker yang mempunyai tutup.
9. tambahkan 5ml larutan aqua regia.
10. Ditambahkan dengan pelan-pelan 6 ml HF.
11. Dipanaskan pada suhu 130°C.
12. Setelah sedimen semua larut, diteruskan pemanasan hingga larutan kering.
13. Didinginkan pada suhu ruangan.
14. Ditambahkan 1,0 ml HNO₃ pekat, dan diaduk pelan-pelan.
15. Ditambahkan 9,0 ml air suling bebas ion.
16. Dianalisis menggunakan mesin Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS).

*) tahap 6-12 dilakukan pada lemari asam.