

**ANALISIS HUBUNGAN ABSORPSI LOGAM BERAT TEMBAGA
(Cu) DENGAN KERAPATAN POHON MANGROVE DI EKOSISTEM
MANGROVE KELURAHAN WONOREJO, KOTA SURABAYA**

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

Oleh:

ISNAINI DYAH OKTAVIANITA

115080600111048



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

**ANALISIS HUBUNGAN ABSORBANSI LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu)
DENGAN KERAPATAN POHON MANGROVE DI EKOSISTEM MANGROVE
KELURAHAN WONOREJO, KOTA SURABAYA**

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

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

Oleh:

ISNAINI DYAH OKTAVIANITA

115080600111048



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

SKRIPSI

ANALISIS HUBUNGAN ABSORBANSI LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu)
DENGAN KERAPATAN POHON MANGROVE DI EKOSISTEM MANGROVE
KELURAHAN WONOREJO, KOTA SURABAYA

Oleh:

ISNAINI DYAH OKTAVIANITA

115080600111048

Telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Penguji I

(Defri Yona, S.Pi, M.Sc., Std., D.Sc)

NIP. 19781229 20312 2 002

Tanggal:

16 DEC 2015

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I

(Ir. Bambang Semedi, M.Sc, Ph.D)

NIP. 19621220 198803 1 00

Tanggal:

16 DEC 2015

Dosen Penguji II

(M. Arif As'Adi, S.Kel, M.Sc)

NIP. 19821106 200812 1 002

Tanggal:

16 DEC 2015

Dosen Pembimbing II

(Dwi C. Pratiwi, S.Pi, M.Sc, MP)

NIP. 19860115 201504 2 001

Tanggal:

16 DEC 2015

Mengetahui
Ketua Jurusan



(Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP)

NIP. 19630608 198703 1 003

Tanggal:

16 DEC 2015



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Isnaini Dyah Oktavianita

NIM : 115080600111048

Prodi : Ilmu Kelautan

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam penulisan Laporan Skripsi ini merupakan hasil karya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya belum pernah terdapat tulisan seperti ini, pendapat ataupun bentuk lain yang telah diterbitkan oleh orang lain kecuali tertulis dalam laporan di Daftar Pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti ataupun terdapat bukti bahwa Laporan Skripsi ini hasil jiplakan maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan yang saya lakukan sesuai hukum yang berlaku.

Malang, November 2015

Penulis,

Isnaini Dyah Oktavianita

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya laporan Penelitian ini, tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Bambang Semedi, M.Sc, Ph.D selaku Dosen Pembimbing 1 dan Dwi Candra Pratiwi, S.Pi, M.Sc selaku Dosen Pembimbing 2 atas bimbingan, motivasi, saran, ilmu dan kesabaran mencurahkan waktu dan pemikiran.
2. Defri Yona, S.Pi, M.Sc., Std., D.Sc selaku Dosen Penguji 1 dan M. Arif As'Adi, S.Kel, M.Sc selaku Dosen Penguji 2 atas saran yang telah diberikan untuk menyempurnakan laporan ini.
3. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak Suhardi dan Ibu Siti Qomariyatun yang selalu memberikan segenap kasih sayang, dukungan, serta doa yang tidak pernah putus.
4. Adikku tersayang Nurhidayati Cahya Ningrum yang memotivasi untuk selalu berusaha menjadi contoh yang lebih baik.
5. Muhammad Wachid S.Sos beserta jajaran staff, selaku pengurus di hutan Mangrove Rungkut Surabaya.
6. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem M.Sc, selaku Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS yang telah membantu menganalisis konsentrasi logam berat.
7. Novita Priska, Amas Anindya, Ka Iqbal Fajar, Kahindra Donny yang telah membantu proses pengambilan data lapang.
8. Jessica Feibe, Chuldyah .J, Salmana Wahwakhi, Nur Chotimah, Dhea Ayu yang membantu proses pengolahan data.
9. Keluarga besar Harun Wahyudi yang selalu mendukung setiap proses pendidikan.



10. Aditya Maret Bagus Saputra S.Kel, yang selalu menemani, memberi saran dan motivasi.
 11. Teman SMA yang merangkap sebagai teman kostan dan kuliah (Nadilla Fitalaya dan Almira Nova Aulia).
 12. Teman-teman GAWLS terketje (Amas Anindya, Cynthia Asthari, Novita Priska, Trias Widayawati, Fitriani Yaya, Suci Alisafira, Indira Prameistri, Intan Cade, Nanda Rescue, Putri Barbara, Sri Ramadani, Novia Nurul).
 13. Teman - teman Gabut dan Heng-ot (Bagas Biantara, Radhyto, M. Yusuf Haryo, Ibnu Sanggar, Mafazi, Adhimas, Yosev Marshal, Ibrahim Hasan, Husnan Habib, Ficky Aditya, Alexander Saragih, Danang Adi, Setyo Angger).
 14. Teman - teman HMR (Akbar Wicaksono, Iwan Tri Wibowo, Aditya Maret, Albert Nazir, Farid Kurniawan, Firdaus, Weny Fatmawati, Nesia, Andrea).
 15. Adik - adik Kost 305 (Enik Sulistiana, Nova Listyana, Ina Nur Anisa).
 16. Keluarga Kost Kalijaga B2/15 (Bapak Ibu Ketut Oka, Mbak Nik) dan makhluk yang selalu membangunkan dengan gonggongannya setiap pagi (Chiko, Melo, Unyil).
 17. Snow White yang setia menemani Princess berpergian.
 18. Keluarga besar Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya yang telah berbagi ilmu dan pengalaman yang berharga selama proses perkuliahan.
 19. Seluruh pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu.
- Terimakasih kepada seluruh pihak yang telah membantu proses penelitian ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembacanya.

Malang, November 2015

Penulis

RINGKASAN

Isnaini Dyah Oktavianita. NIM115080600111048. Analisis Hubungan Absorbansi Logam Berat Tembaga (Cu) Dengan Kerapatan Pohon Mangrove Di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya. **Dibawah bimbingan Bambang Semedi dan Dwi Candra Pratiwi**

Pesisir Wonorejo merupakan kawasan yang banyak ditumbuhi mangrove. Mangrove termasuk tumbuhan air yang mempunyai kemampuan untuk mengakumulasi logam berat pada wilayah perairan. Meningkatnya konsentrasi logam berat di air laut akan menyebabkan logam berat yang dibutuhkan untuk proses metabolisme seperti Cu, Ni dan Zn akan berubah menjadi racun. Logam berat juga akan mengendap dan terakumulasi dalam sedimen dan biota melalui proses biokonsentrasi, bioakumulasi dan biomagnifikasi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai konsentrasi logam berat Cu pada air dan sedimen di perairan, mengukur nilai absorbansi logam berat Cu pada akar dan daun pada *Avicennia alba*, mengetahui nilai kerapatan pohon mangrove *Avicennia alba* dan menganalisis hubungan kadar logam berat Cu dengan kerapatan mangrove. Penelitian ini dilakukan dengan proses perhitungan kerapatan mangrove, disertai dengan proses identifikasi jenis mangrove. Sampel yang diambil meliputi air, sedimen, akar mangrove dan daun mangrove yang diuji kadar logam berat Cu di Laboratorium dengan menggunakan alat AAS, serta sedimen untuk mengetahui presentase komposisi sedimen. Analisis regresi dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antara kadar logam berat Cu dengan kerapatan.

Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah konsentrasi logam berat Cu pada air di perairan Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo memiliki nilai rata – rata 0,153 ppm dan 37,33 ppm sebagai nilai rata – rata Cu pada sedimen. Perbandingan nilai konsentrasi logam pada akar dan daun (Translocation Factor) pada *Avicennia alba* menunjukkan bahwa mangrove yang diteliti dapat dikategorikan sebagai akumulator. Hasil analisis regresi menunjukkan adanya hubungan antara kerapatan dengan logam berat Cu. Hal ini dilihat dari nilai Cu pada akar yang sebanding dengan kerapatan pohon mangrove.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan kenikmatan kepada hamba-Nya. Kekuatan dan Kemudahan dari-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Penelitian dengan judul “Analisis Hubungan Absorbansi Logam Berat Tembaga (Cu) Dengan Kerapatan Pohon Mangrove Di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya”.

Laporan Penelitian ini digunakan sebagai salah satu prasyarat dalam menyelesaikan studi di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan dengan gelar Sarjana Kelautan. Di dalam tulisan ini, disajikan pokok-pokok bahasan yang meliputi: pengukuran parameter lingkungan, pengukuran kadar logam berat Cu, perhitungan kerapatan mangrove dan hubungan kadar logam berat Cu dengan kerapatan mangrove.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan ini masih jauh dari sempurna, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi perkembangan riset kelautan Indonesia. Semoga laporan ini bermanfaat bagi pembacanya.

Malang, November 2015

Penulis

DAFTAR ISI

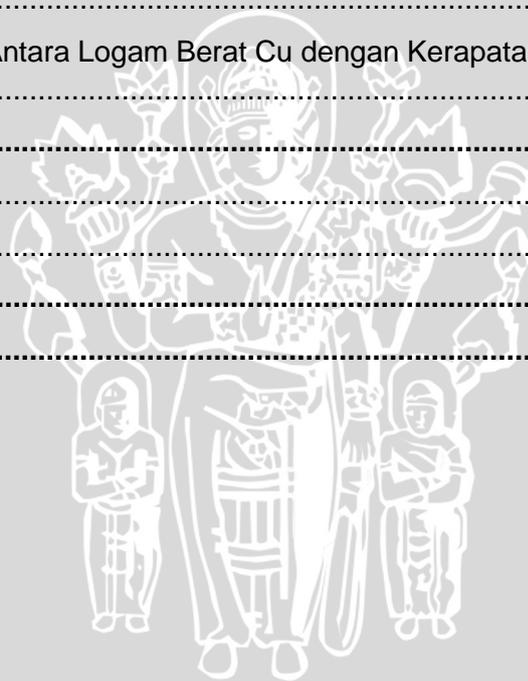
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
RINGKASAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Kegunaan.....	4
1.5 Jadwal Pelaksanaan.....	5
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pencemaran.....	6
2.2 Logam Berat Cu (Tembaga).....	7
2.2.1 Sumber dan Karakteristik Logam Berat Cu (Tembaga).....	7
2.2.2 Efek Logam Berat Cu (Tembaga).....	8
2.2.3 Akumulasi Logam Berat Cu (Tembaga) di Perairan.....	9
2.2.4 Akumulasi Logam Berat Cu (Tembaga) di Sedimen.....	10
2.2.5 Akumulasi Logam Berat Pada Tumbuhan.....	10
2.3 Mangrove Sebagai Agen Absorbansi Logam Berat.....	12
2.3.1 <i>Avicennia alba</i>	12
2.3.1.1 Ciri-ciri Umum dan Klasifikasi <i>Avicennia alba</i>	12
2.3.1.2 Habitat dan Manfaat <i>Avicennia alba</i>	13
2.4 Parameter Lingkungan.....	13
2.4.1 Suhu.....	13
2.4.2 pH.....	14
2.4.3 DO.....	15
2.4.4 Salinitas.....	15
2.5 Penelitian Terdahulu.....	17



3. METODOLOGI	18
3.1 Deskripsi Lokasi Penelitian	18
3.2 Prosedur Penelitian.....	20
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	22
3.4 Teknik Pengambilan Data	23
3.4.1 Data Primer	23
3.4.2 Data Sekunder.....	24
3.4.3 Pengukuran Parameter Fisika	24
3.4.3.1 Suhu.....	24
3.4.4 Pengukuran Parameter Kimia.....	25
3.4.4.1 pH	25
3.4.4.2 DO.....	25
3.4.4.3 Salinitas	26
3.4.5 Pengukuran Parameter Biologi.....	26
3.4.5.1 Identifikasi Mangrove.....	26
3.4.5.2 Perhitungan Kerapatan Mangrove.....	26
3.5 Teknik Pengambilan Sampel	27
3.5.1 Pengambilan Sampel.....	27
3.5.1.1 Air.....	27
3.5.1.2 Sedimen	28
3.5.1.3 Akar Mangrove	28
3.5.1.4 Daun Mangrove.....	29
3.6 Analisis Data.....	30
3.6.1 Perhitungan BCF (Bio-Concentration Factor) dan TF (Translocation Factor)	30
3.6.2 Perhitungan FTD (Fitoremediasi).....	30
3.7 Analisis Data PCA dan Regresi.....	31
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Parameter Lingkungan.....	32
4.1.1 Parameter Fisika	33
4.1.1.1 Suhu.....	33
4.1.1.2 Komposisi Sedimen.....	34
4.1.2 Parameter Kimia	35
4.1.2.1 pH	35

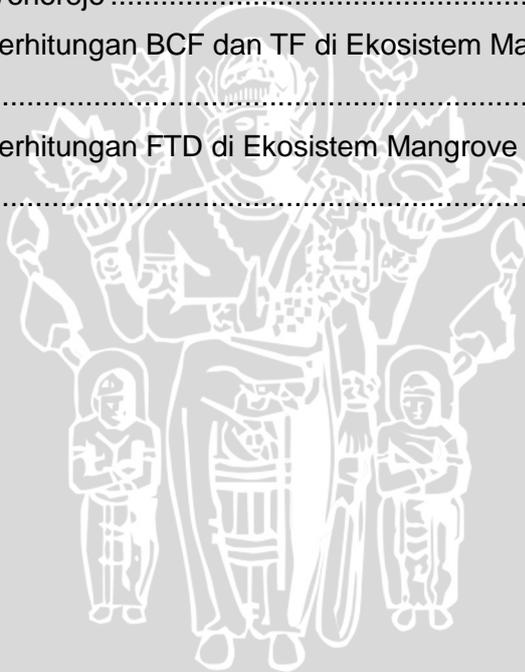


4.1.2.2 DO.....	36
4.1.2.3 Salinitas	37
4.1.3 Parameter Biologi	38
4.1.3.1 Identifikasi mangrove.....	38
4.1.3.2 Kerapatan mangrove.....	39
4.2 Pengukuran Konsentrasi Logam Berat Cu.....	40
4.2.1 Air dan Sedimen	41
4.2.2 Mangrove <i>Avicennia alba</i>	44
4.3 Perhitungan Nilai Absorbansi <i>Avicennia alba</i>	45
4.3.1 BCF (Bio-Concentration Factor) dan TF (Translocation Factor).....	45
4.3.2 Perhitungan FTD (Fitoremediasi).....	47
4.4 Analisis Data Parameter Fisika dan Kimia Terhadap Konsentrasi Logam Berat Cu	48
4.5 Analisis Regresi Antara Logam Berat Cu dengan Kerapatan Ekosistem <i>Avicennia alba</i>	50
5. KESIMPULAN	52
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN.....	56



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Penelitian terdahulu	17
Tabel 2. Titik koordinat stasiun pengambilan sampel	19
Tabel 3. Alat yang digunakan pada penelitian.....	22
Tabel 4. Bahan yang digunakan pada penelitian	23
Tabel 5. Data Hasil Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo	32
Tabel 6. Identifikasi Mangrove	38
Tabel 7. Jumlah Pohon Mangrove pada Stasiun.....	39
Tabel 8. Hasil Kerapatan Jenis Mangrove	39
Tabel 9. Data Hasil Pengukuran Logam Berat Cu di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo	41
Tabel 10. Data Hasil Perhitungan BCF dan TF di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo	46
Tabel 11. Data Hasil Perhitungan FTD di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. A. Pohon <i>Avicennia alba</i> , B. Bunga <i>Avicennia alba</i> ,	12
Gambar 2. Peta Lokasi Pengambilan Sampel.....	18
Gambar 3. Skema Kerja Penelitian	21
Gambar 4. Grafik Hasil Pengukuran Suhu di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo.....	33
Gambar 5. Komposisi Sedimen Di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo... 34	34
Gambar 6. Grafik Hasil Pengukuran pH di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo.....	35
Gambar 7. Grafik Hasil Pengukuran DO di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo.....	36
Gambar 8. Grafik Hasil Pengukuran Salinitas di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo.....	37
Gambar 9. Kadar Cu pada Air Laut di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo	42
Gambar 10. Kadar Cu pada Sedimen di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo.....	43
Gambar 11. Kandungan Logam Berat Cu pada Akar dan Daun <i>Avicennia alba</i> . 44	44
Gambar 12. Biplot Hasil Penelitian.....	49
Gambar 13. Factor Loadings Penelitian.....	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Grafik Regresi dan Summary Output Regresi Linier Kerapatan dengan Translocation Factor	56
Lampiran 2. Grafik Regresi dan Summary Output Regresi Linier Kerapatan dengan Cu Air	57
Lampiran 3. Grafik Regresi dan Summary Output Regresi Linier Kerapatan dengan Cu Sedimen.....	58
Lampiran 4. Grafik Regresi dan Summary Output Regresi Linier Kerapatan dengan Cu Akar	59
Lampiran 5. Grafik Regresi dan Summary Output Regresi Linier Kerapatan dengan Cu Daun	60
Lampiran 6. Data Hasil Uji Statistik PCA (Principle Component Analysis)	61
Lampiran 7. Perhitungan Kerapatan Mangrove.....	64
Lampiran 8. Perhitungan nilai BCF, TF dan FTD	64
Lampiran 9. Baku Mutu Kualitas Perairan	65
Lampiran 10. Hasil Uji Laboratorium Kualitas Lingkungan	68
Lampiran 11. Klasifikasi Sedimen	68
Lampiran 12. Dokumentasi Penelitian.....	69



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan perkembangan jumlah kawasan industri yang cukup pesat. Banyaknya industri menghasilkan limbah yang menyebabkan pencemaran. Pencemaran merupakan masuknya suatu unsur atau zat ke dalam lingkungan. Pencemaran dapat disebabkan karena adanya pengolahan limbah yang kurang baik atau bahkan tidak ada pengolahan limbah yang dilakukan. Menurut Heriyanto dan Endro (2011), bahan pencemar yang berasal dari limbah industri dapat mencemari air sungai dan berdampak negatif berupa perubahan ekosistem muara seperti perubahan temperature, pH, BOD, COD serta kandungan logam berat yang mempengaruhi kehidupan flora dan fauna perairan. Limbah industri maupun limbah rumah tangga dapat mengandung unsur logam seperti Timbal(Pb), Arsen (As), Kadmium (Cd), Merkuri(Hg), Krom (Cr), Nikel (Ni), Kalsium(Ca), Magnesium (Mg) dan Cuprum(Cu).

Logam berat merupakan unsur yang memiliki nilai densitas lebih dari 5 gr/cm³. Logam berat dibagi menjadi dua jenis, yaitu logam berat esensial dan logam berat tidak esensial. Logam berat esensial merupakan logam dalam jumlah tertentu yang dibutuhkan oleh organisme, akan tetapi dalam jumlah berlebih dapat mengakibatkan efek toksik. Contoh logam berat esensial antara lain Zn, Cu, Fe, Co dan Mn. Logam berat tidak esensial merupakan logam berat yang bersifat toksik dan belum diketahui manfaatnya bagi tubuh. Contoh logam berat tidak esensial antara lain Hg, Cd, Pb, dan Cr (Rompas, 2010). Meningkatnya konsentrasi logam berat di air laut akan menyebabkan logam berat yang dibutuhkan untuk proses metabolisme seperti Cu, Ni dan Zn akan berubah

menjadi racun. Logam berat juga akan mengendap dan terakumulasi dalam sedimen dan biota melalui proses biokonsentrasi, bioakumulasi dan biomagnifikasi (Lestari dan Fitri, 2013).

Cu atau tembaga adalah logam berat yang berwarna merah. Cu memiliki sistem kristal yang secara fisik berwarna kuning kemerahan, akan tetapi jika diamati menggunakan mikroskop akan berwarna pink kecoklatan sampai keabuan. Unsur Cu bersumber dari peristiwa erosi atau pengikisan batuan mineral, debu dan partikel Cu dalam lapisan udara yang jatuh akibat air hujan. Masuknya Cu ke perairan laut diakibatkan oleh kegiatan antropogenik seperti buangan industri, galangan kapal dan pengolahan industri tembaga. Jumlah pasokan Cu pada perairan laut akibat kegiatan antropogenik lebih besar nilainya dari pasokan Cu melalui jalur alamiah (Rompas, 2010).

Surabaya merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang memiliki banyak kawasan industri. Aliran sungai di Surabaya mengandung limbah yang berasal dari berbagai industri seperti industri pengolah logam, cat dan pewarna, baterai, percetakan, pabrik kertas, tekstil dan industri peralatan listrik. Pesisir Wonorejo merupakan kawasan yang banyak ditumbuhi mangrove. Mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang berperan penting di estuari. Ekosistem mangrove memiliki tingkat produktifitas paling tinggi dibandingkan ekosistem lainnya. Fungsi ekologis mangrove adalah sebagai penghasil sejumlah detritus, perangkap sedimen, pelindung pantai dari gelombang air laut. Mangrove juga memiliki fungsi penting dalam proses fitoremediasi karena mangrove dapat menyerap logam berat dan pestisida yang mencemari laut (Deri et al., 2013).

Fitoremediasi didefinisikan sebagai proses menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi dengan media tumbuhan. Fitoremediasi banyak digunakan untuk reklamasi karena terbukti lebih murah dari metode lain, seperti penambahan lapisan permukaan tanah. Semua tumbuhan memiliki

kemampuan untuk menyerap logam berat dalam jumlah yang bervariasi (Juhaeti *et al.*, 2004). Chaney *et al.*, (1995) dalam Hidayati (2005) menyatakan bahwa fitoremediasi adalah pencucian polutan yang dimediasi oleh tumbuhan. Pencucian dapat diartikan sebagai penghancuran, inaktivasi atau immobilisasi polutan ke bentuk yang tidak berbahaya. Tumbuhan yang dapat melakukan fitoremediasi berupa pohon, rumput-rumputan dan tumbuhan air.

Ekosistem mangrove mendapat suplai bahan polutan seperti logam berat yang berasal dari limbah industri, rumah tangga dan pertanian yang terbawa oleh aliran sungai. Mangrove termasuk tumbuhan air yang mempunyai kemampuan untuk mengakumulasi logam berat pada wilayah perairan. *Avicennia marina* merupakan salah satu spesies mangrove yang memiliki kemampuan menyerap logam berat. Menurut Rohmawati (2007) dalam Barutu (2014), upaya *Avicennia marina* dalam menanggulangi materi toksik adalah dengan melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi). Dilusi merupakan proses menyimpan banyak air dalam tubuh untuk mengencerkan konsentrasi logam berat sehingga mengurangi toksisitas logam tersebut. Mukhtasar (2007) dalam Barutu (2014), menambahkan bahwa *Avicennia marina* dapat digunakan sebagai indikator biologis lingkungan yang tercemar, terutama Cu, Pb, dan Zn. Deteksi kadar logam berat di ekosistem dapat dilihat dari kandungan logam berat pada vegetasi mangrove. *Avicennia alba* merupakan spesies mangrove yang memiliki genus yang sama dengan *Avicennia marina*, sehingga diduga *Avicennia alba* juga dapat menyerap kandungan logam berat.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian di Ekosistem Mangrove, Kelurahan Wonorejo, Surabaya adalah:

1. Berapa konsentrasi logam berat Cu pada air dan sedimen di perairan?

2. Bagaimana kemampuan mangrove *Avicennia alba* dalam mengabsorbansi logam berat?
3. Berapa kerapatan mangrove *Avicennia alba*?
4. Bagaimana hubungan kadar logam berat Cu dengan kerapatan mangrove?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian di Ekosistem Mangrove, Kelurahan Wonorejo, Surabaya adalah:

1. Mengetahui nilai konsentrasi logam berat Cu pada air dan sedimen di perairan.
2. Mengukur nilai absorbansi logam berat Cu pada akar dan daun pada *Avicennia alba*.
3. Mengetahui nilai kerapatan mangrove *Avicennia alba*.
4. Menganalisis hubungan kadar logam berat Cu dengan kerapatan mangrove.

1.4 Kegunaan

Kegunaan dari penelitian di Ekosistem Mangrove, Kelurahan Wonorejo, Surabaya adalah:

1. Mahasiswa

Meningkatkan pengetahuan serta memahami permasalahan yang ada di lingkungan dan menemukan solusi dengan mengaplikasikan teori dengan keadaan yang ada di lapang.

2. Masyarakat Umum

Memberikan informasi tentang pencemaran dan manfaat mangrove sebagai tumbuhan yang dapat digunakan untuk mengurangi pencemaran di lingkungan, sehingga masyarakat ikut serta dalam menjaga ekosistem mangrove.

3. Pemerintah

Memberikan informasi tambahan dalam proses pengelolaan lingkungan dan perairan terutama untuk memaksimalkan fungsi mangrove.

4. Akademisi

Sumber informasi dasar yang dapat dijadikan referensi atau pembanding untuk melakukan penelitian lanjutan.

1.5 Jadwal Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2015 dengan melakukan pengambilan sampel di Ekosistem Mangrove, Perairan Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya. Pengujian logam berat dari sampel air, sedimen, akar dan daun mangrove dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS dan untuk mengetahui fraksi sedimen dilakukan pengujian di Laboratorium Tanah dan Air Tanah, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran

Pencemaran air disebabkan adanya bahan pencemar atau polutan berupa gas, bahan-bahan terlarut dan partikulat yang masuk ke dalam perairan. Masuknya polutan ke dalam perairan dapat melalui berbagai cara, seperti melalui atmosfer, tanah, limpasan (*run off*) pertanian, limbah domestik dan perkotaan serta pembuangan limbah industri. Berdasarkan sifat toksiknya, polutan dibedakan menjadi polutan toksik dan polutan tak toksik. Polutan tak toksik seperti bahan-bahan tersuspensi, dan nutrisi akan bersifat destruktif apabila jumlahnya berlebihan. Polutan toksik dapat mengakibatkan kematian (*lethal*) maupun bukan kematian (*sub-lethal*). Akibat yang termasuk kedalam akibat bukan kematian adalah terganggunya pertumbuhan, tingkah laku, dan karakteristik morfologi berbagai organisme akuatik. Menurut Mason (1993) dalam Effendi (2003), pencemar toksik dikelompokkan menjadi lima, yaitu:

- a. Logam (*metals*), yang meliputi: *lead* (timbal), nikel, kadmium, *zinc*, *cooper* dan merkuri.
- b. Senyawa organik, meliputi pestisida organoklorin, herbisida, PCB, hidrokarbon alifatik berklor, pelarut (*solvents*), surfaktan rantai lurus, hidrokarbon petroleum, aromatik polinuklir, dibenzodiodksin berklor, senyawa organometalik, fenol dan formaldehida.
- c. Gas, misalnya klorin dan ammonia.
- d. Anion, misalnya sianida, fluorida, sulfida dan sulfat.
- e. Asam dan alkali

Pembangunan dan penggunaan bahan baku berupa logam dapat berakibat munculnya pencemaran. Pencemaran logam berat meningkat seiring

dengan meningkatnya proses industrialisasi. Polutan logam berat dalam lingkungan dapat merugikan manusia, hewan darat, biota perairan, tanaman dan lingkungan. Polutan logam dapat masuk ke lingkungan melalui proses alamiah dan kegiatan manusia. Proses alamiah masuknya logam berat ke lingkungan melalui siklus alamiah dari bebatuan gunung berapi. Kegiatan manusia yang dapat menyumbang kadar logam berat di lingkungan berupa kegiatan industri, pertambangan, pembakaran bahan bakar, serta kegiatan domestik. Pencemaran logam berat dari industri, antropogenik maupun alamiah akan masuk ke sungai dengan berbagai proses dan akhirnya akan masuk ke laut (Rompas, 2010).

2.2 Logam Berat Cu (Tembaga)

2.2.1 Sumber dan Karakteristik Logam Berat Cu (Tembaga)

Unsur Cu bersumber dari peristiwa pengikisan atau erosi batuan mineral, debu-debu dan partikel Cu dalam lapisan udara. Partikel Cu yang berada pada partikel udara akan turun akibat adanya hujan. Unsur Cu dapat masuk ke perairan melalui proses alam dan akibat kegiatan antropogenik. Kegiatan manusia yang dapat menghasilkan Cu, misalnya buangan industri, galangan kapal, pengolahan industri tembaga. Jumlah logam Cu yang masuk ke perairan melalui proses alam mencapai 325.000 ton/tahun, sedangkan jumlah logam Cu akibat kegiatan manusia akan lebih besar. Logam berat Cu atau tembaga digolongkan ke dalam logam penghantar listrik yang baik. Cu menempati urutan kedua sebagai penghantar listrik yang baik setelah perak (Ag). Cu merupakan logam lunak yang memiliki sifat liat dan memiliki daya penghantar listrik yang baik dan refleksi panas yang besar. Logam Cu tahan terhadap berbagai kerusakan dari pengaruh bahan kimia. Cu sering digunakan dalam aplikasi bidang teknik, radiator mobil, sebagai pipa/tabung pada *plumbing* (Rompas, 2010).



Tembaga adalah logam dengan nomor atom 29. Logam ini memiliki warna kemerahan dan mudah ditempa. Cu digolongkan sebagai logam berat esensial yang masih dibutuhkan oleh tubuh dalam jumlah sedikit dan akan bersifat racun apabila jumlahnya melebihi ambang batas. Aktivitas manusia seperti industri galangan kapal yang menggunakan Cu sebagai campuran bahan pengawet, industri pengolahan kayu, dan buangan rumah tangga menambah kadar Cu dalam suatu lingkungan. Tingginya kadar Cu pada suatu lingkungan akan menurunkan kualitas lingkungan tersebut (Wulandari, 2012).

Tembaga atau *copper* adalah logam berat yang terkandung pada perairan alami. Tembaga merupakan unsur esensial bagi tumbuhan dan hewan. Peran tembaga terhadap tumbuhan adalah sebagai penyusun *plastocyanin* yang berfungsi pada transpor elektron dalam proses fotosintesis. Kadar tembaga pada perairan alami biasanya < 0,02 mg/L, pada air tanah sebesar 12 mg/L dan pada air laut kadar tembaga berkisar antara 0,001 – 0,025 mg/L. Pada air minum, kandungan tembaga maksimum sebesar 0,1 mg/L. Kandungan tembaga yang berlebih membuat air berasa dan mengakibatkan kerusakan pada hati (Effendi, 2003).

2.2.2 Efek Logam Berat Cu (Tembaga)

Logam berat memiliki peran untuk pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan, akan tetapi dalam jumlah banyak dapat bersifat toksik. Secara umum logam berat untuk pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan dibagi menjadi dua, yaitu logam esensial (Cu dan Zn) dan non esensial (Pb). Logam berat Cu berguna dalam pertumbuhan jaringan tumbuhan terutama pada jaringan daun dan sebagai salah satu mikronutrien yang diperlukan didalam mitokondria dan kloroplas. Logam berat Pb merupakan logam yang bersifat pasif, dan mempunyai

daya translokasi yang rendah mulai dari akar sampai organ tumbuhan lainnya (Hamzah dan Agus, 2010).

Tembaga berperan dalam membantu proses fotosintesis, pembentuk klorofil dan berperan dalam fungsi reproduksi. Gejala yang terjadi pada tanaman yang kekurangan tembaga dapat ditemukan pada bagian daun. Daun yang masih muda akan layu dan kemudian mati. Kandungan tembaga yang berlebihan juga akan mengakibatkan pertumbuhan tanaman terbatas. Dampak dari kandungan tembaga yang berlebih pada tanaman adalah pertumbuhan tanaman kerdil, percabangan terbatas dan pembentukan akar terhambat. Pada manusia keracunan Cu akan mengakibatkan penyakit seperti sakit perut, mual, muntah, diare, gagal ginjal dan kematian (Wulandari, 2012).

2.2.3 Akumulasi Logam Berat Cu (Tembaga) di Perairan

Kandungan logam berat Pb, Cu dan Zn dalam air memiliki nilai lebih rendah dibandingkan dengan nilai di sedimen. Hal ini disebabkan karena logam berat Cu merupakan logam berat yang memiliki daya larut yang rendah dan cenderung mengalami pengendapan pada sedimen (Hamzah dan Agus, 2010).

Cu merupakan logam berat yang cenderung mudah untuk mengendap dalam sedimen. Hal ini menyebabkan akumulasi logam Cu pada sedimen lebih tinggi dibanding akumulasi logam Cu pada kolom air. Logam Cu pada perairan dapat masuk dalam beberapa cara. Selain masuk secara alami, Cu juga dapat masuk kedalam perairan akibat adanya limbah industri, perikanan maupun rumah tangga (Purwiyanto, 2013).

2.2.4 Akumulasi Logam Berat Cu (Tembaga) di Sedimen

Akumulasi logam berat dalam sedimen dipengaruhi oleh jenis sedimen. Dalam distribusi kandungan logam berat secara vertikal, kandungan logam berat Cu dan Zn lebih tinggi berada pada permukaan sedimen (0-5 cm). Kandungan logam berat Cu dan Zn cenderung menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman sedimen. Kandungan logam berat di permukaan sedimen lebih tinggi, hal ini diduga karena bertambahnya jumlah penduduk yang menghuni kawasan sekitar perairan. Banyaknya aktifitas yang menghasilkan limbah membuat semakin tingginya kadar logam berat yang masuk perairan (Amin, 2002).

Ukuran partikel mempengaruhi distribusi logam berat pada sedimen. Sedimen yang halus memiliki persentase bahan organik yang lebih tinggi dari pada sedimen kasar. Proses tersebut dikarenakan sedimen yang halus biasanya mengendap pada perairan yang tenang, sehingga diikuti dengan akumulasi bahan organik yang tinggi. Salah satu contoh sedimen yang halus adalah lumpur. Lumpur memiliki kemampuan yang baik dalam mengikat logam berat dalam sedimen, sehingga tingginya persentase lumpur dalam sedimen maka kandungan logamnya juga tinggi (Maslukah, 2013).

Logam berat yang masuk dalam perairan akan mengalami proses pengendapan. Logam berat kemudian akan diserap oleh organisme yang hidup pada perairan tersebut. Sifat logam berat mudah mengendap di dasar perairan dan bercampur dengan sedimen. Hal tersebut membuat kadar logam berat pada sedimen lebih tinggi dibandingkan pada air. Pengendapan logam berat akan mempengaruhi kualitas sedimen dan perairan sekitar (Fitriyah, 2013).

2.2.5 Akumulasi Logam Berat Pada Tumbuhan

Semua tumbuhan memiliki kemampuan menyerap logam berat dalam jumlah yang berbeda. Beberapa tumbuhan telah terbukti memiliki sifat

hipertoleran atau mampu mengakumulasi logam berat dengan konsentrasi tinggi pada bagian akar. Kemampuan tersebut menunjukkan bahwa tumbuhan memiliki sifat hiperakumulator. Sifat hiperakumulator berarti dapat mengakumulasi unsur logam tertentu dengan konsentrasi tinggi pada akarnya dan dapat digunakan untuk tujuan fitoekstraksi. Mekanisme hiperakumulasi unsur logam meliputi proses interaksi rizosferik. Interaksi rizosferik merupakan proses interaksi akar tanaman dengan media tumbuh seperti air dan tanah. Proses penyerapan logam berat oleh akar tumbuhan hiperakumulator lebih cepat dibanding dengan tumbuhan normal (Hidayati, 2005).

Polutan logam berat yang masuk ke dalam tanah akan mempengaruhi organisme yang berada pada habitat tersebut. Organisme pertama yang akan terkena dampak dari penambahan kadar logam berat adalah tanaman yang tumbuh pada tanah di habitat tersebut. Logam berat diketahui dapat terakumulasi di dalam tubuh suatu organisme dan tinggal dalam waktu yang lama. Pengaruh logam berat pada akhirnya akan sampai pada rantai makanan tertinggi yaitu manusia. Akumulasi logam berat secara terus menerus dalam tubuh dapat menjadi racun (Panjaitan, 2009).

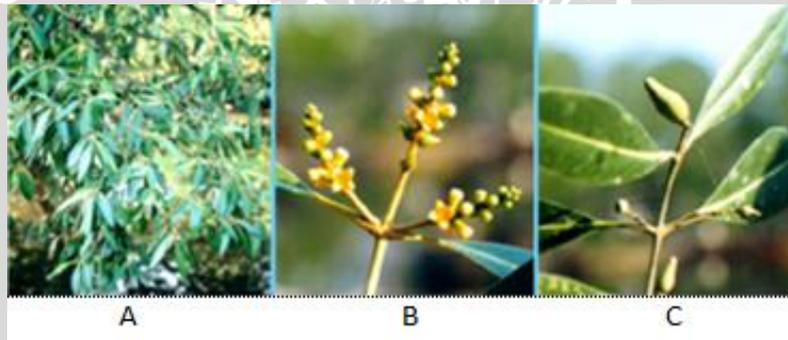
Logam yang terkandung di dalam perairan dapat berpindah ke dalam suatu organisme. Logam masuk ke dalam organisme melalui proses absorpsi atau penyerapan. Proses absorpsi dilakukan oleh organisme perairan secara langsung, melalui bagian tubuh tertentu (Nurwahidah, 2014). Hardiani (2009) dalam Purwiyanto (2013), menyatakan bahwa tumbuhan melakukan penyerapan oleh akar. Logam yang diserap dapat berasal dari sedimen maupun air. Hasil penyerapan oleh akar kemudian di translokasikan ke bagian tumbuhan yang lain dan lokalisasi atau penimbunan logam pada jaringan tertentu.

2.3 Mangrove Sebagai Agen Absorbansi Logam Berat

2.3.1 *Avicennia alba*

2.3.1.1 Ciri-ciri Umum dan Klasifikasi *Avicennia alba*

Avicennia alba dapat tumbuh mencapai 25 m. Akarnya berbentuk seperti jari atau asparagus yang tipis. Kulit kayu bagian luar pohon ini berwarna keabu-abuan atau kecoklatan. Bentuk daun *Avicennia alba* meruncing pada bagian ujung dengan permukaan yang halus, berwarna hijau mengkilat pada bagian atas dan pucat pada bagian bawahnya. Buah pohon ini berbentuk seperti kerucut atau cabe yang berwarna hijau muda kekuningan. Genus ini bersifat vivipar, dimana buah berbiak ketika masih menempel di pohon (Noor et al., 2006). Bentuk *Avicennia alba* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. A. Pohon *Avicennia alba*, B. Bunga *Avicennia alba*, C. Daun *Avicennia alba*

(Sumber: Nooret al., 2006)

Klasifikasi *Avicennia alba* menurut Plantamor (2012), yaitu:

- Kingdom : Plantae
- Subkingdom : Tracheobionta
- Super Divisi : Spermatophyta
- Divisi : Magnoliophyta
- Kelas : Magnoliopsida

Sub Kelas : Asteridae
Ordo : Scrophulariales
Famili :Acanthaceae
Genus :Avicennia
Spesies :*Avicennia alba*

2.3.1.2 Habitat dan Manfaat *Avicennia alba*

Avicennia merupakan marga yang memiliki kemampuan untuk mentoleransi salinitas dalam kisaran yang luas dibanding dengan marga lainnya. *Avicennia alba* tumbuhan pionir pada habitat rawa yang berada pada pantai yang terlindung. *Avicennia alba* juga tumbuh di bagian yang lebih asin di sepanjang pinggiran sungai yang masih dipengaruhi oleh pasang surut. Jenis mangrove ini ditemukan tersebar di Indonesia. Persebarannya juga ditemukan di India, Malaysia, Filipina dan Australia. Beberapa manfaat dari mangrove ini adalah pada bagian batang pohon dapat dijadikan kayu bakar dan bahan bangunan. Getah pohon *Avicennia alba* dapat digunakan untuk mencegah kehamilan. Buahnya yang berwarna hijau kekuningan dapat dikonsumsi. Akar *Avicennia alba* membantu proses pengikatan sedimen dan mempercepat proses pembentukan daratan (Noor et al., 2006).

2.4 Parameter Lingkungan

2.4.1 Suhu

Suhu permukaan laut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti presipitasi, evaporasi dan intensitas cahaya matahari. Presipitasi atau curah hujan yang tinggi dapat menurunkan suhu permukaan air laut. Berbeda dengan proses presipitasi yang dapat menurunkan suhu perairan, proses evaporasi dapat menaikkan suhu perairan. Faktor lain yang mempengaruhi suhu perairan adalah intensitas cahaya matahari. Intensitas pemanasan matahari yang berubah-ubah

setiap waktu mempengaruhi suhu air laut terutama pada lapisan permukaan (Jumiarti, 2014).

Suhu air dipengaruhi oleh musim, lintang (*latitude*), ketinggian dari permukaan laut (*altitude*), siklus udara, penutupan awan, aliran dan kedalaman air. Suhu berperan dalam proses fisika, kimia dan biologi badan air, selain itu suhu juga berpengaruh pada kondisi ekosistem perairan. Nilai suhu yang meningkat menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air seperti O_2 , CO_2 , N_2 , CH_4 dan lain sebagainya. Peningkatan suhu juga menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air yang mengakibatkan konsumsi oksigen meningkat. Suhu yang meningkat disertai dengan penurunan kadar oksigen terlarut dalam air, akibatnya kebutuhan oksigen bagi organisme akuatik tidak terpenuhi (Effendi, 2003).

2.4.2 pH

pH atau derajat keasaman merupakan nilai yang menunjukkan aktivitas ion hidrogen dalam air. pH digunakan untuk mengukur suatu larutan bersifat asam atau basa. Kisaran nilai pH adalah antara 1-14, dengan nilai pH 7 adalah netral. Semakin tinggi nilai pH maka larutan akan semakin basa. Semakin rendah nilai pH maka larutan akan bersifat asam. Nilai pH suatu perairan mempengaruhi konsentrasi logam berat di perairan tersebut. Kelarutan logam berat akan lebih tinggi pada pH rendah, sehingga kandungan logam berat akan lebih tinggi pada daerah dengan pH rendah (Chester, (1990) dalam Maslukah, (2006)).

Nilai pH berpengaruh pada toksisitas suatu senyawa kimia. Pada perairan dengan pH rendah, banyak ditemukan senyawa amonium yang dapat terionisasi yang bersifat tidak toksik, sedangkan amonia yang tidak terionisasi dan bersifat toksik biasa ditemukan pada pH tinggi. pH mempengaruhi proses biokimiawi

perairan. Nilai pH untuk biota akuatik adalah sebesar 7 – 8,5. Pada pH rendah terjadi kenaikan nilai toksisitas logam (Effendi, 2003).

2.4.3 DO

Oksigen merupakan unsur kimia yang sangat penting sebagai penunjang utama kehidupan. Manfaat oksigen bagi organisme perairan adalah untuk proses respirasi dan penguraian zat organik menjadi zat anorganik oleh mikroorganisme. Oksigen terlarut dalam air berasal dari difusi udara dan hasil fotosintesis organisme berklorofil di perairan. Oksigen terlarut dapat digunakan sebagai indikator kesuburan suatu perairan. Meningkatnya limbah organik pada perairan akan mengakibatkan penurunan kadar oksigen terlarut. Hal ini disebabkan karena oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk menguraikan zat organik menjadi anorganik semakin banyak (Simanjuntak, 2007).

Kondisi lingkungan perairan berpengaruh pada daya larut logam berat. Logam berat seperti Zn, Cu, Cd, Pb, Hg dan Ag merupakan logam berat yang sulit terlarut pada perairan yang anoksik. Daerah dengan kadar oksigen rendah akan membuat daya larut logam berat menurun dan akan lebih mudah mengendap. Konsentrasi logam terlarut akan hilang dari larutan saat berhubungan dengan permukaan materi partikulat melalui beberapa fenomena ikatan permukaan yang berbeda (ikatan koloid, adsorpsi dan presipitasi). Pembentukan partikulat logam berat menyebabkan dekomposisi dan penambahan konsentrasinya di dalam sedimen (Ramlal, (1987) dalam Maslukah, (2006)).

2.4.4 Salinitas

Air laut mengandung berbagai zat yang terlarut didalamnya. Zat terlarut dapat meliputi garam organik, senyawa organik yang berasal dari organisme hidup dan gas terlarut. Banyaknya zat terlarut disebut dengan salinitas.

Perbedaan nilai salinitas dapat disebabkan karena adanya proses penguapan dan presipitasi. Salinitas di daerah tropis memiliki nilai yang lebih tinggi, hal ini dikarenakan adanya evaporasi yang tinggi pula. Pada daerah yang memiliki asupan air tawar, nilai salinitasnya lebih bervariasi dan mungkin mendekati 0. Nilai salinitas akan lebih tinggi pada yang tertutup seperti Laut Merah dan Teluk Persia, dimana salinitasnya mencapai 40‰ (Nybakken,1988).

Salinitas di wilayah estuari dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor tersebut antara lain musim, topografi estuari, pasang surut dan air sungai. Fluktuasi salinitas yang terjadi di estuari disebabkan karena daerah tersebut merupakan tempat pertemuan air tawar dan air laut. Air tawar yang berasal dari sungai akan mengalami pengadukan atau percampuran dengan air laut yang terjadi di estuari (Maslukah, 2006).



2.5 Penelitian Terdahulu

Telah dilakukan beberapa penelitian terdahulu mengenai kemampuan mangrove dalam menyerap kandungan logam berat diperairan. Penelitian tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

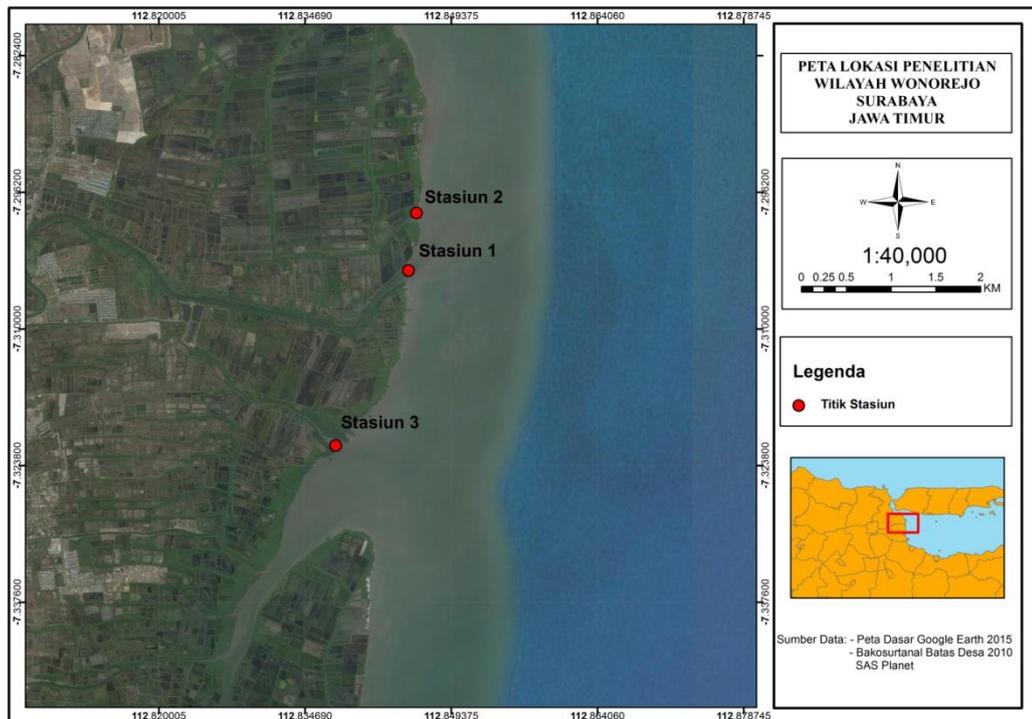
Tabel 1. Penelitian terdahulu

No.	Penulis	Judul	Metode	Hasil dan Kesimpulan
1.	Edi Mulyadi, 2009	Fungsi Mangrove Sebagai Pengendali Pencemar Logam Berat	Penelitian dilaksanakan di muara kali Wonorejo, pada tanggal 22 November 2009, 1 September – 15 Desember 2009. Penelitian ini dikerjakan dalam dua tahap, yaitu proses pengambilan sampel dan tahap analisis kandungan logam berat Cu. Sampel yang diambil berupa sedimen dan akar mangrove pada 3 stasiun	Rata-rata kandungan logam berat Cu dalam sedimen senilai 3,186 mg/ltd an pada akar senilai 5,602 mg/lt
2.	Endah Dwi Hastuti, 2014	Variasi Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Kawasan Ekosistem Mangrove Dan Korelasinya Dengan Kerapatan Mangrove Di Wilayah Pesisir Semarang Dan Demak	Variable yang diamati meliputi kandungan Cu pada sedimen dan kerapatan mangrove. Pengamatan kerapatan pohon mangrove dilakukan dengan transek berukuran 10x10 m, pancang mangrove diamati dengan transek 5x5 m, semai mangrove diamati dengan transek 1x1 m.	Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin tinggi kerapatan mangrove pada strata pohon dan pancang, maka konsentrasi Cu sedimen akan semakin sedikit.
3.	Barutu et al., 2014	Konsentrasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn Pada <i>Avicennia marina</i> Di Pesisir Kota Batam Provinsi Kepulauan Riau	Penelitian dilakukan pada Februari 2014, dengan mengukur kualitas perairan dan pengambilan sampel akar, batang, daun dan buah <i>Avicennia marina</i> yang dilakukan di 4 stasiun	Rata-rata konsentrasi logam berat Pb, Cu, dan Zn antara bagian akar, batang, daun, dan buah tidak terdapat perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$).

3. METODOLOGI

3.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Pengambilan data kepadatan mangrove dan pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan di Perairan Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Surabaya. Terdapat 3 stasiun penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Terdapat tiga muara sungai yang dijadikan stasiun pengambilan sampel. Ketiga stasiun memiliki sumber yang berbeda, sehingga diharapkan dapat mewakili ekosistem di Perairan Kelurahan Wonorejo. Titik koordinat stasiun pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 2.

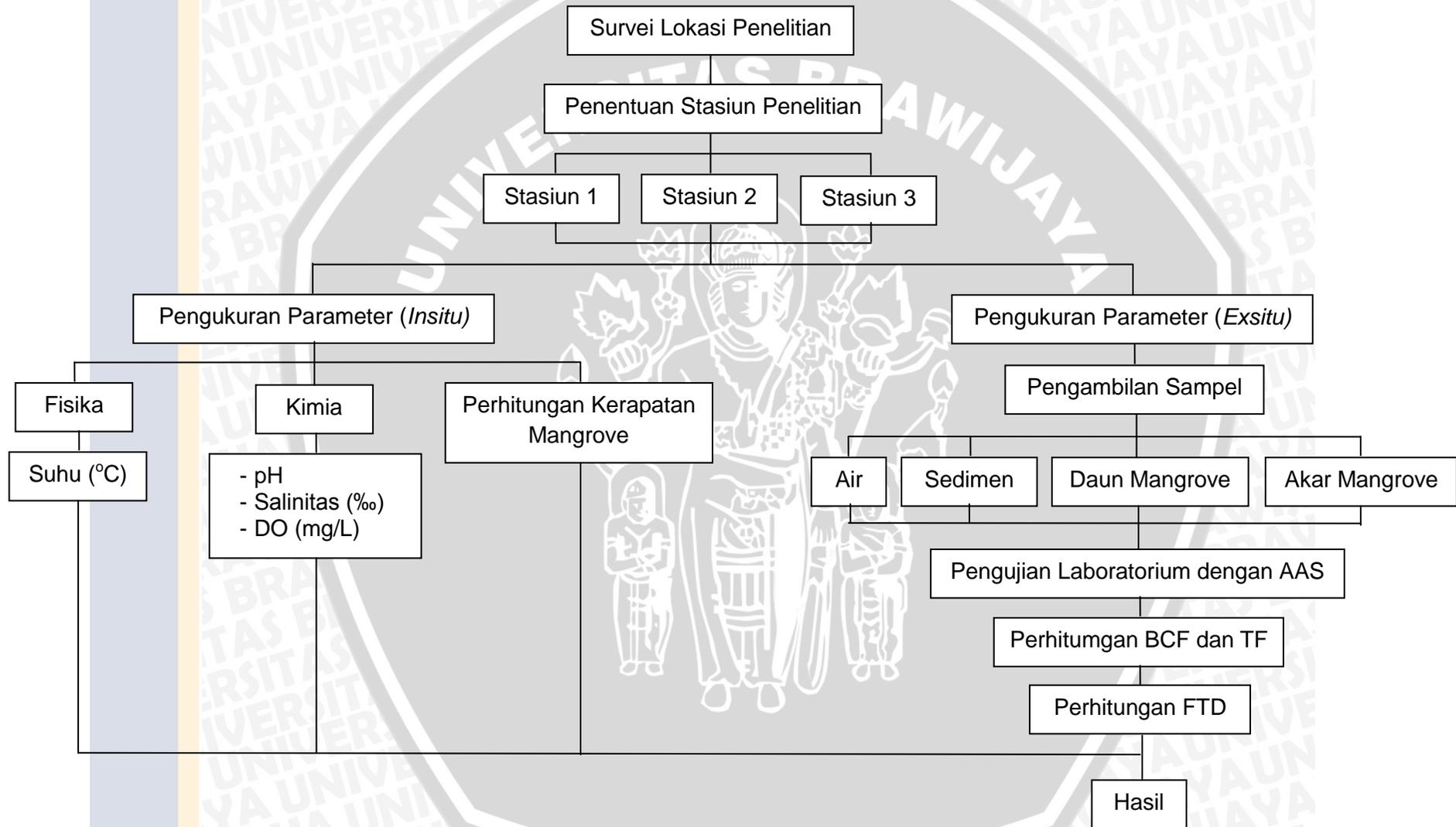
Tabel 2. Titik koordinat stasiun pengambilan sampel

Stasiun	Koordinat	Keadaan Umum
1.	S 07°18.322' E 112°50.654'	Stasiun 1 merupakan kawasan yang memiliki muara sungai yang berasal dari daerah Jagir. Kawasan ini merupakan kawasan ekowisata, akan tetapi terdapat banyak sampah yang berserakan. Sampah-sampah tersebut berupa sampah plastik dan sampah rumah tangga. Warna air pada stasiun ini keruh dan berbau. Spesies mangrove yang mendominasi stasiun 1 adalah jenis <i>Avicennia alba</i> .
2.	S 07°17.954' E 112°50.725'	Stasiun 2 merupakan muara sungai yang berasal dari kawasan pendidikan. Kawasan ini memiliki air yang keruh dan berbau. Terdapat banyak sampah plastik dan sampah rumah tangga yang berserakan. Spesies mangrove yang mendominasi stasiun 2 adalah jenis <i>Avicennia alba</i> .
3.	S 07°19.320' E 112°50.239'	Stasiun 3 merupakan muara Sungai Rungkut. Kawasan ini terdapat banyak sampah plastik dan sampah rumah tangga, selain itu warna air pada stasiun ini keruh dan berbau. Spesies mangrove yang mendominasi stasiun 3 adalah jenis <i>Avicennia alba</i> .

3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur pada penelitian mengenai Analisis Bioakumulasi Cu Pada *Avicennia alba* di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya dilakukan dengan survei, penentuan stasiun penelitian, pengambilan sampel, perhitungan kerapatan mangrove dan analisis data. Sampel yang diambil untuk analisis logam berat Cu adalah air, sedimen, daun mangrove dan akar mangrove. Analisis logam berat dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS. Pengujian fraksi sedimen dilakukan di Laboratorium Tanah dan Air Tanah, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Skema kerja pada penelitian ini yang dapat dilihat pada Gambar 3.





Gambar 3. Skema Kerja Penelitian

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian mengenai Analisis Bioakumulasi Cu Pada *Avicennia alba* di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Alat yang digunakan pada penelitian

No	Alat	Fungsi
1.	GPS (<i>Global Positioning Sistem</i>)	Mengetahui titik koordinat stasiun
2.	Thermometer	Mengukur suhu
3.	DO meter	Mengukur oksigen terlarut
4.	Salinometer	Mengukur salinitas
5.	pH meter	Mengukur derajat keasaman (pH)
6.	Oven	Mengeringkan sampel sedimen
7.	AAS	Mengukur konsentrasi logam berdasarkan penyerapan absorbs
8.	Picnometer	Pengukuran berat jenis
9.	<i>Sieve shaker</i>	Memilah fraksi sedimen
10.	Erlenmayer	Wadah mereaksikan larutan kimia dengan sampel
11.	Pipet tetes	Mengambil larutan dalam skala kecil
12.	<i>Washing bottle</i>	Wadah aquades
13.	Kamera digital	Dokumentasi selama penelitian
14.	Botol polietilen	Wadah sampel air
15.	Coolbox	Wadah sampel sementara yang telah diambil
16.	Ember 5 L	Wadah sementara saat pengambilan sampel secara komposit
17.	Tali raffia	Membuat transek perhitungan kerapatan mangrove
18.	Meteran pita	Mengukur diameter mangrove
19.	Alat tulis	Mencatat data saat penelitian
20.	Gayung	Memindahkan sampel sedimen
21.	Pisau	Memotong akar mangrove dan daun mangrove
22.	Gunting	Memotong tali raffia
23.	Timbangan	Mengukur massa sampel
24.	Gelas Ukur	Wadah larutan sementara
25.	Labu Ukur 100 mL	Mengukur volume sampel yang dilarutkan dan wadah sampel
26.	Hotplate	Memanaskan sampel
27.	Labu ukur	Wadah perendaman sedimen dengan larutan sodium hexametaphosphas
28.	<i>Stopwatch</i>	Mengukur waktu pada pemeriksaan hydrometer
29.	Beaker glass	Wadah larutan dan mengukur aquades yang digunakan
30.	Mortar dan Alu	Menghaluskan sampel sedimen, akar, dan daun mangrove

31.	Mikro pipet	Mengambil larutan dalam skala 10 µl
32.	Lemari es	Menyimpan sampel
33.	Gelas ukur 1000 mL	Wadah pemeriksaan hydrometer
34.	Loyang	Wadah untuk sedimen saat di oven
35.	Beaker glass 1000 mL	Wadah larutan sodium hexametaphosphas
36.	Spatula	Menghomogenkan larutan
37.	Komputer	Mengubah nilai absorban menjadi nilai konsentrasi logam berat

Bahan yang digunakan pada penelitian mengenai Analisis Bioakumulasi Cu Pada *Avicennia alba* di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Bahan yang digunakan pada penelitian

No.	Bahan	Fungsi
1.	Tissue	Mengeringkan dan membersihkan alat
2.	Kertas label	Menandai sampel
3.	Aquades	Mengkalibrasi alat sebelum digunakan
4.	Es	Pengawetan sampel sementara
5.	Air sampel	Bahan yang diuji
6.	Sedimen	Bahan yang diuji
7.	Akar mangrove	Bahan yang diuji
8.	Daun mangrove	Bahan yang diuji
9.	Plastik 1 kg	Wadah sampel sedimen
10.	Plastik klip	Wadah sampel mangrove
11.	HNO ₃	Pengawetan sampel
12.	Sarung tangan	Keselamatan kerja
13.	Kertas saring 0,45 µm	Menyaring sampel yang diukur kadar logamnya
14.	Sodium hexametaphosphas	Zat pendispersi untuk memecah sedimen
15.	Masker	Keselamatan kerja
16.	Gas AAS	Pengoperasian AAS

3.4 Teknik Pengambilan Data

Data pada penelitian ini didapat dari hasil observasi dan literatur penunjang.

Data yang diambil meliputi data primer dan data sekunder.

3.4.1 Data Primer

Data primer pada penelitian ini didapat dari hasil pengamatan langsung sesuai dengan keadaan lapang. Data primer meliputi parameter fisika berupa

pengukuran suhu yang dilakukan secara *insitu*, parameter kimia berupa pengukuran pH, DO dan salinitas yang dilakukan secara *insitu*, perhitungan kerapatan mangrove yang dilakukan secara *insitu* dan parameter logam berat Cu (Tembaga) yang dilakukan dengan pengambilan sampel secara *insitu* dan analisis secara *exsitu*.

Pengukuran parameter kimia berupa suhu dan parameter fisika berupa pH, DO dan salinitas dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan pada setiap stasiun dengan selang waktu 10 menit. Perhitungan mangrove dilakukan dengan membuat transek 10x10 m pada setiap stasiun. Pengukuran parameter logam berat Cu pada air, sedimen, daun mangrove dan akar mangrove dilakukan secara *exsitu* dengan menggunakan alat AAS.

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder pada penelitian ini didapat dari literatur. Literatur yang digunakan sebagai data sekunder dapat berasal dari laporan, buku, dokumen dan sumber lain yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan.

3.4.3 Pengukuran Parameter Fisika

3.4.3.1 Suhu

Pengukuran parameter fisika berupa suhu dilakukan karena suhu mempengaruhi proses biofisik – kimiawi dalam badan air. Suhu, keadaan spesies, aktifitas fisiologi dan konsentrasi logam pada air mempengaruhi akumulasi logam dalam tubuh suatu organisme (Nurwahidah, 2014). Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan termometer. Termometer dimasukkan kedalam perairan secara perlahan-lahan dengan posisi membelakangi matahari agar tidak terkena pengaruh langsung oleh matahari dan didiamkan selama 2-3 menit agar didapat nilai yang sudah stabil. Skala pada termometer dilihat dengan posisi termometer masih didalam perairan. Nilai yang ditunjukkan pada skala

dicatat dengan satuan derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$). Pengukuran suhu dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan pada setiap stasiun dengan selang waktu ± 10 menit.

3.4.4 Pengukuran Parameter Kimia

3.4.4.1 pH

Pengukuran parameter pH dilakukan setiap ± 10 menit dengan 3 kali pengulangan pada setiap stasiun. pH meter yang digunakan untuk mengukur nilai pH di kalibrasi dengan menggunakan aquades. pH meter dinyalakan dengan menekan tombol *on* pada pH meter, kemudian tekan HOLD. Langkah selanjutnya dimasukkan pH meter kedalam air sampel hingga sensor pada pH meter terendam dan ditunggu beberapa saat sampai nilai pH terlihat pada display dan stabil. Tahap terakhir, dicatat nilai pH yang terlihat pada display pH meter. Nilai pH perlu diukur karena pH suatu perairan mempengaruhi konsentrasi logam berat di perairan tersebut. Kelarutan logam berat akan lebih tinggi pada pH rendah, sehingga kandungan logam berat akan lebih tinggi pada daerah dengan pH rendah (Chester, (1990) dalam Maslukah, (2006)).

3.4.4.2 DO

Pengukuran DO dilakukan dengan menggunakan DO meter. Sensor DO meter dikalibrasi dengan menggunakan aquades. Proses selanjutnya, masukkan sensor pada DO meter kedalam perairan dan ditekan tombol ON/OFF untuk menghidupkan dan tunggu beberapa menit hingga nilai DO pada display stabil atau tidak berubah. Nilai DO yang terlihat pada display DO meter dicatat dengan satuan mg/L. Proses tersebut dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan pada setiap stasiun. Menurut Ramlal (1987) dalam Maslukah (2006), kondisi lingkungan perairan berpengaruh pada daya larut logam berat. Daerah dengan kadar oksigen rendah akan membuat daya larut logam berat menurun dan akan lebih mudah mengendap.

3.4.4.3 Salinitas

Parameter kimia berupa salinitas diukur dengan menggunakan Salinometer. Pengukuran salinitas dilakukan pada setiap stasiun dengan 3 kali pengulangan pada selang waktu ± 10 menit. Langkah penggunaan salinometer adalah dengan dikalibrasi sensor pada salinometer dengan menggunakan aquades dan dikeringkan menggunakan tissue. Proses selanjutnya, ditetesi sensor salinometer dengan air sampel dengan menggunakan pipet tetes sebanyak 2 tetes atau sampai menutupi sensor dari salinometer. Salinometer dinyalakan dengan menekan tombol *on* hingga keluar tulisan AAA, kemudian tekan tombol *start* untuk mengetahui nilai salinitas perairan tersebut. Tahap terakhir dicatat nilai salinitas pada display salinometer dengan satuan ppm (‰).

3.4.5 Pengukuran Parameter Biologi

3.4.5.1 Identifikasi Mangrove

Proses identifikasi dilakukan dengan menyamakan bagian - bagian pohon yang berada di lapang dengan literatur. Identifikasi dapat dilakukan langsung di lapang atau dapat dilakukan di laboratorium dengan cara mengambil beberapa sampel. Identifikasi dilakukan pada pohon mangrove yang terdapat didalam transek 10 x 10 m pada setiap stasiun.

3.4.5.2 Perhitungan Kerapatan Mangrove

Pengamatan kerapatan pohon mangrove dilakukan dengan pembuatan transek sebesar 10x10 m². Transek 5x5 m² dibuat untuk melakukan pengamatan pancang mangrove dan transek 1x1 m² untuk mengamati semai mangrove pada setiap stasiun (Hastuti, 2014). Cara membedakan pohon, belta dan semai mangrove dapat dilihat dari diameternya.

Rumus perhitungan kerapatan jenis mangrove menurut Natan (2008) dalam Susiana (2011), adalah

$$D_i = \frac{n_i}{A}$$

Keterangan :

D_i = kerapatan jenis

n_i = jumlah total tegakan jenis i

A = luas total area pengambilan contoh (luas total petak contoh/plot)

3.5 Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel pada penelitian mengenai Analisis Bioakumulasi Cu Pada *Avicennia alba* di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya dilakukan pada bulan Juni 2015. Pengambilan sampel air, sedimen, daun mangrove dan akar mangrove diambil secara komposit dan dilakukan pengukuran parameter logam berat Cu secara *exsitu* dengan menggunakan AAS.

3.5.1 Pengambilan Sampel

3.5.1.1 Air

Pengambilan sampel air dilakukan secara komposit pada setiap stasiun. Sampel air diambil menggunakan gayung lalu dimasukkan kedalam ember, dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan dengan selang waktu 10 menit. Sampel dimasukkan pada botol polietilen dan ditambahkan HNO_3 pekat (10 mL HNO_3 per 100 mL sampel air) sebagai pengawet sampel air untuk analisis kandungan logam berat (Panjaitan, 2009). Botol polietilen yang sudah terisi diberi label lalu dimasukkan kedalam coolbox yang berisi es batu.

Sampel air yang sudah didapat kemudian dipanaskan diatas hot plate hingga volumenya berkurang 30 mL. Sampel lalu ditambahkan aquades hingga



volume sampel mencapai 100 mL. Sampel diendapkan dan disaring menggunakan kertas saring. Air sampel yang sudah disaring kemudian dianalisis menggunakan alat AAS untuk mendapatkan nilai logam berat Cu.

3.5.1.2 Sedimen

Pengambilan sampel sedimen dilakukan secara komposit pada setiap stasiun. Sampel sedimen diambil pada 3 titik dengan kedalaman ± 10 cm (Maslukah, 2013). Sampel pertama, kedua dan ketiga dikompositkan didalam ember, lalu dimasukkan kedalam plastik 1 kg. Sampel sedimen diambil sebanyak 2 plastik 1 kg, kemudian diberi label A dan B. Label A merupakan sampel yang diuji kandungan logam beratnya dan label B merupakan sampel yang diuji fraksi sedimennya. Menurut Amriani et al., (2011), sampel sedimen diambil dengan menggunakan skop atau tangan, kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik dan diberi tanda. Sampel yang sudah diambil kemudian dimasukkan kedalam *cool box*.

Sampel sedimen yang diuji kadar logam beratnya kemudian dihaluskan dan dioven dengan suhu 105°C hingga kadar air hilang. Sampel sedimen ditimbang sebanyak 5 gram, kemudian dilarutkan dengan HNO_3 pekat sebanyak 20 mL dan didiamkan selama 24 jam. Sampel dipanaskan dengan hotplate dan ditambahkan aquades hingga mencapai volume 100 mL lalu diendapkan. Sampel sedimen yang sudah mengendap kemudian disaring untuk mendapatkan fasa airnya. Air hasil penyaringan dianalisis kandungan logam berat Cu menggunakan alat AAS.

3.5.1.3 Akar Mangrove

Sampel akar mangrove yang dijadikan sampel adalah spesies *Avicennia alba*. Akar mangrove yang diambil adalah akar pensil dengan diameter 0,4 – 0,6 cm yang terendam tanah. Sampel akar mangrove diambil yang dekat dengan

batang pohon sebanyak ± 5 gram (Arisandy et al., 2012). Sampel dimasukkan kedalam plastik klip, dan diberi label. Sampel kemudian dimasukkan kedalam *coolbox*.

Akar mangrove yang sudah didapat dipotong kecil – kecil lalu dioven dengan suhu 105°C hingga kadar air hilang. Sampel akar mangrove ditumbuk hingga halus dan ditimbang sebanyak 5 gram untuk ditambahkan 20 mL HNO_3 pekat. Sampel didiamkan selama 24 jam. Sampel kemudian dipanaskan diatas hotplate, ditambahkan aquades hingga volumenya mencapai 100 mL. dan diendapkan. Sampel yang sudah mengendap disaring menggunakan kertas saring. Air hasil saringan kemudian dianalisis menggunakan alat AAS untuk mengetahui kadar logam berat Cu.

3.5.1.4 Daun Mangrove

Sampel daun mangrove yang dijadikan sampel adalah spesies *Avicennia alba*. Daun mangrove yang diambil adalah daun mangrove yang tidak terlalu muda dan tidak terlalu tua. (Hamzah dan Agus, 2010). Sampel daun mangrove yang diambil sebanyak 6 helai pada setiap stasiun. Sampel dimasukkan kedalam plastik klip, dan diberi label. Sampel kemudian dimasukkan kedalam *coolbox*.

Sampel daun mangrove dipotong kecil – kecil dan dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C . Sampel daun mangrove yang sudah halus ditimbang sebanyak 5 gram. Sampel kemudian ditambahkan HNO_3 pekat sebanyak 20 mL dan didiamkan selama 24 jam. Sampel diberiaquades hingga mencapai volume 100 mL dan dipanaskan diatas *hot plate*. Sampel daun mangrove disaring untuk memisahkan fasa air dan endapan. Fasa air yang didapat diuji kadar logam berat Cu menggunakan alat AAS.

3.6 Analisis Data

3.6.1 Perhitungan BCF (Bio-Concentration Factor) dan TF (Translocation Factor)

Bio-Concentration Factor (BCF) digunakan untuk mengetahui akumulasi logam pada mangrove. Menurut MacFarlane *et al.*, (2007), metode ini dilakukan dengan cara menghitung konsentrasi logam pada sedimen, akar dan daun mangrove. Perhitungan BCF pada daun dan akar dilakukan untuk mengetahui konsentrasi logam pada daun dan akar yang berasal dari lingkungan. Rumus perhitungan BCF adalah sebagai berikut:

$$BCF \text{ Bio - Concentration Factor} = \frac{\text{LogamBeratTumbuhan}}{\text{LogamBeratSedimen}}$$

Translocation Factor (TF) digunakan untuk menghitung perbandingan antara konsentrasi logam pada daun dan logam pada akar. TF bisa digunakan untuk menduga tumbuhan yang dapat dijadikan sebagai fitoremediator. Rumus Translocation Factor menurut MacFarlane *et al.*, (2007) adalah sebagai berikut:

$$TF \text{ Translocation Factor} = \frac{\text{LogamBeratDaun}}{\text{LogamBeratAkar}}$$

3.6.2 Perhitungan FTD (Fitoremediasi)

Fitoremediasi (FTD) adalah selisih antara nilai BCF dan nilai TF, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$FTD \text{ Fitoremediasi} = BCF - TF$$

Nilai FTD akan mencapai nilai yang maksimal jika nilai BCF tinggi dan nilai TF rendah (Yoon *et al.*, 2006 dalam Hamzah dan Agus 2010).

3.7 Analisis Data PCA dan Regresi

Analisis data dapat digunakan untuk mengolah data menjadi informasi, sehingga data yang didapat dapat mudah dipahami dan dimanfaatkan untuk menjawab permasalahan dalam sebuah penelitian. Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini adalah menggunakan PCA pada XLSTAT 2015. Tujuan dari PCA adalah untuk mereduksi dimensi variable data input menjadi komponen utama yang berdimensi lebih kecil dengan kehilangan informasi minimum. Komponen utama yang terbentuk, tidak memiliki korelasi satu dengan lainnya (Soesanto, 2010).

Analisis komponen utama (Principal Component Analysis) adalah suatu pendekatan analisis statistika multivariable yang terkait dengan struktur interval pada suatu matriks. Dari hasil analisis komponen utama atau PCA diketahui variable atau parameter fisika – kimia yang mencirikan setiap stasiun (Arifin, 2009). Dalam penelitian ini dilakukan analisis PCA untuk mengetahui variasi parameter fisika – kimia pada setiap stasiun, yang kemudian digunakan untuk mengetahui dapat atau tidaknya suatu stasiun penelitian dalam mewakili ekosistem yang berbeda.

Analisis regresi dilakukan dengan mengukur kekuatan hubungan antara dua variable atau lebih, selain itu juga menunjukkan arah hubungan antara variable dependen dengan variable independen. Menurut Walpole (1995), hasil yang didapat dari analisis regresi merupakan sebuah bilangan yang disebut koefisien (R^2). Nilai koefisien antara nol sampai satu. Nilai yang mendekati angka 1 atau -1 memiliki keterkaitan yang kuat antar variable, akan tetapi nilai yang mendekati angka 0 memiliki keterkaitan yang lemah, bahkan tidak memiliki keterkaitan antar variable.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Parameter Lingkungan

Pengukuran parameter lingkungan meliputi parameter fisika, kimia dan biologi. Parameter biologi dilakukan dengan identifikasi dan perhitungan kerapatan mangrove. Parameter fisika dan kimia dilakukan secara *insitu* dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Dari 3 pengulangan tersebut, didapat nilai rata – rata dan standar deviasi. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan nilai standar baku mutu perairan. Hasil pengukuran parameter fisika dan kimia secara *insitu* di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Hasil Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo

Stasiun Lokasi	Parameter Fisika	Parameter Kimia		
	Suhu (°C)	pH	DO (mg/L)	Salinitas (‰)
	Rata - rata ± St. Dev	Rata - rata ± St. Dev	Rata - rata ± St. Dev	Rata - rata ± St. Dev
1.	23.4 ± 0.95*	8.7 ± 0.05*	1.56 ± 0.51*	26.33 ± 0.57
2.	26.5 ± 1.66*	8.4 ± 0.07	2.6 ± 0.26*	2.8 ± 1
3.	25.76 ± 0.81*	8.39 ± 0.03	1.4 ± 0.34*	26.66 ± 0.15
Rata – rata ± St. Dev	25.22 ± 0.45	8.5 ± 0.02	1.85 ± 0.12	27 ± 0.29
Baku Mutu (Biota)	28 – 32 ‰ ^(c)	7 - 8.5 ^(d)	> 5 mg/L	s/d 34 ‰ ^(e)
Baku Mutu (Wisata Bahari)	Alami ^{3(c)}	7 - 8.5 ^(d)	> 5 mg/L	Alami ^{3(e)}

Sumber :

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Perairan Laut

Keterangan :

Alami³ : Kondisi normal suatu lingkungan, bervariasi setiap saat (siang, malam, dan musim) (28 – 30°C) pada suhu dan (29 - 32‰) pada salinitas

c : Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <2°C dari suhu alami.

d : Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <0.2 satuan pH

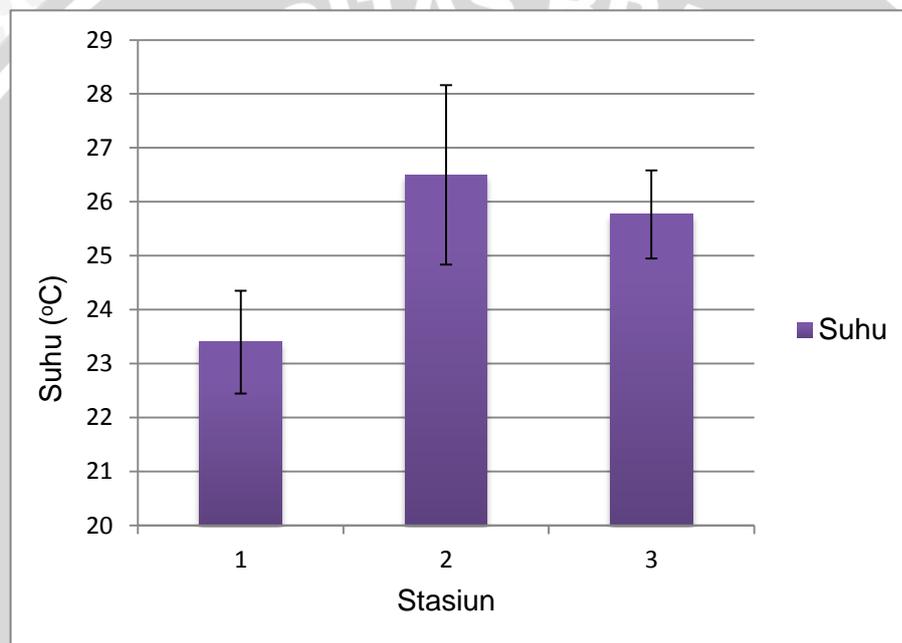
e : Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <5% salinitas rata-rata musiman

* : Tidak sesuai dengan baku mutu.

4.1.1 Parameter Fisika

4.1.1.1 Suhu

Pengukuran suhu pada stasiun 1 dilakukan pada pukul 10.00 wib. Dari pengukuran yang dilakukan didapat nilai suhu pada stasiun 1 sebesar 23,4 °C. Suhu tertinggi sebesar 26,76°C terdapat pada stasiun 2 yang diukur pada pukul 13.00 wib. Hasil pengukuran suhu pada penelitian ini dapat dilihat pada grafik yang terdapat pada Gambar 4

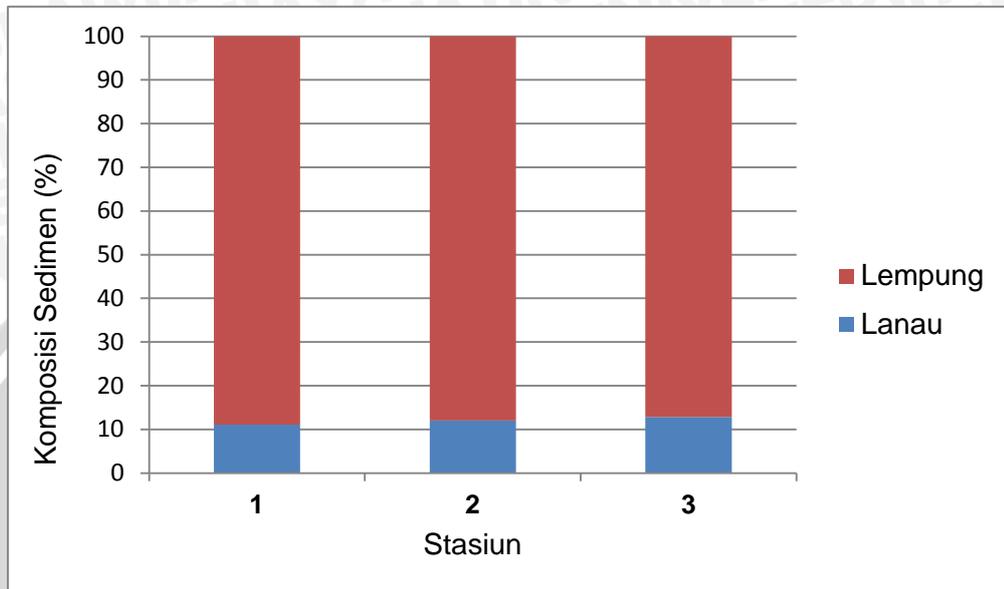


Gambar 4. Grafik Hasil Pengukuran Suhu di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo

Suhu merupakan parameter yang mudah berubah sesuai dengan jumlah intensitas cahaya matahari yang didapat. Salah satu hal yang mempengaruhi intensitas cahaya matahari adalah kerapatan pohon mangrove dan waktu pengukuran. Suhu yang rendah pada stasiun 1 dapat disebabkan karena stasiun ini ditumbuhi pohon mangrove yang lebih banyak dibanding stasiun 2 dan 3, sehingga cahaya matahari terhalang. Pada stasiun 2 didapat nilai suhu tertinggi, hal ini disebabkan pengukuran suhu pada stasiun 2 dilakukan pada saat intensitas matahari tinggi.

4.1.1.2 Komposisi Sedimen

Presentase sedimen pada Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Komposisi Sedimen Di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo

Grafik diatas menunjukkan bahwa komposisi sedimen pada Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo adalah lanau dan lempung, dengan kandungan lempung yang lebih mendominasi. Pada stasiun 1 presentase lanau sebesar 11.106 %, nilai ini merupakan presentasi lanau terendah. Presentase lanau tertinggi terdapat pada stasiun 3, yaitu senilai 12.811 %. Untuk presentasi lempung tertinggi terdapat pada stasiun 1 dengan nilai sebesar 88.894 %. Lanau memiliki ukuran butir sebesar 1/256 -1/16 mm, sedangkan lempung memiliki ukuran kurang dari 1/256 mm.

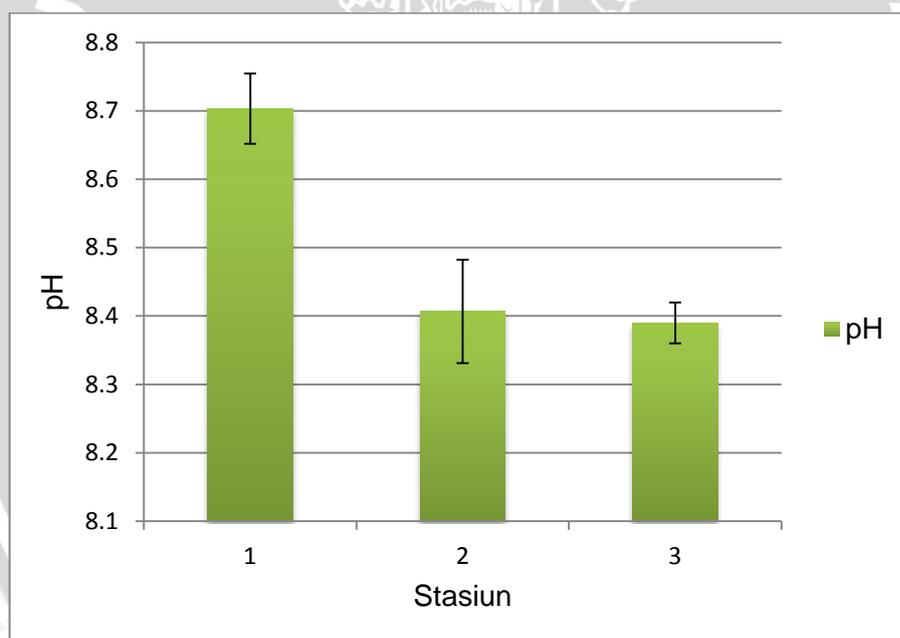
Avicenniaalba merupakan tumbuhan yanghidup pada daerah yang tergenang pasang surut. Distribusi sedimen pada perairan yang tergenang pasang surut biasanya didominasi oleh sedimen halus. Sedimen halus merupakan substrat yang cocok untuk pertumbuhan *Avicenniaalba*, dimana

tumbuhan ini memiliki akar nafas yang dapat mengikat sedimen halus. Hasil identifikasi yang dilakukan menunjukkan bahwa mangrove pada stasiun penelitian merupakan jenis *Avicennia alba* dan sedimen yang mendominasi stasiun penelitian berupa lanau dan lempung, hal ini membuktikan bahwa *Avicennia alba* dapat tumbuh dengan baik pada sedimen halus.

4.1.2 Parameter Kimia

4.1.2.1 pH

Hasil yang didapat menunjukkan nilai pH tertinggi terdapat pada stasiun 1 dengan nilai 8.7. Nilai pH terendah senilai 8.39 dan terdapat pada stasiun 3. Grafik hasil pengukuran pH pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6.



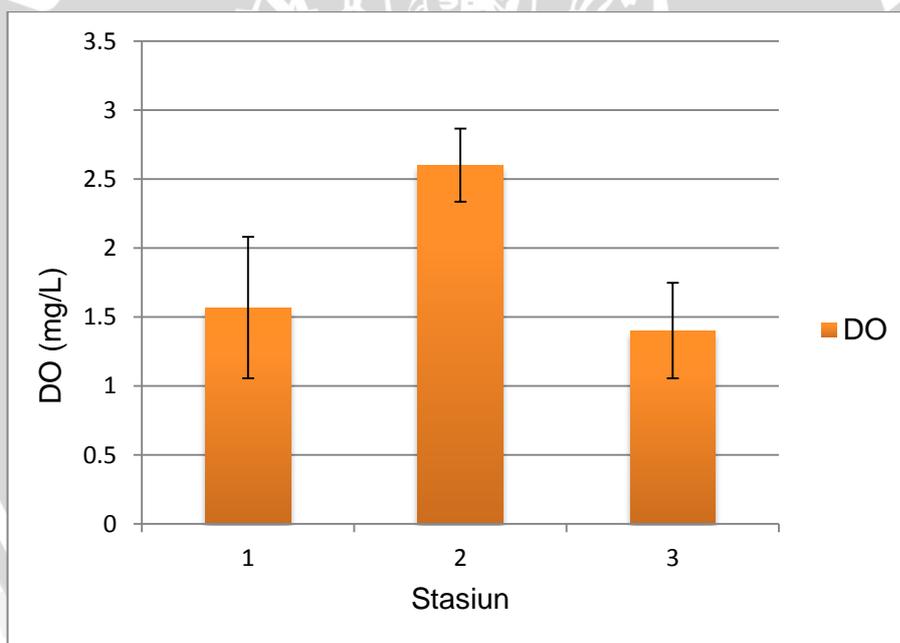
Gambar 6. Grafik Hasil Pengukuran pH di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 mengenai Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut, nilai pH perairan adalah sebesar 7 – 8,5. Nilai tersebut sama dengan Baku Mutu Air Laut untuk Wisata Bahari. Bila dibandingkan dengan Baku Mutu, maka nilai pH pada stasiun 1

melebihi batas baku mutu, sedangkan pada stasiun 2 dan 3 nilainya sudah berada pada kriteria baku mutu. Menurut Hutagalung (1991) dalam Arisandy et al., (2012), penurunan nilai pH perairan menyebabkan tingkat bioakumulasi semakin besar, hal ini disebabkan karena ketersediaan logam berat semakin meningkat.

4.1.2.2 DO

Hasil menunjukkan bahwa nilai DO tertinggi terdapat pada stasiun 2 dengan nilai 2,6 mg/L. Rata – rata nilai DO di Perairan Wonorejo tergolong rendah, hal ini dapat disebabkan karena air yang terdapat pada Perairan Wonorejo keruh. Hasil pengukuran DO pada penelitian ini tersaji dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 7.



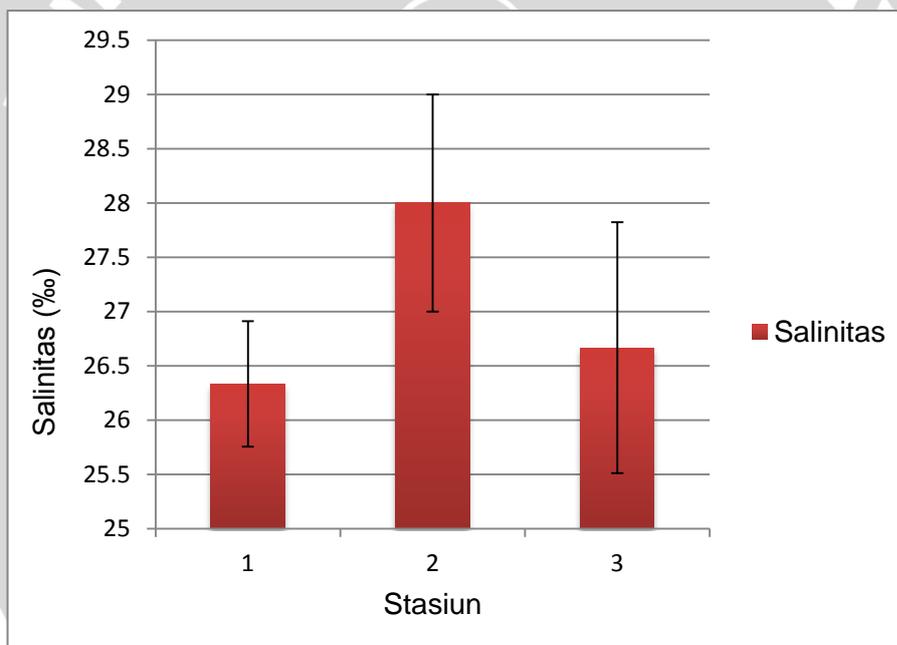
Gambar 7. Grafik Hasil Pengukuran DO di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo

DO atau oksigen terlarut dalam air berasal dari difusi udara dan hasil fotosintesis organisme di perairan. DO dapat dijadikan suatu indikator kesuburan dimana nilai DO dipengaruhi oleh kandungan limbah organik pada suatu

perairan. Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan hasil bahwa nilai DO di Perairan Wonorejo cenderung rendah, hal ini dapat disebabkan karena banyaknya limbah yang mencemari perairan tersebut.

4.1.2.3 Salinitas

Nilai salinitas pada 3 stasiun yang diukur berkisar antara 26,33 ‰ hingga 28 ‰. Salinitas tertinggi terdapat pada stasiun 2, sedangkan stasiun 1 merupakan stasiun dengan nilai salinitas terendah. Grafik hasil pengukuran salinitas di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Hasil Pengukuran Salinitas di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo

Nilai salinitas dipengaruhi oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yang berpengaruh adalah suhu. Semakin tinggi nilai suhu, maka penguapan akan meningkat dan mengakibatkan nilai salinitas tinggi. Dilihat dari hasil pengukuran parameter suhu dan salinitas di Perairan Wonorejo, didapat hasil bahwa nilai

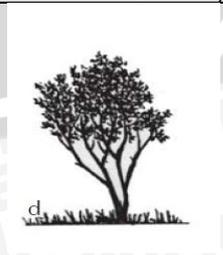
salinitas sebanding dengan nilai suhu. Semakin tinggi nilai suhu pada stasiun penelitian, semakin tinggi pula nilai salinitas yang didapat.

4.1.3 Parameter Biologi

4.1.3.1 Identifikasi mangrove

Identifikasi dilakukan pada mangrove yang berada di dalam transek penelitian. Mangrove yang tumbuh pada Perairan Wonorejo merupakan mangrove hasil penanaman, sehingga jenis mangrove pada setiap stasiun tidak bervariasi. Proses identifikasi dilakukan dengan menyamakan bagian - bagian pohon yang berada di lapang dengan literatur. Hasil identifikasi mangrove dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Identifikasi Mangrove

Keterangan	Gambar Lapang	Gambar Literatur
1. Daun <i>Avicennia alba</i>		 (Noor et al., 2006).
2. Akar <i>Avicennia alba</i>		 (Noor et al., 2006).
3. Pohon <i>Avicennia alba</i>		 (Noor et al., 2006).

Hasil dari proses identifikasi jenis mangrove menunjukkan bahwa mangrove yang berada pada transek di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo adalah *Avicennia alba*.

4.1.3.2 Kerapatan mangrove

Kerapatan pohon mangrove dihitung untuk mengetahui hubungan kemampuan absorpsi mangrove dengan kerapatan pohon mangrove. Pengukuran kerapatan mangrove di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo dilakukan dengan pembuatan transek 10 m². Tegakan mangrove yang dihitung meliputi pohon mangrove dengan diameter lebih dari 10 cm, pohon mangrove yang berada didalam transek juga diambil sampel akar dan daunnya untuk mengetahui kadar logam berat Cu yang terkandung. Data hasil perhitungan jumlah pohon mangrove dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Jumlah Pohon Mangrove pada Stasiun

Stasiun	Jenis	Pohon (>10cm)
		ind/10m ²
1	<i>Avicennia alba</i>	41
2	<i>Avicennia alba</i>	27
3	<i>Avicennia alba</i>	34

Perhitungan jumlah pohon mangrove kemudian dihitung kerapatan jenis mangrove dengan rumus. Hasil perhitungan kerapatan jenis mangrove di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Kerapatan Jenis Mangrove

Tingkat Pohon		
Stasiun	Jenis	Di (ind/m ²)
1	<i>Avicennia alba</i>	0.41
2	<i>Avicennia alba</i>	0.27
3	<i>Avicennia alba</i>	0.34

Perhitungan kerapatan jenis mangrove di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo menunjukkan bahwa nilai kerapatan mangrove tertinggi berada pada stasiun 1, dimana nilainya 0.41. Nilai kerapatan pada stasiun 3 sebesar 0.34 dan nilai kerapatan pada stasiun 2 merupakan nilai terendah, yaitu sebesar 0.27.

Vegetasi mangrove mempengaruhi kandungan logam berat melalui daur biologi. Logam berat pada sedimen akan diserap oleh vegetasi dan terakumulasi. Logam berat akan kembali dilepas melalui guguran serasah. *Avicennia* dan *Rhizophora* memiliki kemampuan untuk menyerap dan mengakumulasi logam berat dalam organnya. Logam berat pada *Avicennia* dan *Rhizophora* akan diakumulasi pada bagian akar, batang dan daun. Akumulasi logam berat pada vegetasi mangrove terjadi secara terus menerus, sehingga kandungan logam berat pada mangrove bisa jadi lebih tinggi dibanding kandungan logam berat yang terdapat pada sedimen (Hastuti *et al.*, 2013).

4.2 Pengukuran Konsentrasi Logam Berat Cu

KadarCu diuji pada sampel air laut, sedimen, daun mangrove dan akar mangrove yang diambil dari 3 stasiun di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo. Hasil uji kadar Cu dapat dilihat pada Tabel 9 .



Tabel 9. Data Hasil Pengukuran Logam Berat Cu di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo

Stasiun	Logam Berat Cu (ppm)			
	Air	Sedimen	Daun <i>Avicennia alba</i>	Akar <i>Avicennia alba</i>
Stasiun 1	0,160*	36,00	10,00	26,00
Stasiun 2	0,150*	41,00	86,00	15,00
Stasiun 3	0,150*	35,00	14,00	18,00
Rata – rata	0,153	37,33	36,67	19,67
Baku Mutu	0,050 mg/L ^{1(a)}			
	0,008 mg/L ^{1(b)}			

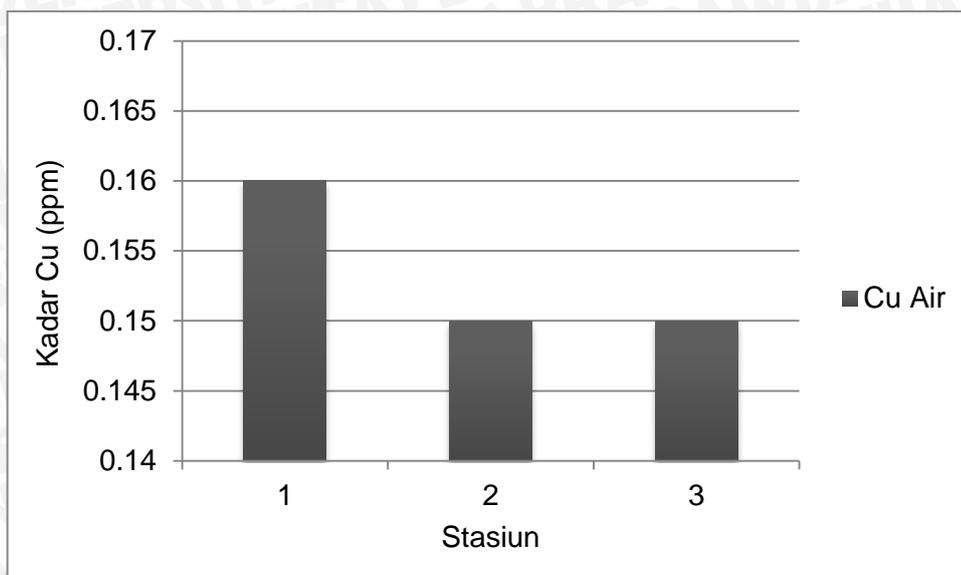
Keterangan :

- 1 : Menggunakan baku mutu Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut (a) Lampiran II (Wisata Bahari) ; (b) Lampiran III (Biota Laut).
- 2 : *Interim Sediment Quality Guidelines*
- * : Tidak sesuai dengan baku mutu

Hasil uji Cu yang telah dilakukan menunjukkan bahwaterdapat Cu pada semua sampel yang diuji. Kadar Cu tertinggi terdapat pada sampel daun mangrove di stasiun 2 dengan nilai 86,00 ppm. Nilai tersebut jauh berbeda dengan nilai Cu terendah yang terdapat pada air di stasiun 2 dan stasiun 3, dimana nilainya hanya 0,150 ppm.

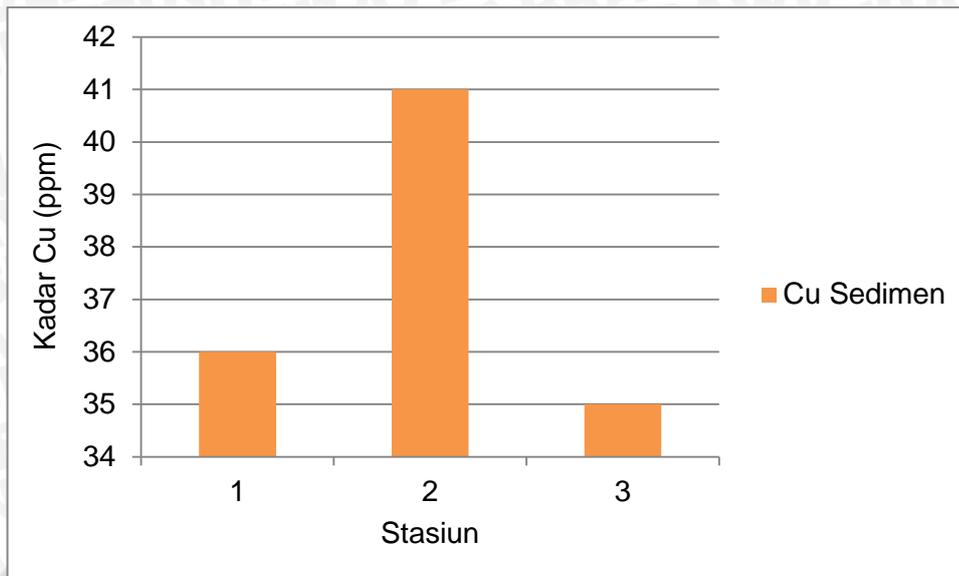
4.2.1 Air dan Sedimen

Dari hasil uji yang dilakukan didapat nilai 0.15 ppm pada stasiun 2 dan stasiun 3, serta 0.16 ppm pada stasiun 1. Grafik hasil yang tersaji pada Gambar 9.



Gambar 9. Kadar Cu pada Air Laut di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo
Baku mutu perairan untuk wisata bahari berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 menyatakan bahwa standar baku mutu Cu di perairan adalah senilai 0.050 mg/L, dan baku mutu perairan untuk biota laut adalah senilai 0.008 mg/L. Dibandingkan dengan standar baku mutu, kadar Cu pada sampel air dapat dikatakan lebih tinggi dari standar yang telah ditetapkan.

Uji kadar Cu pada sedimen menunjukkan hasil yang berbeda pada setiap stasiun. KadarCu tertinggi dan kadar Cu terendah memiliki perbedaan senilai 6 ppm. Cu sedimen pada stasiun 1 senilai 36 ppm. Pada stasiun 2 kadar Cu sedimen senilai 41 ppm yang merupakan kadar Cu tertinggi pada sedimen, sedangkan kadar Cu terendah terdapat pada stasiun 3 yaitu senilai 35 ppm. Grafik kadar Cu pada sedimen disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Kadar Cu pada Sedimen di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo

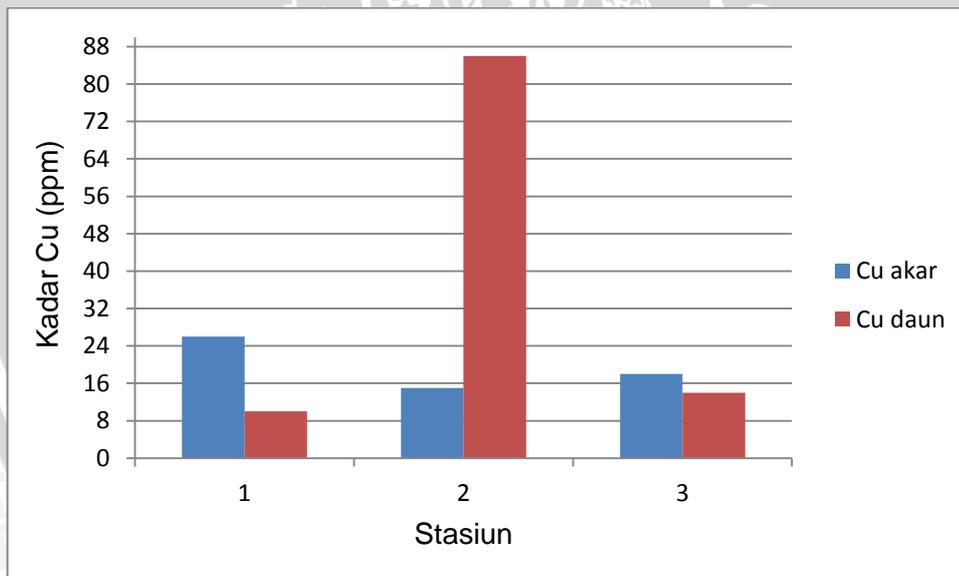
Menurut Purwiyanto (2013), Cu merupakan logam berat yang cenderung mudah untuk mengendap dalam sedimen. Hal ini menyebabkan akumulasi logam Cu pada sedimen lebih tinggi dibanding akumulasi logam Cu pada kolom air. Hal ini terbukti dari hasil yang didapat, kadar Cu pada perairan di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo dibawah 1 ppm, sedangkan kadar Cu pada sedimen memiliki nilai diatas 35 ppm. Tingginya kadar Cu pada sedimen juga dapat disebabkan karena jenis sedimen yang mendominasi pada stasiun penelitian merupakan sedimen halus berupa lanau dan lempung.

Kadar Cu pada sedimen dapat dipengaruhi oleh jenis sedimen. Ukuran partikel mempengaruhi distribusi logam berat pada sedimen. Sedimen yang halus memiliki persentase bahan organik yang lebih tinggi dari pada sedimen kasar. Proses tersebut dikarenakan sedimen yang halus biasanya mengendap pada perairan yang tenang, sehingga diikuti dengan akumulasi bahan organik yang tinggi. Salah satu contoh sedimen yang halus adalah lumpur. Lumpur memiliki kemampuan yang baik dalam mengikat logam berat dalam sedimen,

sehingga tingginya persentase lumpur dalam sedimen maka kandungan logamnya juga tinggi (Maslukah, 2013).

4.2.2 Mangrove *Avicennia alba*

Hasil yang didapat menunjukkan kadar Cu pada akar mangrove stasiun 1 senilai 26 ppm. Kadar tersebut merupakan kadar Cu tertinggi yang terdapat pada akar mangrove dibandingkan dengan kadar Cu pada stasiun 2 senilai 15 ppm dan pada stasiun 3 senilai 18 ppm. Pengujian kadar Cu yang dilakukan pada sampel daun mangrove menunjukkan hasil yang berbeda pada setiap stasiun. Kadar Cu terendah pada stasiun 1 senilai 10 ppm, hasil tersebut jauh berbeda dengan kadar Cu tertinggi dengan nilai 86 ppm yang terdapat pada stasiun 2. Grafik kadar Cu pada akar mangrove dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Kandungan Logam Berat Cu pada Akar dan Daun *Avicennia alba*

Menurut Nurwahidah (2014), penurunan nilai salinitas perairan dapat menyebabkan tingkat bioakumulasi semakin meningkat. Hal ini terbukti dari data hasil pengukuran parameter lingkungan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa nilai salinitas pada stasiun 1 merupakan nilai salinitas terendah dan nilai Cu pada akar di stasiun 1 menunjukkan nilai tertinggi.

Mangrove merupakan vegetasi yang memiliki kemampuan sebagai biofilter logam berat. Bagian mangrove yang dapat mengakumulasi logam berat adalah bagian daun dan juga bagian akar. Kemampuan akar dan daun mangrove dalam mengakumulasi logam berat lebih tinggi dibanding dengan jenis vegetasi lain. Akumulasi logam berat Cu dalam vegetasi dapat mengakibatkan stres. Cu merupakan logam berat yang bersifat sangat beracun dan sangat bioakumulatif. Cu memiliki tingkat kelarutan yang rendah dalam cairan dan cenderung terakumulasi dalam sedimen (Hastuti, 2014).

Hardiani (2009) dalam Purwiyanto (2013), menyatakan bahwa tumbuhan melakukan penyerapan oleh akar. Logam yang diserap dapat berasal dari sedimen maupun air. Hasil penyerapan oleh akar kemudian di translokasikan ke bagian tumbuhan yang lain dan lokalisasi atau penimbunan logam pada jaringan tertentu. Parvaresh *et al.*, (2010) dalam Hastuti (2014), menyebutkan bahwa salah satu bagian mangrove yang dapat mengakumulasi logam adalah bagian daun. Daun mangrove memiliki kemampuan mengakumulasi logam berat relatif lebih tinggi dibandingkan dengan jenis vegetasi lain. Grafik diatas menunjukkan bahwa kadar Cu pada stasiun 2 memiliki nilai yang lebih tinggi dibanding pada akar mangrove. Hal ini dapat disebabkan karena jaringan daun tumbuhan membutuhkan Cu dalam proses fotosintesis. Logam berat Cu juga dapat terakumulasi oleh tumbuhan pada bagian daun, baik pada daun muda maupun daun yang sudah tua. (Barutu, 2014).

4.3 Perhitungan Nilai Absorbansi *Avicennia alba*

4.3.1 BCF (Bio-Concentration Factor) dan TF (Translocation Factor)

Metode *Bio-Concentration Factor* (BCF) digunakan untuk mengetahui akumulasi logam pada akar dan daun mangrove dan *Translocation Factor* (TF) digunakan untuk menduga tumbuhan yang dapat dijadikan fitoremediator,

dengan menghitung perbandingan antara konsentrasi logam pada daun dan logam pada akar (MacFarlane *et al.*, 2007). Dari perhitungan yang dilakukan pada penelitian ini, didapat nilai BCF dan TF yang terdapat pada Tabel 10.

Tabel 10. Data Hasil Perhitungan BCF dan TF di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo

Stasiun	Parameter BCF		TF <i>Avicennia alba</i>
	Daun <i>Avicennia alba</i>	Akar <i>Avicennia alba</i>	
1	0.28	0.72	0.38
2	2.10	0.36	5.73
3	0.4	0.51	0.78
Rata-rata	0.92	0.53	2.30

Perhitungan BCF pada daun *Avicennia alba* menunjukkan nilai tertinggi pada stasiun 2 sebesar 2.10, sedangkan pada stasiun 1 dan 3, nilai BCF daun kurang dari 1. Rata – rata nilai BCF pada daun adalah sebesar 0.92. BCF akar menunjukkan nilai pada keseluruhan stasiun kurang dari 1, dengan rata – rata 0.53. Perhitungan TF menunjukkan nilai terendah yang terdapat pada stasiun 1 sebesar 0.38. Pada stasiun 2 nilai TF sebesar 5.73, nilai tersebut merupakan nilai TF tertinggi. Dari perhitungan nilai TF, didapat nilai rata – rata sebesar 2.30.

Tumbuhan memiliki kemampuan mengakumulasi logam berat, sehingga dapat dijadikan solusi dalam proses pengurangan kontaminan di tanah melalui absorpsi dan akumulasi. Menurut Zarinkamar *et al.*, (2013) BCF dapat dikategorikan menjadi 3, yaitu:

1. Akumulator : BCF dan TF lebih dari 1
2. Indikator : BCF sama atau mendekati 1
3. Excluder : BCF daun dan TF kurang dari 1 tetapi BCF pada akar lebih dari 1.

Rata - rata nilai *Translocation Factor* (TF) yang lebih dari 1 menunjukkan bahwa mangrove yang diteliti memiliki kemampuan sebagai akumulator.

Mangrove merupakan tumbuhan yang mampu menyerap logam berat melalui akar dan menyimpannya pada beberapa bagian tubuhnya. Penyerapan yang terjadi secara terus menerus mengakibatkan kadar Cu yang terkandung semakin meningkat. Pada penelitian ini nilai Cu tertinggi terdapat pada bagian daun mangrove, dimana daun mangrove membutuhkan Cu untuk membantu proses fotosintesis.

4.3.2 Perhitungan FTD (Fitoremediasi)

Fitoremediasi (FTD) merupakan selisih antara nilai BCF dan TF. Perhitungannya dilakukan dengan mengurangi nilai BCF dengan nilai TF. Hasil perhitungan FTD pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Data Hasil Perhitungan FTD di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo

Stasiun	FTD	
	Daun <i>Avicennia alba</i>	Akar <i>Avicennia alba</i>
1	-0.11	0.33
2	-3.63	-5.37
3	-0.38	-0.26
Rata-rata	-1.37	-1.76

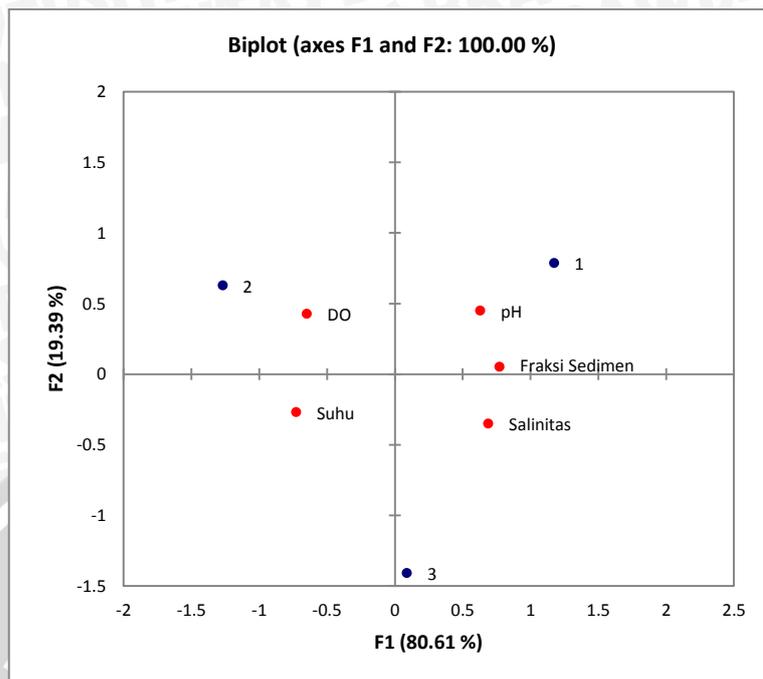
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa keseluruhan nilai FTD pada daun memiliki nilai negatif atau dibawah 0. Dari nilai tersebut didapat nilai rata – rata pada daun sebesar -1.37 dan rata – rata yang didapat pada FTD akar adalah sebesar -1.76. Menurut Yoon *et al.*, (2006), nilai FTD maksimal adalah nilai yang mendekati angka 1 dan nilai FTD akan maksimal bila nilai BCF lebih tinggi daripada nilai TF. Hasil perhitungan pada penelitian ini menunjukkan nilai yang tidak mendekati angka 1, sehingga dapat diketahui bahwa FTD kurang maksimal.

Nilai FTD yang kurang maksimal disebabkan karena nilai rata – rata BCF yang lebih rendah dari nilai TF. BCF merupakan nilai konsentrasi logam pada tumbuhan yang berasal dari lingkungan, sedangkan TF merupakan

perbandingan konsentrasi logam pada akar dan daun tumbuhan. Pada penelitian ini nilai BCF lebih rendah dibandingkan dengan nilai TF, hal ini dapat disebabkan karena penyerapan logam berat yang dilakukan oleh mangrove lebih rendah dibandingkan dengan transport logam berat dari akar ke daun mangrove. Mangrove merupakan tumbuhan yang membutuhkan logam berat Cu untuk membantu proses fotosintesis, sehingga mangrove cenderung melakukan transport Cu dari akar menuju daun. Hal ini juga terlihat pada perhitungan nilai TF yang menunjukkan hasil bahwa mangrove merupakan tumbuhan akumulator logam berat.

4.4 Analisis Data Parameter Fisika dan Kimia Terhadap Konsentrasi Logam Berat Cu

Analisis pada penelitian ini merupakan analisis PCA yang dilakukan dengan menggunakan XLSTAT 2015. Tujuan dari analisis PCA adalah untuk mengetahui dapat atau tidaknya suatu stasiun penelitian dalam mewakili ekosistem yang berbeda. Hasil analisis PCA, didapatkan biplot yang tersaji pada Gambar 12.



Gambar 12. Biplot Hasil Penelitian

Berdasarkan uji statistik PCA (*Principle Component Analysis*) memperlihatkan parameter lingkungan yang letaknya tersebar pada setiap stasiun. Hal ini menunjukkan bahwa stasiun penelitian memiliki karakteristik yang berbeda dan dapat mewakili ekosistem yang berbeda. Dari uji PCA juga didapat nilai factor loadings yang tersaji pada Gambar 13.

Factor loadings:		
	F1	F2
Suhu	-0.937	-0.350
pH	0.816	0.578
DO	-0.835	0.550
Salinitas	0.891	-0.454
Fraksi Sedimen	0.998	0.064

Gambar 13. Factor Loadings Penelitian

Factor loadings yang didapat menunjukkan hasil bahwa fraksi sedimen memiliki nilai tertinggi yang mempengaruhi kadar Cu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sedimen yang mendominasi di Perairan Wonorejo

merupakan lempung dengan ukuran kurang dari 1/256 mm. Dominasi sedimen sebanding dengan kadar logam berat yang tinggi. Hal ini membuktikan bahwa semakin halus sedimen, maka semakin cepat logam berat mengalami pengendapan. Parameter suhu juga mempengaruhi tingkat absorpsi logam berat oleh tumbuhan. Kenaikan suhu menyebabkan tingkat absorpsi meningkat. Hal ini terbukti pada penelitian yang telah dilakukan, dimana tingginya nilai suhu di stasiun 2 sebanding dengan tingginya kadar Cu pada daun mangrove di stasiun 2.

4.5 Analisis Regresi Antara Logam Berat Cu dengan Kerapatan Ekosistem *Avicennia alba*

Analisis regresi yang dilakukan pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antar variabel yang diteliti. Dari hasil analisis regresi didapat nilai Persamaan Linier dan R Square yang tersaji pada Tabel 12.

Tabel 12. Nilai Persamaan Linier dan R Square Analisis Regresi

Keterangan	TF dengan Kerapatan	Cu Air dengan Kerapatan	Cu Sedimen dengan Kerapatan	Cu Akar dengan Kerapatan	Cu Daun dengan Kerapatan
Persamaan Linier	$y = -0.021x + 0.388$	$y = 10.5x - 1.27$	$y = -0.016x + 0.972$	$y = 0.011x + 0.935$	$y = -0.001x + 0.393$
R ²	0.804	0.75	0.604	0.935	0.789

Nilai R² merupakan nilai yang menunjukkan keterkaitan antar variabel yang diuji. Semakin dekat nilai R² dengan angka 1 atau -1, maka hubungan antar variabel yang diuji semakin erat. Dari hasil analisis regresi yang dilakukan, R² pada variabel yang telah diuji menunjukkan nilai yang mendekati angka 1.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa adanya hubungan kandungan logam berat Cu dengan kerapatan mangrove.

Nilai R^2 tertinggi senilai 0.935 yang merupakan hubungan antara Cu akar dengan kerapatan. Adanya hubungan antara Cu akar dengan kerapatan terjadi karena akar merupakan bagian dari tumbuhan yang melakukan penyerapan logam berat secara langsung, baik yang berasal dari air maupun sedimen. Hasil penyerapan oleh akar kemudian di translokasikan ke bagian tumbuhan yang lain dan lokalisasi atau penimbunan logam pada jaringan tertentu (Hardiani, 2009 dalam Purwiyanto, 2013).

Dari 3 stasiun penelitian, didapat nilai kerapatan pohon mangrove sebanding dengan nilai Cu pada akar mangrove. Stasiun 1 memiliki nilai kerapatan 0.41 ind/m² dan kadar Cu pada akar senilai 26 ppm. Nilai kerapatan dan Cu pada akar mangrove di stasiun 1 merupakan nilai tertinggi, sedangkan stasiun 2 memiliki nilai kerapatan dan kadar Cu pada akar terendah.

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan pada penelitian ini, didapatkan kesimpulan bahwa:

1. Konsentrasi logam berat Cu pada air di perairan Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo memiliki nilai rata – rata 0,153 ppm dan nilai rata – rata Cu pada sedimen sebesar 37,33 ppm.
2. Nilai rata – rata TF *Avicennia albas* nilai 2.30, nilai tersebut lebih dari 1 menunjukkan bahwa mangrove dapat dikategorikan sebagai akumulator.
3. Kerapatan mangrove *Avicennia albas* nilai 0.41 (ind/m²) pada stasiun 1, 0.27 (ind/m²) pada stasiun 2 dan 0.34 (ind/m²) pada stasiun 3.
4. Uji regresi yang dilakukan menunjukkan hubungan erat antara Cu akar dengan kerapatan mangrove, yang ditunjukkan dengan nilai R² senilai 0.935.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan adalah:

1. Dilakukan penelitian lanjutan mengenai manfaat mangrove *Avicennia alba* dan adanya informasi kepada masyarakat, agar masyarakat dapat ikut menjaga kelestarian ekosistem mangrove.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, B. 2002. *Distribusi logam berat Pb, Cu dan Zn Pada Sedimen di Perairan Telaga Tujuh Karimun Kepulauan Riau*. Universitas Riau. Jurnal Natur Indonesia.
- Amriani, Boedi, H., Agus, H., 2011. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) Pada Kerang Darah (*Anadara Granosa* L.) dan Kerang Bakau (*Polymesoda Bengalensis* L.) di Perairan Teluk Kendari. Jurnal Ilmu Lingkungan Volume 9, Issue 2: 45-50. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Arifin, R. 2009. *Distribusi Spasial dan Temporal biomassa Fitoplankton (Klorofil-A) dan Keterkaitannya dengan Kesuburan Perairan Estuari Sungai Brantas, Jawa Timur*.
- Arisandy, K.R., E.Y. Herawati, E. Suprayitno. 2012. *Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Gambaran Histologi pada Jaringan Avicennia marina (forsk.) Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur*. FPIK-UB: Malang.
- Barutu, H.L., Bintal, A., Efriyeldi. 2014. *Konsentrasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn Pada Avicennia marina di Pesisir Kota Batam Provinsi Kepulauan Riau*. FPIK: Universitas Riau.
- Deri, Emiyarti, La, O.A.A. 2013. *Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pad Akar Mangrove Avicennia marina di Perairan Teluk Kendari*. Jurnal Mina Laut Indonesia Vol. 01, No.01. Kendari: FPIK Universitas Haluoleo.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Fitriyah, A.W., Yudhi, U., Irma, K.K. 2013. *Analisis Kandungan Tembaga (Cu) Dalam Air Dan Sedimen Di Sungai Surabaya*. FMIPA: Universitas Negeri Malang.
- Hamzah, F., Agus, S. 2010. *Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara*. FPIK-IPB: Bogor.
- Hastuti, E.D. 2014. *Variasi Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Kawasan Ekosistem Mangrove dan Korelasinya Dengan Kerapatan Mangrove di Wilayah Pesisir Semarang dan Demak*. Buletin Anatomi dan Fisiologi Volume XXII, Nomor 2. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Hastuti, E.D., Sutrisno, A., Rudhi, P., 2013. *Pengaruh Jenis dan Kerapatan Vegetasi Mangrove terhadap Kandungan Cd dan Cr Sedimen di Wilayah Pesisir Semarang dan Demak*. Fakultas Sains dan Matematika. UNDIP. Semarang.
- Heriyanto, N.M. dan Endro. S. 2011. *Penyerapan Polutan Logam Berat (Hg, Pb Dan Cu) Oleh Jenis-Jenis Mangrove*. Pusat Litbang Konservasi dan Rehabilitasi. Bogor.

- Hidayati, N. 2005. *Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator*. LIPI: Bogor.
- Juhaeti, T., Fauzia S., Nuril H. 2004. *Inventarisasi Tumbuhan Potensial Untuk Fitoremediasi Lahan dan Air Terdegradasi Penambangan Emas*. LIPI: Bogor.
- Jumiarti, Arief, P., Dony, A., 2014. *Pola Sebaran Salinitas dan Suhu di Perairan Teluk Riau Kota Tanjungpinang Provinsi Kepulauan Riau*. FIKP UMRAH. Riau.
- Lestari dan Fitri. B. 2013. *Konsentrasi Hg, Cd, Cu, Pb, dan Zn Dalam Sedimen Di Perairan Gresik*. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis Vol.5, No.1. Jakarta: Pusat Penelitian Oseanografi LIPI.
- MacFarlane, G.R., Koller, E.C., and Blomberg, S.P., 2007. *Accumulation and Partitioning of Heavy Metals in Mangrove: A Synthesis of Field-based Studies*. Chemosphere, pp.1454-1464.
- Maslukah, L. 2006. *Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn, dan Pola Sebarannya di Muara Banjir Kanal Barat, Semarang*. Tesis. IPB: Bogor.
- Maslukah, L. 2013. *Hubungan antara Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dengan Bahan Organik dan Ukuran Butir dalam Sedimen di Estuari Banjir Kanal Barat, Semarang*. Buletin Oseanografi Marina Vol.2. Jurusan Ilmu Kelautan FPIK-UNDIP: Semarang.
- Noor, Y.R., M. Khazali., I.N.N. Suryadiputra., 2006. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. PHKAWI-IP, Bogor.
- Nurwahidah. 2014. *Faktor Bioakumulasi Logam Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu) Pada Karang Lunak Nephthea Sp. Dan Sinularia Polydactyla Di Perairan Pulau Samalona, Pulau Barranglompo Dan Pulau Bonebatang, Kota Makassar*. Skripsi. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Nybakken, James.W. 1988. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*. PT Gramedia. Jakarta.
- Panjaitan, G.Y. 2009. *Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) Pada Pohon Avicennia marina di Hutan Mangrove*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Plantamor, 2012. Api-api putih. <http://www.plantamor.com>. diakses tanggal 2 juli 2015 pukul 16.22 wib
- Purwiyanto, A. I. S., 2013. *Daya Serap Akar Dan Daun Mangrove Terhadap Logam Berat (Cu) Di Tanjung Api-Api, Sumatera Selatan*. FMIPA. Universitas Sriwijaya
- Rompas, R.M. 2010. *Toksikologi Kelautan*. PT. Walaw Bengkulen. Jakarta.
- Simanjuntak, M. 2007. *Oksigen Terlarut dan Apparent Oxygen Utilization di Perairan Teluk Klabat, Pulau Bangka*. LIPI: Jakarta.

Soesanto, O. 2010. *Principal Component Analysis Untuk Mereduksi Dimensi Input Jaringan Syaraf Radial Basis Probabilistik*. Universitas Lambung Mangkurat. Kalimantan Selatan.

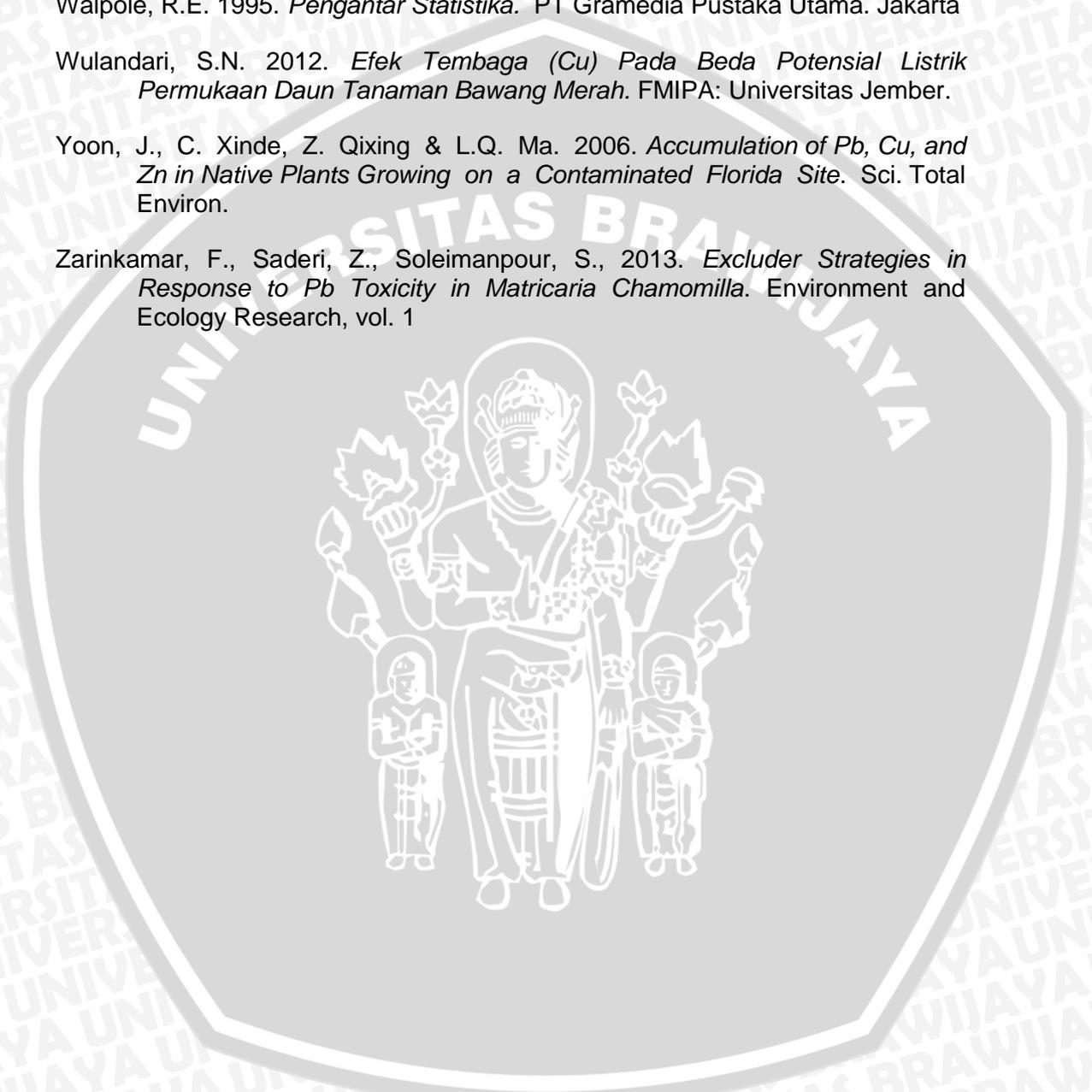
Susiana. 2011. *Diversitas dan Kerapatan Mangrove, Gastropoda dan Bivalvia di Estuari Perancak, Bali*. Universitas Hasanuddin. Makassar.

Walpole, R.E. 1995. *Pengantar Statistika*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

Wulandari, S.N. 2012. *Efek Tembaga (Cu) Pada Beda Potensial Listrik Permukaan Daun Tanaman Bawang Merah*. FMIPA: Universitas Jember.

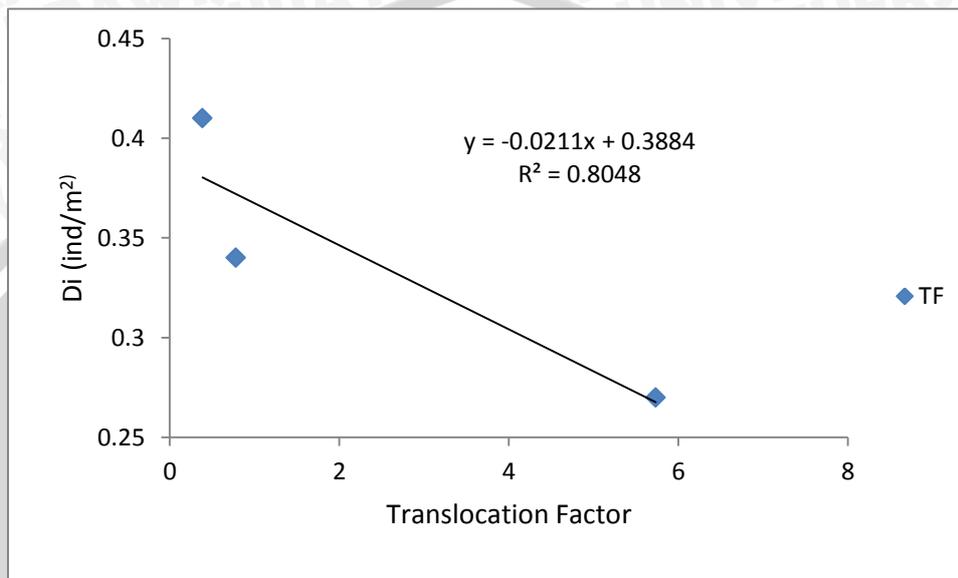
Yoon, J., C. Xinde, Z. Qixing & L.Q. Ma. 2006. *Accumulation of Pb, Cu, and Zn in Native Plants Growing on a Contaminated Florida Site*. Sci. Total Environ.

Zarinkamar, F., Saderi, Z., Soleimanpour, S., 2013. *Excluder Strategies in Response to Pb Toxicity in Matricaria Chamomilla*. Environment and Ecology Research, vol. 1



LAMPIRAN

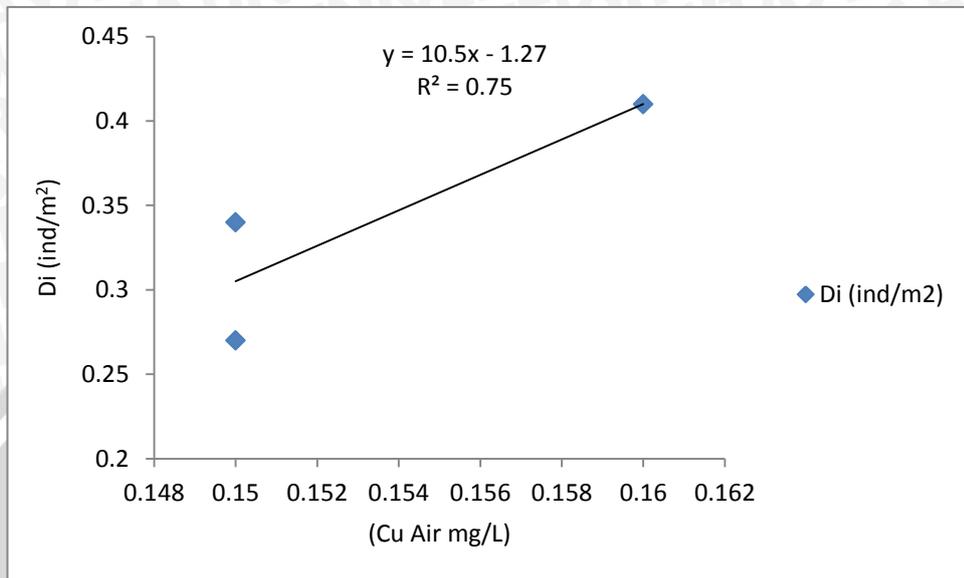
Lampiran 1. Grafik Regresi dan Summary Output Regresi Linier Kerapatan dengan Translocation Factor



SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.375245224							
R Square	0.140808978							
Adjusted R Square	-0.718382044							
Standard Error	0.096625786							
Observations	3							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	0.001530124	0.00153	0.163886	0.755117			
Residual	1	0.009336542	0.009337					
Total	2	0.010866667						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	0.347993877	0.076730652	4.535265	0.13816	-0.626961493	1.322949246	-0.6269615	1.322949246
TF	-0.009278447	0.022919491	-0.40483	0.755117	-0.300498189	0.281941296	-0.3004982	0.281941296

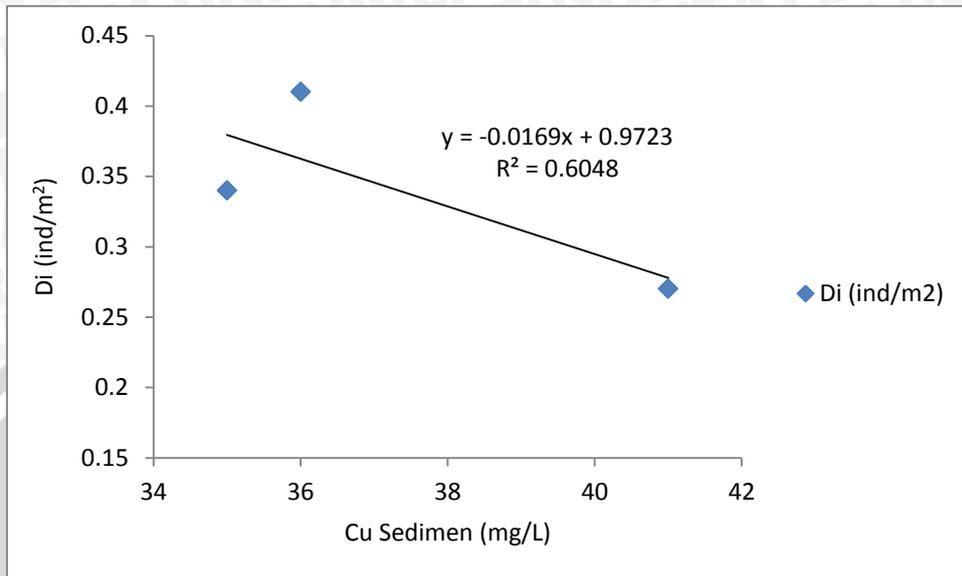


Lampiran 2. Grafik Regresi dan Summary Output Regresi Linier Kerapatan dengan Cu Air



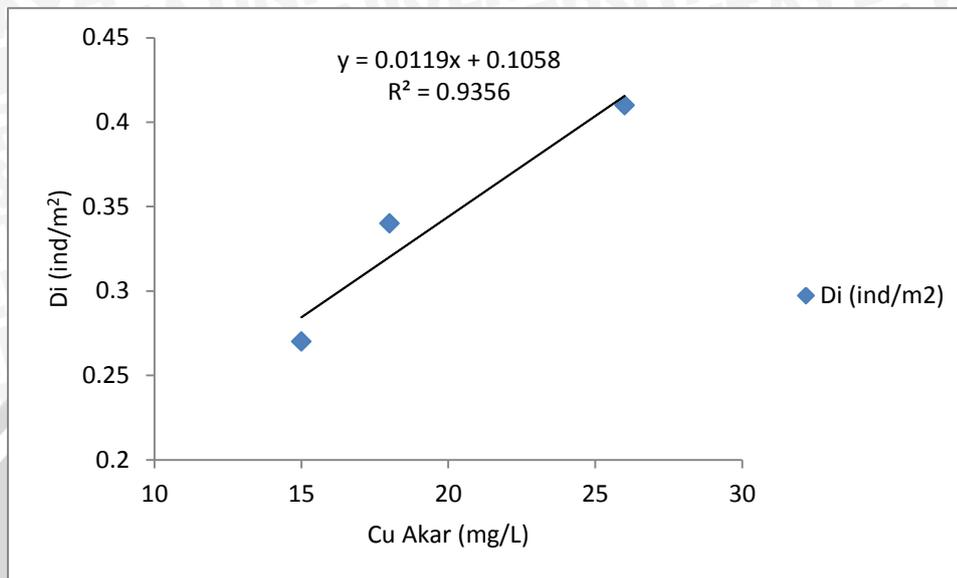
SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.979075562							
R Square	0.958588957							
Adjusted R Square	0.917177914							
Standard Error	0.021213203							
Observations	3							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	0.010416667	0.010417	23.14815	0.130461455			
Residual	1	0.00045	0.00045					
Total	2	0.010866667						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	-1.59	0.398559908	-3.98936	0.156358	-6.654183786	3.47418379	-6.654183786	3.474183786
Cu air (mg/L)	12.5	2.598076211	4.811252	0.130461	-20.51168826	45.5116883	-20.51168826	45.51168826

Lampiran 3. Grafik Regresi dan Summary Output Regresi Linier Kerapatan dengan Cu Sedimen



SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.161779389							
R Square	0.026172571							
Adjusted R Square	-0.947654858							
Standard Error	0.102870103							
Observations	3							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	0.000284409	0.000284	0.026876	0.896553406			
Residual	1	0.010582258	0.010582					
Total	2	0.010866667						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	0.46516129	0.84687898	0.549265	0.680239	-10.29545641	11.22577899	-10.29545641	11.22577899
Cu sedimen (mg/L)	-0.003709677	0.022628406	-0.16394	0.896553	-0.291230833	0.283811478	-0.291230833	0.283811478

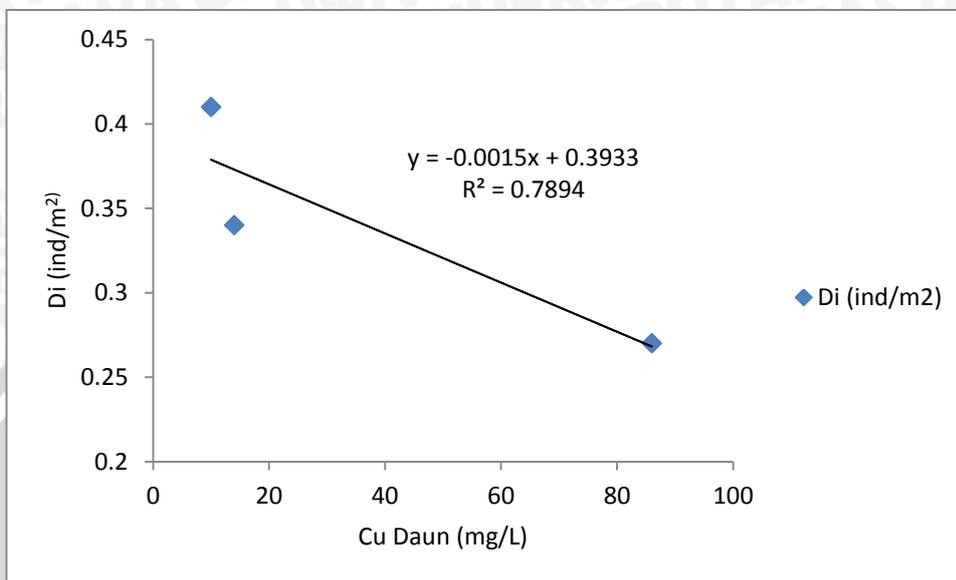
Lampiran 4. Grafik Regresi dan Summary Output Regresi Linier Kerapatan dengan Cu Akar



SUMMARY OUTPUT								
Regression Statistics								
Multiple R	0.890714153							
R Square	0.793371703							
Adjusted R Square	0.586743406							
Standard Error	0.047385238							
Observations	3							
ANOVA								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	0.008621306	0.008621	3.839608	0.300409725			
Residual	1	0.002245361	0.002245					
Total	2	0.010866667						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	0.099587629	0.119072165	0.836364	0.556579	-1.413367677	1.612542935	-1.413367677	1.612542935
Cu akar (mg/L)	0.011546392	0.005892544	1.959492	0.30041	-0.063325479	0.086418262	-0.063325479	0.086418262

Lampiran 5. Grafik Regresi dan Summary Output Regresi Linier

Kerapatan dengan Cu Daun



SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.357368152							
R Square	0.127711996							
Adjusted R Square	-0.744576007							
Standard Error	0.097359452							
Observations	3							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	0.001387804	0.001388	0.14641	0.767348301			
Residual	1	0.009478863	0.009479					
Total	2	0.010866667						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	0.349249271	0.081503397	4.285089	0.145954	-0.68634958	1.384848122	-0.68634958	1.384848122
Cu daun (mg/L)	-0.000615889	0.001609595	-0.38264	0.767348	-0.021067737	0.019835958	-0.02106774	0.019835958



Lampiran 6. Data Hasil Uji Statistik PCA (Principle Component Analysis)

XLSTAT 2015.5.01.22764 - Principal Component Analysis (PCA) - on 10/22/2015 at 9:42:38 AM

Observations/variables table: Workbook = PCA Parameter.xlsx / Sheet = Sheet1 / Range = Sheet1!\$B\$1:\$F\$4 / 3 rows and 5 columns

Observation labels: Workbook = PCA Parameter.xlsx / Sheet = Sheet1 / Range = Sheet1!\$A\$1:\$A\$4 / 3 rows and 1 column

PCA type: Pearson (n)

Type of biplot: Correlation biplot / Coefficient = n/p

Summary statistics:

Variable	Observations	Obs. with missing data	without missing	Minimum	Maximum	Mean	Std. deviation
Suhu	3	0	3	23.400	26.500	25.220	1.619
pH	3	0	3	8.390	8.700	8.497	0.176
DO	3	0	3	1.400	2.600	1.853	0.652
Salinitas	3	0	3	2.800	26.660	18.597	13.681
Fraksi Sedimen	3	0	3	0.979	0.981	0.980	0.001

Correlation matrix (Pearson (n)):

Variables	Suhu	pH	DO	Salinitas	Fraksi Sedimen
Suhu	1	-0.967	0.590	-0.676	-0.957
pH	-0.967	1	-0.364	0.465	0.851
DO	0.590	-0.364	1	-0.994	-0.798
Salinitas	-0.676	0.465	-0.994	1	0.860
Fraksi Sedimen	-0.957	0.851	-0.798	0.860	1

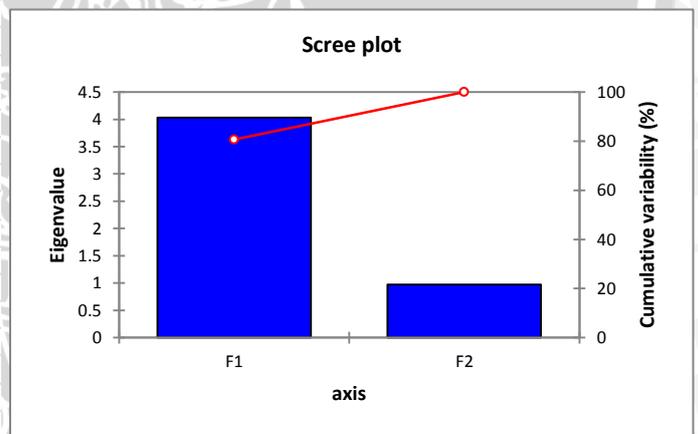
Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy:

Suhu	
pH	
DO	
Salinitas	
Fraksi Sedimen	
KMO	

Principal Component Analysis:

Eigenvalues:

	F1	F2
Eigenvalue	4.031	0.969
Variability (%)	80.614	19.386
Cumulative %	80.614	100.000



Eigenvectors:		
	F1	F2
Suhu	-0.467	-0.355
pH	0.406	0.587
DO	-0.416	0.559
Salinitas	0.444	-0.461
Fraksi Sedimen	0.497	0.065

Factor loadings:		
	F1	F2
Suhu	-0.937	-0.350
pH	0.816	0.578
DO	-0.835	0.550
Salinitas	0.891	-0.454
Fraksi Sedimen	0.998	0.064

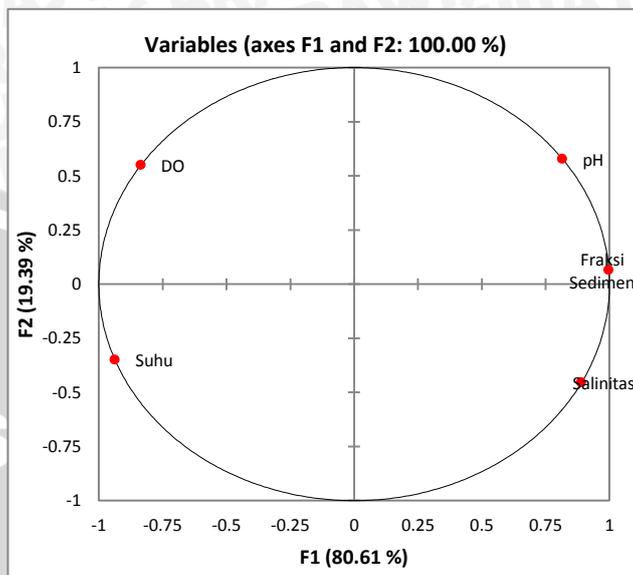
Correlations between variables and factors:		
	F1	F2
Suhu	-0.937	-0.350
pH	0.816	0.578
DO	-0.835	0.550
Salinitas	0.891	-0.454
Fraksi Sedimen	0.998	0.064

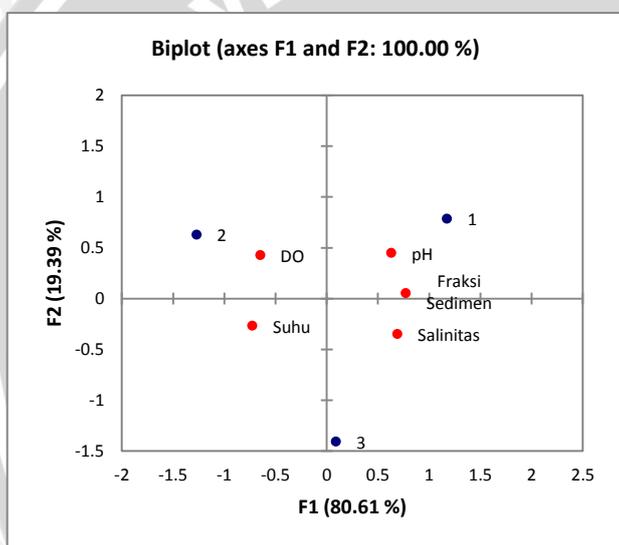
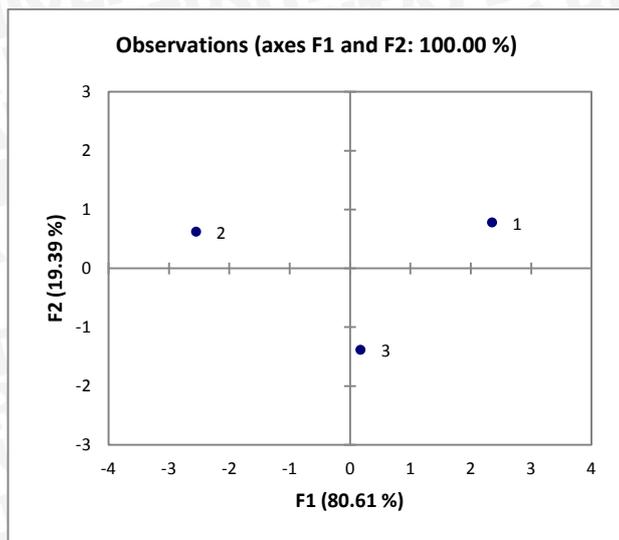
Contribution of the variables (%):		
	F1	F2
Suhu	21.772	12.632
pH	16.517	34.482
DO	17.307	31.197
Salinitas	19.697	21.261
Fraksi Sedimen	24.707	0.428

Squared cosines of the variables:		
	F1	F2
Suhu	0.878	0.122
pH	0.666	0.334
DO	0.698	0.302
Salinitas	0.794	0.206
Fraksi Sedimen	0.996	0.004

Values in bold correspond for each variable to the factor for which the squared cosine is the largest

Factor scores:		
Observation	F1	F2
1	2.362	0.772
2	-2.545	0.617
3	0.183	-1.389





Contribution of the observations (%):

	F1	F2
1	46.151	20.516
2	53.572	13.094
3	0.277	66.390

Squared cosines of the observations:

	F1	F2
1	0.903	0.097
2	0.944	0.056
3	0.017	0.983

Values in bold correspond for each observation to the factor for which the squared cosine is the largest



Lampiran 7. Perhitungan Kerapatan Mangrove

Luas Area					
Jumlah Transek		Luasan	Pohon	Belta	Semai
3			100	25	1
Transek	Jenis	Pohon (>10cm) ind/10m ²	Belta (2-10cm) ind/5m ²	Semai (<2cm) ind/1m ²	
1	<i>Avicennia alba</i>	41	4	3	
2	<i>Avicennia alba</i>	27	8	1	
3	<i>Avicennia alba</i>	34	5	1	
<i>Di</i> = Jumlah individu/Luasan area					
Kerapatan jenis (<i>Di</i>)					
Tingkat pohon					
		<i>Avicennia alba</i>	0.41		
		<i>Avicennia alba</i>	0.27		
		<i>Avicennia alba</i>	0.34		

Lampiran 8. Perhitungan nilai BCF, TF dan FTD

No	Parameter Cu	Satuan	Stasiun		
			1	2	3
1	Air	ppm	0.16	0.15	0.15
2	Sedimen	ppm	36	41	35
3	Daun AA	ppm	10	86	14
4	Akar AA	ppm	26	15	18
BCF Cu = Logam berat Cu tumbuhan / Logam berat Cu sedimen					
TF Cu = Logam berat Cu Daun/ Logam berat Cu akar					
FTD = BCF - TF					
Stasiun	Parameter BCF		TF	FTD	
	Daun AA	Akar AA		Daun AA	Akar AA
1	0.277777778	0.722222	0.384615	-0.10684	0.337607
2	2.097560976	0.365854	5.733333	-3.63577	-5.36748
3	0.4	0.514286	0.777778	-0.37778	-0.26349
Rata-rata	0.925112918	0.534121	2.298575	-1.37346	-1.76445

Lampiran 9. Baku Mutu Kualitas Perairan

- a. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004
Tentang Baku Mutu Air Laut Lampiran II

Lampiran II : Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup

Nomor : 51 Tahun 2004

Tanggal : 8 April 2004

BAKU MUTU AIR LAUT UNTUK WISATA BAHARI

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu
FISIKA			
1.	Warna	Pt. Co	30
2.	Bau		Tidak berbau
3.	Kecerahan ^a	m	>6
4.	Kekeruhan ^a	ntu	5
5.	Padatan tersuspensi total ^b	mg/l	20
6.	Suhu ^c	°C	alami ^{3(c)}
7.	Sampah	-	nihil ¹⁽⁴⁾
8.	Lapisan minyak ⁵	-	nihil ¹⁽⁵⁾
KIMIA			
1.	pH ^d	-	7 - 8,5 ^(d)
2.	Salinitas ^e	‰	alami ^{3(e)}
3.	Oksigen Terlarut (DO)	mg/l	>5
4.	BOD5	mg/l	10
5.	Amoniak bebas (NH ₃ -N)	mg/l	nihil ¹
6.	Fosfat (PO ₄ -P)	mg/l	0,015
7.	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	0,008
8.	Sulfida (H ₂ S)	mg/l	nihil ¹
9.	Senyawa Fenol	mg/l	nihil ¹
10.	PAH (Poliaromatik hidrokarbon)	mg/l	0,003
11.	PCB (poliklor bifenil)	µg/l	nihil ¹
9.	Surfaktan (detergen)	mg/l MBAS	0,001
10.	Minyak & lemak	mg/l	1
11.	Pestisida ^f	µg/l	nihil ^{1(f)}
Logam terlarut:			
12.	Raksa (Hg)	mg/l	0,002
13.	Kromium heksavalen (Cr(VI))	mg/l	0,002
14.	Arsen (As)	mg/l	0,025
15.	Cadmium (Cd)	mg/l	0,002
16.	Tembaga (Cu)	mg/l	0,050
17.	Timbal (Pb)	mg/l	0,005
18.	Seng (Zn)	mg/l	0,095
19.	Nikel (Ni)	mg/l	0,075

No.	Parameter	Satuan	Baku mutu
20.	Kadmium (Cd)	mg/l	0,001
21.	Tembaga (Cu)	mg/l	0,008
22.	Timbal (Pb)	mg/l	0,008
23.	Seng (Zn)	mg/l	0,05
24.	Nikel (Ni)	mg/l	0,05
BIOLOGI			
1.	Coliform (total) ⁹	MPN/100 ml	1000 ⁽⁹⁾
2.	Patogen	sel/100 ml	nihil ¹
3.	Plankton	sel/100 ml	tidak bloom ⁶
RADIO NUKLIDA			
1.	Komposisi yang tidak diketahui	Bq/l	4



- b. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004
Tentang Baku Mutu Air Laut Lampiran III.

Lampiran III: Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup

Nomor : 51 Tahun 2004

Tanggal : 8 April 2004

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⁽⁴⁾
6.	Suhu ^c	°C	alami ^{3(c)} coral: 28-30 ^(c) mangrove: 28-32 ^(c) lamun: 28-30 ^(c)
7.	Lapisan minyak ⁵	-	nihil ¹⁽⁵⁾
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 10. Hasil Uji Laboratorium Kualitas Lingkungan



**LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA
TELEPON (031)5948886 FAX. (031)5938387

DATA ANALISA CUPLIKAN

Pengirim : Sdri. Isnaini
Dikirim Tanggal : 19 Juni 2015
Sample : Air

Kode Sampel	Tembaga (ppm Cu)
A1	0,160
A2	0,150
A3	0,150
Metoda Analisis	AAS

Sample : Padatan

Kode Sampel	Tembaga (ppm Cu)
Daun1	10,00
Daun2	86,00
Daun3	14,00
Akar1	26,00
Akar2	15,00
Akar3	18,00
Lumpur1	36,00
Lumpur2	41,00
Lumpur3	35,00
Metoda Analisis	AAS

Surabaya, 02 Juli 2015
Laboratorium Kualitas Lingkungan
Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS

Catatan :
- Laporan ini dibuat untuk cuplikan yang diterima laboratorium kami

Lampiran 11. Klasifikasi Sedimen

Nama	Ukuran butir (mm)
Boulder (bongkah)	Lebih besar dari 256
Cobble (berangkal)	64 – 256
Pebble (kerakal)	4 – 64
Granule (kerikil)	2 – 4
Sand (pasir)	1/16 – 2
Silt (lanau)	1/256 – 1/16
Clay (lempung)	Lebih kecil dari 1/256

Lampiran 12. Dokumentasi Penelitian

No.	Foto	Keterangan
1.		Pemasangan transek penelitian
2.		Pengukuran diameter pohon mangrove
3.		Pengukuran nilai salinitas menggunakan salinometer
4.		Pemberian larutan NHO_3 pada sampel air

5.			Pengambilan sampel sedimen
6.			Pemanasan sampel sedimen menggunakan hotplate
7.			Pengukuran suhu sedimen pada picnometer

