

**SEBARAN KONSENTRASI LOGAM BERAT Cu (TEMBAGA) DAN Cd  
(KADMIUM) PADA AIR DAN SEDIMEN DI PERAIRAN PELABUHAN  
PASURUAN, JAWA TIMUR**

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

Oleh:

**SITI AMINAH**

**NIM. 125080601111008**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2016**

**SEBARAN KONSENTRASI LOGAM BERAT Cu (TEMBAGA) DAN Cd  
(KADMIUM) PADA AIR DAN SEDIMEN DI PERAIRAN PELABUHAN  
PASURUAN, JAWA TIMUR**

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

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

**Oleh:  
SITI AMINAH  
NIM. 125080601111008**



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

PERNYATAAN AKHIR  
SKRIPSI

SEBARAN KONSENTRASI LOGAM BERAT Cu (TEMBAGA) DAN Cd  
(KADMIUM) PADA SEDIMEN DAN AIR DI PERAIRAN PELABUHAN  
PASURUAN, JAWA TIMUR

NIM : 125080601111008

Oleh:  
SITI AMINAH

NIM. 125080601111008

Telah dipertahankan di depan Penguji  
Pada Tanggal 22 Juni 2016  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Penguji I

(Ir. Aida Sartimbul, M.Sc, Ph.D)  
NIP. 19680901 199403 2 001  
Tanggal : 14 JUL 2016

Dosen Penguji II

(Andik Isdianto, ST., MT)  
NIK. 2013098209281001  
Tanggal : 14 JUL 2016

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

(Defri Yona, S.Pi., M.Sc. Stud., D.Sc.)  
NIP. 19781229 200312 2 002  
Tanggal : 14 JUL 2016

Dosen Pembimbing II

(Rarasrum Dyah K, S.Kel., M.Si., M.Sc.)  
NIK. 2013048609152001  
Tanggal : 14 JUL 2016



Mengetahui,  
Ketua Jurusan PSPK

(Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP)  
NIP. 19630608 198703 1 003  
Tanggal : 14 JUL 2016



## PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

**Nama : Siti Aminah**

**NIM : 125080601111008**

**Prodi : Ilmu Kelautan**

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

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan laporan Skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 22 Juni 2016

Hormat saya,

Siti Aminah

Nim. 125080601111008

## UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT dengan terselesaikannya laporan Skripsi ini, penulis menyampaikan ungkapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat dan karunianya sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Ibu dan kakak saya tercinta yang berada di surga.
3. Ayah, ibu dan keluarga besar yang selalu memberikan do'a, restu serta motivasi sehingga skripsi ini terlaksana dengan baik.
4. Pihak DIKTI (Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Indonesia) yang selama 4 tahun penuh memberikan Beasiswa sehingga mengurangi biaya dalam memenuhi kebutuhan penulisan skripsi ini.
5. Ibu Defri Yona, S.Pi., M.Sc. Stud., D.Sc , selaku dosen Pembimbing I dan Ibu Rarasrum Dyah K, S.Kel, Msi, Msc, selaku dosen Pembimbing II Skripsi, yang dengan kesediaan, keikhlasan, dan kesabaran meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis mulai dari penyusunan proposal, penelitian, pengolahan data hingga pada penulisan skripsi ini. Semoga jerih payah beliau di balas dengan amal jahiriyah yang tak putus-putusnya oleh Allah SWT
6. Ibu Ir. Aida Sartimbul, M.Sc, Ph.D sebagai dosen Penguji I dan Bapak Andik Isdianto, ST., MT sebagai dosen Penguji II yang telah Memberikan Pengarahan dalam laporan ini.
7. Seluruh Dosen Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya atas ilmu pengetahuan yang diberikan selama masa perkuliahan.

8. Sahabat seperjuangan saya disaat duka maupun sedih Riska, Riski, Endri, Adam, kak Dias, Kak Liugi, kak Fahmi yang telah membantu dalam proses penelitian saya.
9. Sahabat D’Kost 263A Rina, Prety dan dek Hana, kawan-kawan lainnya yang belum disebutkan, yang saling memberikan masukan dan motivasi hingga terselesaikannya laporan ini.
10. Sahabat saya Maya, Prita, Selvi, Desi, Devi, Dista, Ruth, Anggo, Dewi Q, Ade, Ines, Yuli, Fida, Rully dan Novita yang telah memberikan motivasinya.
11. Seluruh sahabat POSEIDON ILMU KELAUTAN 2012
12. Sahabatku Umayya di UNDIP terimakasih atas bantuan dan motivasinya. Semoga di tahun ini kita bisa lulus bareng ya.

Terimakasih penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang telah memberikan bantuan dan mau direpotkan oleh penulis, sehingga skripsi ini dapat dijalani penuh dengan baik dan lancar. Semoga Allah melimpahkan rizki berkah dan rahmat-Nya bagi kita semua dan menjadi amal ibadah. Amin.

Malang, 22 Juni 2016

Siti Aminah

## RINGKASAN

**SITI AMINAH.** Sebaran Konsentrasi Logam Berat Cu (Tembaga) dan Cd (Kadmium) Pada Air dan Sedimen di Perairan Pelabuhan Pasuruan, Jawa Timur (di bawah bimbingan **Defri Yona** dan **Rarasrum Dyah Kasitowati**).

---

Perairan Pelabuhan Pasuruan mendapatkan masukan limbah sampah yang berasal dari berbagai aktivitas manusia di sekitar sungai. Salah satu limbah pencemaran yang berpotensi dapat menurunkan daya dukung lingkungan adalah logam berat seperti Cu dan Cd. Logam berat Cu berasal dari aktivitas industri, sedangkan Cd berasal dari limbah kapal seperti penggunaan *cat antifouling*, endapan sampah plastik dan dari sisa-sisa pembakaran bahan bakar yang terlepas ke atmosfer. Akibat aktivitas tersebut terjadi pencemaran logam berat Cu dan Cd yang terbawa melalui aliran air sungai dan akan mengendap dalam sedimen.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran konsentrasi logam berat Cu dan Cd pada air dan sedimen di perairan Pelabuhan Pasuruan. Sampel air dan sedimen diambil dari 4 stasiun dengan tiga kali pengulangan. Metode analisis yang digunakan adalah analisi cluster untuk mengetahui pengelompokan stasiun penelitian berdasarkan kesamaan karakteristik sebaran logam berat Cu dan Cd pada air dan sedimen yang dipengaruhi parameter fisika kimia perairan.

Nilai dari parameter fisika kimia perairan yaitu suhu berkisar antara 27,3 °C-32,9 °C, pH berkisar antara 5,28-7,74 dan salinitas berkisar antara 1-25 ‰ dan DO berkisar antara 4,5-5,8 mg/l. Konsentrasi Cu pada air berkisar antara 0,0156 - 0,102 ppm dan Cu pada sedimen berkisar antara 0,0901 - 0,3942 ppm. Sedangkan konsentrasi Cd pada air berkisar antara 0,0271 ppm - 0,0675 ppm dan Cd pada sedimen berkisar antara 0,0343 - 0,1002 ppm. Distribusi Cu dan Cd tertinggi terdapat di sedimen daripada di air. Hal ini dipengaruhi oleh proses akumulasi pada sedimen yang berlangsung terus-menerus sehingga menyebabkan terjadinya pengendapan. Hasil dari analisis clustering dendogram dari parameter lingkungan dan logam berat ini diperoleh 2 cluster. Cluster 1 terdiri dari stasiun 1, 3 dan 4 yang dipengaruhi oleh suhu, pH dan salinitas. Sebab faktor-faktor tersebut dapat berpengaruh terhadap konsentrasi logam berat dalam air yang umumnya dapat menurunkan konsentrasi logam berat dalam air, karena sebagian logam tersebut tersedimentasikan. Cluster 2 terdiri dari stasiun 2 karena memiliki nilai parameter lingkungan yang berbeda dengan stasiun lainnya. Jadi dapat disimpulkan bahwa sebaran konsentrasi logam berat Cu dan Cd pada air dan sedimen di Perairan Pelabuhan Pasuruan sangat bervariasi. Hal ini disebabkan oleh fluktuasi sifat logam berat di kolom air yang bersifat sementara dan cenderung mengendap di dalam sedimen yang dipengaruhi oleh parameter lingkungan.

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat, karunia dan Hidayah-Nya, penulis dapat menyajikan Laporan Skripsi yang berjudul “**Sebaran Konsentrasi Logam Berat Cu (Tembaga) Dan Cd (Kadmium) Pada Air dan Sedimen di Perairan Pelabuhan Pasuruan, Jawa Timur**”.

Demikian laporan skripsi ini disusun, penulis berharap semoga dapat menjadi salah satu sumber pengetahuan. Penulis menyadari bahwa dengan kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis dalam penyusunan laporan ini. Demi kesempurnaan tulisan ini, penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat supaya laporan skripsi ini dapat menjadi baik dan benar serta dapat dimanfaatkan bagi yang membutuhkan.

Malang, 22 Juni 2016

Siti Aminah

NIM. 125080601111008

DAFTAR ISI

	HALAMAN
<b>UCAPAN TERIMA KASIH .....</b>	<b>ii</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>x</b>
<b>1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Logam Berat.....	6
2.2 Logam Berat Cu (Tembaga).....	9
2.3 Logam Berat Cd (Kadmium).....	10
2.4 Penelitian Terdahulu .....	11
<b>3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>13</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	13
3.2 Materi Penelitian .....	15
3.3 Alat dan Bahan.....	16
3.4 Metode Pengambilan Sampel.....	18
3.4.1 Parameter Fisika dan Kimia Perairan .....	18
3.4.2 Sampel Logam Berat di Air.....	19
3.4.3 Sampel Logam Berat di Sedimen .....	19
3.5 Tahap Penelitian .....	20
3.6 Analisa Data.....	21
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>22</b>
4.1 Parameter Fisika Kimia Perairan Pelabuhan Pasuruan .....	22
4.2 Analisis Logam Berat .....	27
4.2.1 Logam Berat Cu (Tembaga) pada Air dan Sedimen .....	27
4.2.2 Logam Berat Cd (Kadmium) pada Air dan Sedimen .....	31
4.3 Hubungan Konsentrasi Logam Berat dengan Parameter Lingkungan Berdasarkan Uji Pengelompokan ( <i>Clustering Analysis</i> ) .....	33

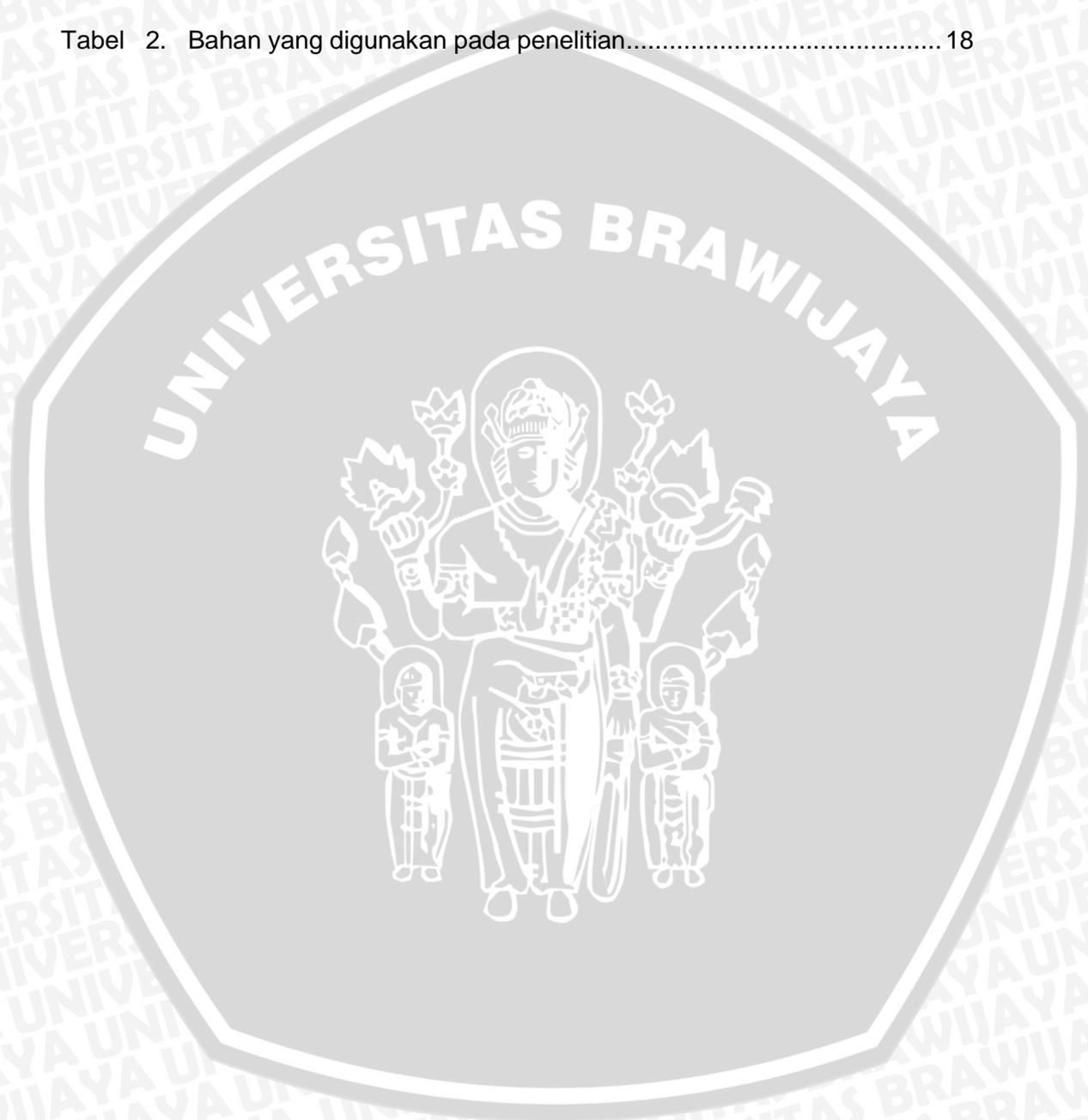


<b>5. PENUTUP</b> .....	<b>39</b>
5.1 Kesimpulan .....	39
5.2 Saran .....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>41</b>



## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Alat yang digunakan pada penelitian.....	16
Tabel 2. Bahan yang digunakan pada penelitian.....	18

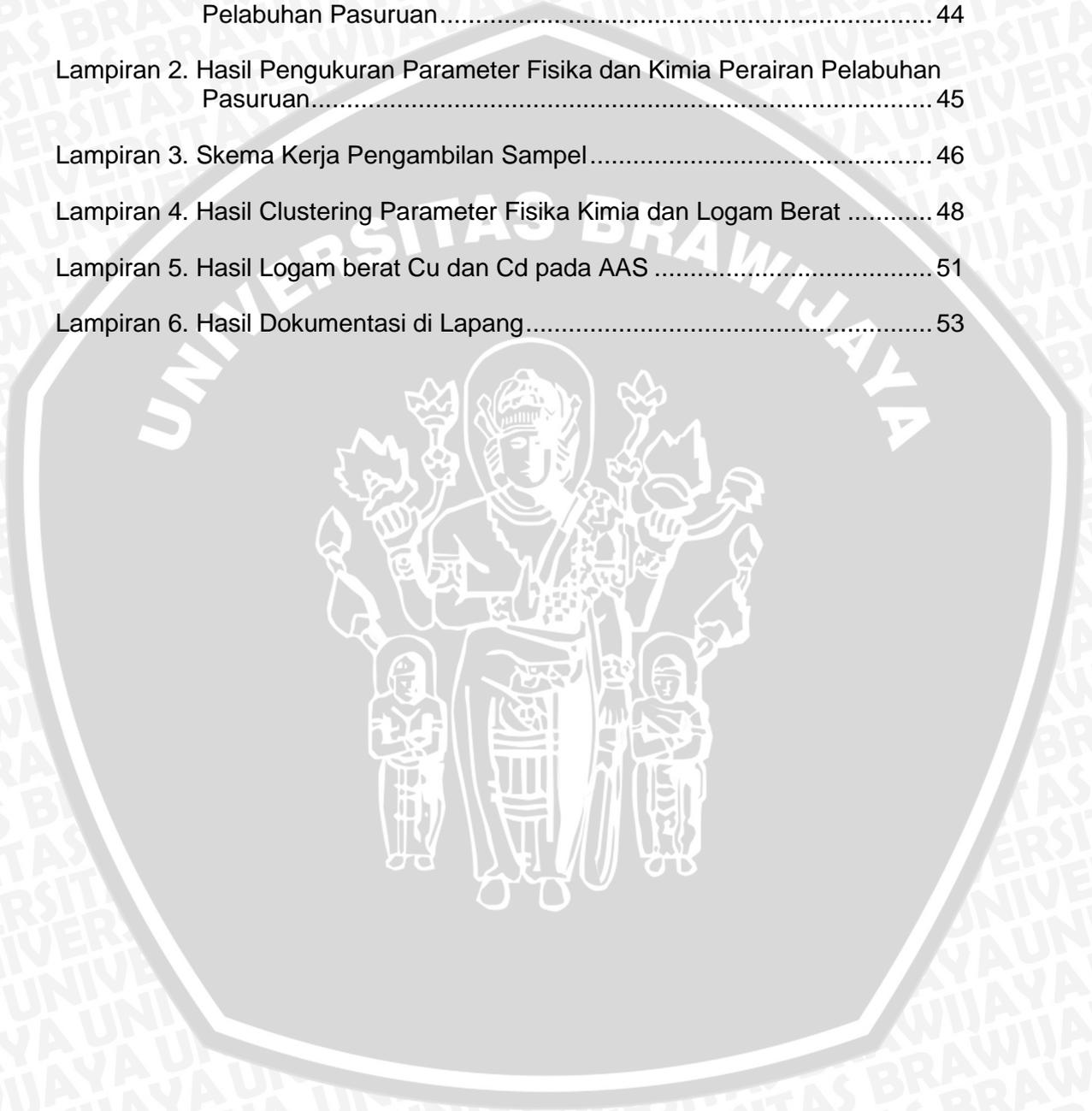


## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1. Lokasi Penelitian di Pelabuhan Pasuruan .....	13
Gambar 2. Alur Penelitian.....	20
Gambar 3. Pengukuran suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) di Perairan Pelabuhan Pasuruan.....	23
Gambar 4. Pengukuran pH di perairan Pelabuhan Pasuruan.....	24
Gambar 5. Pengukuran salinitas ( $\%$ ) di Perairan Pelabuhan Pasuruan .....	25
Gambar 6. Pengukuran DO (mg/l) di Perairan Pelabuhan Pasuruan .....	26
Gambar 7. Konsentrasi logam berat Cu di Perairan Pelabuhan Pasuruan.....	28
Gambar 8. Konsentrasi logam berat Cd di Perairan Pelabuhan Pasuruan.....	30
Gambar 9. Hasil Clustering Parameter Fisika Kimia di Perairan Pelabuhan Pasuruan.....	33
Gambar 10. Hasil Clustering Logam Berat Cu dan Cd di Perairan Pelabuhan Pasuruan.....	34
Gambar 11. Hasil Clustering Parameter Fisika Kimia dengan Logam Berat di Perairan Pelabuhan Pasuruan berdasarkan 4 stasiun.....	35

DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1. Hasil Pengukuran kualitas air dan logam berat di Perairan Pelabuhan Pasuruan.....	44
Lampiran 2. Hasil Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia Perairan Pelabuhan Pasuruan.....	45
Lampiran 3. Skema Kerja Pengambilan Sampel.....	46
Lampiran 4. Hasil Clustering Parameter Fisika Kimia dan Logam Berat .....	48
Lampiran 5. Hasil Logam berat Cu dan Cd pada AAS .....	51
Lampiran 6. Hasil Dokumentasi di Lapang.....	53



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kemajuan industri di daerah Pasuruan dan sekitarnya telah mengalami perkembangan yang cukup pesat. Peningkatan jumlah industri ini akan selalu diikuti oleh pertambahan jumlah limbah yang akan menyebabkan pencemaran, baik berupa limbah padat, cair maupun gas. Limbah tersebut mengandung bahan kimia yang berbahaya dan beracun yang masuk melalui aliran sungai yang akan bermuara ke perairan pelabuhan. Logam berat merupakan salah satu sumber pencemar yang dapat masuk ke dalam perairan laut. Selain mencemari air, logam berat yang mengendap di dasar perairan khususnya di dalam sedimen mempunyai waktu tinggal (*residence time*) sampai ribuan tahun dan akan terkonsentrasi ke dalam tubuh makhluk hidup (Qin et al., 2004).

Logam berat yang terdapat di perairan memiliki efek yang sangat berbahaya. Faktor yang menyebabkan logam berat tersebut dikelompokkan ke dalam sifat toksik di perairan ialah logam berat tidak dapat terurai melalui proses biodegradasi pencemar organik dan dapat terakumulasi dalam lingkungan terutama sedimen sungai dan laut serta organisme seperti ikan dan kerang (Priyanto et al., 2008).

Sedimen dianggap sebagai faktor penting dalam menyerap logam berat dalam siklus hidrologi. Logam berat yang masuk di perairan akan diencerkan dan disebarkan melalui proses adukan turbulensi dan arus. Melalui proses fisika kimia logam berat di adsorpsi oleh sedimen seperti tanah liat dan pasir halus lainnya secara terus menerus sehingga terjadi pengendapan di dalam sedimen yang sering disebut dengan sedimentasi. Proses sedimentasi akan berdampak pada ekosistem dan kesetimbangan ekologis organisme perairan. Selain itu, organisme benthik dapat menyerap logam berat langsung dari sedimen, yang

pada akhirnya dapat meningkatkan potensi logam berat masuk ke dalam rantai makanan (Huu Hieu et al., 2002).

Logam berat yang sudah masuk dalam rantai makanan akan terserap ke dalam tubuh organisme dan tidak dapat dihancurkan, sehingga bersifat toksik dan mengganggu kehidupan mikroorganisme. Terkait dengan efek logam berat Rumahlatu (2012) menyatakan bahwa jenis-jenis logam seperti besi (Fe), Copper (Cu), Kadmium (Cd), Merkuri (Hg), Nikel (Ni) memiliki kemampuan untuk merusak DNA, peroksida lipid, inaktivasi protein dan efek lainnya. Menurut Agustina (2010) logam berat pada manusia dapat menimbulkan efek kesehatan tergantung pada bagian mana logam berat tersebut terikat di dalam tubuh. Daya racun yang dimiliki akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim, sehingga proses metabolisme tubuh terputus. Logam berat dapat juga sebagai penyebab alergi, karsinogen bagi manusia dan dalam konsentrasi yang tinggi akan menyebabkan kematian. Salah satu jenis logam berat yang memasuki perairan dan bersifat toksik adalah logam berat Cu dan Cd.

Logam berat Cu sebagian besar berasal dari buangan limbah industri, buangan limbah rumah tangga serta limbah yang berasal dari kegiatan pelabuhan. Cu (tembaga) merupakan logam esensial, akan tetapi apabila berlebihan akan berdampak terhadap kesehatan manusia (Setiawan, 2015). Sedangkan kadmium Cd merupakan logam berat yang sangat berbahaya karena tidak dapat dihancurkan (*non degradable*) oleh organisme hidup dan dapat terakumulasi ke lingkungan. Menurut Gbaruko and Friday. (2007), menjelaskan bahwa logam berat Cd secara alami merupakan komponen yang terdapat pada lapisan bumi dan dapat memasuki perairan melalui rangkaian proses geokimia dan aktivitas manusia (antropogenik).

Salah satu kasus pencemaran lingkungan karena logam berat yang terkenal adalah saat terjadi pencemaran di Teluk Minamata, Jepang, dimana

pabrik kosmetik dan senjata api di sana mengeluarkan limbah merkuri yang sangat tinggi hingga menyebabkan pencemaran dan penyakit minamata. Pencemaran tersebut mengakibatkan ikan yang ditangkap nelayan menjadi beracun, sehingga ketika dikonsumsi mengakibatkan penduduk terkena penyakit, dari mulai masalah pencernaan, penyakit kulit, hingga bayi abnormal (Herlambang, 2011).

Penelitian terhadap kandungan logam berat dalam air laut dan sedimen juga telah dilakukan oleh Rochyatun et al. (2006) di perairan muara sungai Cisadane didapatkan hasil bahwa kadar logam berat dalam air laut lebih rendah dibandingkan di dalam sedimen. Sehingga kemungkinan besar pada perairan pesisir yang menjadi daerah tangkapan air dari aliran sungai juga berpotensi besar mengalami sedimentasi yang mengandung cemaran logam berat khususnya logam Cu dan Cd.

Pelabuhan Pasuruan merupakan salah satu pelabuhan yang terletak di muara sungai Gembong. Daerah hulu sungai Gembong ini terdapat beberapa aktivitas industri, antara lain industri pengolahan logam dan industri kayu yang dapat menghasilkan limbah logam berat Cu. Aliran air sungai yang mengalir ke perairan pelabuhan melewati daerah pertanian, pasar, kawasan penduduk yang cukup padat, tempat sandar kapal dan adanya penggunaan cat *antifouling* (memperlambat proses korosi) dari aktivitas tersebut dapat berpotensi menghasilkan limbah logam berat Cd. Melalui aliran sungai ini, berbagai bahan terangkut, termasuk logam berat Cu dan Cd terbawa ke perairan Pelabuhan Pasuruan yang dapat masuk ke kawasan pertambakan, kawasan mangrove dan pada akhirnya ke laut.

Oleh karena itu, untuk mengetahui sebaran konsentrasi logam berat Cu dan Cd pada air dan sedimen di perairan Pelabuhan Pasuruan khususnya daerah yang dimanfaatkan sebagai tempat sandar kapal, pertambakan, kawasan

mangrove dan mulut muara sungai maka perlu dilakukan penelitian tentang air dan sedimen sebagai indikator pencemaran logam berat. Penggunaan air dan sedimen sebagai indikator pencemaran logam berat karena air adalah media pertama kali yang menyerap logam berat masuk ke perairan. Kemudian akan diabsorpsi oleh sedimen dan terjadi pengendapan. Selain itu, diketahui bahwa alur rantai makanan yang dimulai dari produsen ke konsumen dimulai dari organisme benthik yang berhubungan langsung dengan sedimen sehingga organisme benthik mengakumulasi logam berat yang cukup banyak (Ahmad, 2009).

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan penjelasan diatas, maka dirumuskan beberapa masalah yang menjadi pertanyaan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Apakah dari kegiatan antropogenik di perairan dapat mempengaruhi kualitas air berdasarkan parameter fisika dan kimia di perairan Pelabuhan Pasuruan?
2. Bagaimanakah sebaran logam berat Cu dan Cd pada air dan sedimen di perairan Pelabuhan Pasuruan?
3. Bagaimanakah keterkaitan parameter fisika kimia di perairan Pelabuhan Pasuruan dengan sebaran logam berat Cu dan Cd pada air dan sedimen?

### 1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan diatas, maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengukur nilai parameter fisika kimia di perairan Pelabuhan Pasuruan, Jawa Timur.

2. Mengetahui sebaran konsentrasi logam berat Cu dan Cd pada air dan sedimen di perairan Pelabuhan Pasuruan, Jawa Timur.
3. Mengetahui pengelompokan stasiun penelitian berdasarkan kesamaan karakteristik sebaran logam berat Cu dan Cd pada air dan sedimen dengan dipengaruhi parameter fisika kimia di perairan Pelabuhan Pasuruan, Jawa Timur.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Mengacu pada tujuan penelitian, maka manfaat dilaksanakannya penelitian ini terbagi menjadi kegunaan bagi beberapa pihak yang terkait, diantaranya :

1. Bagi Mahasiswa

Mahasiswa dapat mengaplikasikan ilmu yang didapatkan selama di bangku kuliah, serta dapat menambah pengetahuan, wawasan, dan informasi mengenai kadar logam berat yang terkandung pada perairan di sekitar Pelabuhan Pasuruan.

2. Bagi Masyarakat Umum

Menambah wawasan kepada masyarakat melalui sosialisasi tentang kadar logam berat yang terkandung pada perairan di sekitar Pelabuhan Pasuruan dan mengetahui dampak bahaya logam berat tersebut pada biota di sekitar masyarakat.

3. Bagi Lembaga dan Instansi Terkait

Sebagai salah satu informasi informasi dan data mengenai kadar logam berat yang terkandung pada perairan Pelabuhan Pasuruan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Logam Berat

Logam merupakan unsur alam yang diperoleh dari laut, erosi batuan, vulkanisme dan sebagainya (McCain et al., 1988). Menurut Hidayat (2012) keberadaan logam di lingkungan dapat berasal dari dua sumber yaitu berasal dari alam dengan kadar di biosfer relatif kecil dan dari antropogenik. Golongan logam umumnya memiliki daya hantar dan daya panas yang tinggi. Karakteristik logam berat menurut (Bryan dan Langston, 1992) adalah sebagai berikut:

1. Memiliki spesifikasi gravitasi yang sangat besar ( $4 \text{ gr/cm}^3$ ).
2. Mempunyai nomor atom 23-34 dan 40-50 serta unsur lantanida dan aktanida.
3. Mempunyai respon biokimia (spesifik) pada organisme hidup.

Menurut Apriadi (2005), berdasarkan densitasnya, golongan logam dibagi atas dua golongan, yaitu golongan logam ringan (*light metal*) yang mempunyai densitas  $<5 \text{ g/cm}^3$ , mempunyai nomor atom lebih besar dari 21 dan terdapat di bagian tengah daftar periodik dan logam berat (*heavy metal*) yang mempunyai densitas  $>5 \text{ g/cm}^3$ . Logam berat yang tergolong heavy metal terdapat pada unsur seperti Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb dan Zn. Lebih lanjut untuk kepentingan biologi logam terbagi menjadi tiga kelompok yaitu :

1. Logam ringan (seperti natrium, kalium, kalsium dan lain-lain), biasanya diangkut sebagai kation aktif dalam larutan encer.
2. Logam transisi (seperti besi, tembaga, kobalt dan mangan), diperlukan dalam konsentrasi yang rendah, tetapi dapat menjadi racun dalam konsentrasi tinggi.

3. Logam berat metaloid (seperti raksa, timah hitam, timah, selenium, dan arsen), umumnya tidak diperlukan dalam kegiatan metabolisme dan sebagai racun bagi sel dalam konsentrasi rendah.

Menurut Sagala et al. (2015), sifat logam berat sangat unik, tidak dapat dihancurkan secara alami dan cenderung terakumulasi dalam rantai makanan melalui proses biomagnifikasi. Logam berat adalah salah satu polutan lingkungan yang paling umum (Nehme et al., 2014). Keberadaan logam berat di lingkungan dapat berasal dari berbagai sumber (Rochyatun et al., 2006). Menurut Bryan dan Langston (1992), secara umum sumber-sumber pencemaran logam berat di perairan laut dapat dibagi menjadi 2 yaitu :

1. Logam berat yang masuk ke perairan laut secara alami, berasal dari tiga sumber yaitu:
  - a. Masukkan dari daerah pantai (*coastal supply*) yang berasal dari sungai-sungai dan hasil abrasi pantai oleh aktivitas gelombang.
  - b. Masukkan dari laut dalam (*deep sea supply*) meliputi logam-logam yang dibebaskan oleh aktivitas gunung berapi di laut dan logam-logam yang dibebaskan dari partikel atau sedimen-sedimen dari proses kimiawi.
  - c. Masukkan dari lingkungan dekat daerah pantai, termasuk logam-logam dari atmosfer sebagai partikel-partikel debu.
2. Sumber buatan manusia (*man-made*) adalah:
  - a. Limbah dan buangan industri.
  - b. Limbah cair perkotaan.
  - c. Aktivitas perkapalan (pelayaran).
  - d. Aktivitas pertanian.
  - e. Cairan limbah rumah tangga.
  - f. Aktivitas pertambangan.

g. Perikanan budidaya.

Pencemaran polutan logam berat ini menimbulkan berbagai permasalahan diantaranya:

1. Berhubungan dengan estetika (perubahan bau, warna dan rasa air).
2. Berbahaya bagi kehidupan tanaman dan binatang.
3. Berbahaya bagi kesehatan manusia.
4. Menyebabkan kerusakan pada ekosistem.

Logam dalam perairan biasanya terikat oleh senyawa lain sehingga berbentuk molekul dan jarang dijumpai dalam bentuk ion tersendiri. Ikatan ini dapat berupa garam organik, seperti senyawa metil, etil, fenil maupun garam anorganik berupa oksida, klorida, sulfida, karbonat, hidroksida dan sebagainya. Bentuk ion dari garam tersebut biasanya banyak ditemukan dalam air dalam bentuk senyawa kemudian diserap oleh tanaman dan hewan air (Darmono, 2006).

Menurut Greaney (2005), ada 2 kemungkinan mekanisme logam masuk dan diikat oleh sedimen serta bahan tersuspensi :

1. Proses absorpsi fisika-kimia dari kolom perairan seperti suhu, kedalaman, salinitas dan pH.
2. Proses *uptake* oleh bahan organik atau organisme.

Logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran dan dispersi, kemudian diserap oleh organisme yang hidup di perairan tersebut. Logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan akan bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibanding dalam air (Hutagalung, 1991).

Mengendapnya logam berat bersama dengan padatan tersuspensi akan mempengaruhi kualitas sedimen di dasar perairan dan juga perairan sekitarnya.

Kekuatan ionik yang terdapat di air laut disebabkan adanya berbagai kandungan anion dan kation pada air laut, sehingga memungkinkan terjadinya proses koagulasi (penggumpalan) senyawa logam berat yang ada dan memungkinkan terjadinya proses sedimentasi (pengendapan). Jika kapasitas angkut sedimen cukup besar, maka sedimen di dasar perairan akan terangkat dan dipindahkan. Sesuai teori gravitasi, apabila partikulat memiliki massa jenis lebih besar dari massa jenis air laut maka partikulat akan mengendap di dasar laut atau terjadi proses sedimentasi (Rochyatun dan Rozak, 2007).

Kandungan logam berat pada sedimen umumnya rendah pada musim kemarau dan tinggi pada musim penghujan. Penyebab tingginya kadar logam berat dalam sedimen pada musim penghujan kemungkinan disebabkan oleh tingginya laju erosi pada permukaan tanah yang terbawa ke dalam badan sungai, sehingga sedimen dalam sungai yang diduga mengandung logam berat akan terbawa oleh arus sungai menuju muara dan pada akhirnya terjadi proses sedimentasi (Bryan dan Langston, 1992).

## 2.2 Logam Berat Cu (Tembaga)

Tembaga atau *copper* (Cu) umumnya berbentuk kristal dan memiliki warna kemerahan. Pada tabel periodik unsur kimia, tembaga memiliki nomor atom (NA) 29 dan memiliki bobot atau berat atom (BA) 63.546 (Palar, 2004).

Keberadaan unsur tembaga di alam dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas, akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan atau sebagai senyawa padat dalam bentuk mineral (Palar, 2004). Tembaga (Cu) diperairan alami terdapat dalam bentuk partikulat, koloid dan terlarut. Fase terlarut merupakan  $\text{Cu}^{2+}$  bebas dan ikatan kompleks, baik dengan ligan inorganik, terutama  $(\text{CuOH}^+, \text{Cu}_2(\text{OH})_2^{2+})$  maupun organik. Ikatan Cu kompleks dengan ligan organik, terutama adalah oleh material humus. Ikatan kompleks Cu

yang terjadi dalam sedimen laut adalah yang paling stabil, sementara yang terbentuk dalam kolom air laut stabilitasnya paling rendah (Sanusi, 2006).

Sumber utama logam Cu berasal dari erosi berbagai batuan mineral yang umumnya terjadi di sungai, sedangkan sumber yang berasal dari aktivitas manusia bersifat lokal dan sangat bervariasi. Tembaga (Cu) sering digunakan dalam proses produksi suatu industri baik sebagai bahan baku, katalisator ataupun bahan utama. Logam Cu banyak digunakan pada pabrik yang memproduksi alat-alat listrik, gelas dan zat warna yang biasanya bercampur dengan logam lain sebagai aloi dengan perak (Ag), Kadmium (Cd), Timah putih (Sn) dan Zn (Seng). Tembaga masuk ke dalam laut melalui proses batuan mineral dan kegiatan manusia serta sampah kota. Unsur Cu bersifat racun terhadap invertebrata. Cu bersifat antagonistik yang mereduksi toksisitasnya bila terikat dengan senyawa organik  $\text{CaCO}_3$  (Mwashote, 2004).

Kontaminasi logam berat Cu pada manusia dapat berakibat fatal. Logam Cu merupakan unsur logam esensial yang dibutuhkan sebagai elemen mikro untuk pembentukan hemoglobin, kologen pembuluh darah dan myelin. Konsentrasi Cu yang tinggi pada manusia dapat menyebabkan keracunan akut yang ditandai dengan mual, muntah, sakit perut, hemolisis, nefrosis, kejang, dan akhirnya mati. Saat keracunan kronis, Cu yang tertimbun dalam hati dapat menyebabkan hemolisis yang dapat menyebabkan anemia dan pertumbuhan terhambat (Setiawan, 2015).

### 2.3 Logam Berat Cd (Kadmium)

Kadmium (Cd) adalah salah satu logam berat dengan penyebaran yang sangat luas di alam. Logam ini bernomor atom 48, berat atom 112,40 dengan titik cair  $321\text{ }^\circ\text{C}$  dan titik didih  $765\text{ }^\circ\text{C}$ . Cd di alam bersenyawa dengan belerang (S) sebagai *greenocckite* (CdS) yang ditemui bersamaan dengan senyawa *spalerite*

(ZnS). Kadmium merupakan logam lunak (*ductile*) berwarna putih perak dan mudah teroksidasi oleh udara bebas dan gas amonia (NH<sub>3</sub>) (Palar, 2004).

Kadmium bervalensi dua (Cd<sup>2+</sup>) adalah bentuk terlarut stabil dalam lingkungan perairan laut pada pH dibawah 8,0. Kadar Cd di perairan alami berkisar antara 0,29-0,55 ppb dengan rata-rata 0,42 ppb. Pada lingkungan alami yang bersifat basa, kadmium mengalami hidrolisis, teradsorpsi oleh padatan tersuspensi dan membentuk ikatan kompleks dengan bahan organik. Cd di perairan alami membentuk ikatan kompleks dengan ligan baik organik maupun anorganik, yaitu Cd<sup>2+</sup>, Cd(OH)<sup>+</sup>, CdCl<sup>+</sup>, CdSO<sub>4</sub>, CdCO<sub>3</sub> dan Cd organik (Sanusi, 2006).

Menurut McCain et al. (1988) sumber kadmium yang masuk ke perairan berasal dari:

1. Uap, debu dan limbah dari pertambangan timah dan seng.
2. Air bilasan dari elektroplating.
3. Besi, tembaga dan industri logam non ferrous yang menghasilkan abu dan uap serta air limbah dan endapan yang mengandung kadmium.
4. Seng yang digunakan untuk melapisi logam mengandung kira-kira 0,2 % Cd sebagai bahan ikutan (*impurity*); semua Cd ini akan masuk ke perairan melalui proses korosi dalam kurun waktu 4-12 tahun.
5. Pupuk fosfat dan endapan sampah plastik.

#### 2.4 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian telah menemukan bahwa kadar logam berat Cu dan Cd di sedimen lebih tinggi dibandingkan kadar logam berat Cu dan Cd di air. Hal ini didukung oleh penelitian Tarigan et al. (2010) yang menyatakan bahwa kandungan logam berat Cu dan Cd pada air laut di Perairan Sungai Membrano masing-masing kurang dari 0,0011 ppm dan 0,001 ppm, sedangkan kandungan

logam Cu pada sedimen 19,912 ppm dan Cd yaitu  $<0,001$  ppm. Sementara itu, penelitian Sagala et al. (2015) menunjukkan distribusi kandungan logam Cu pada sedimen sebesar 11,00 ppm. Penelitian kandungan Cu dan Cd pada sedimen di Muara Sungai Cisadane yang dilakukan oleh Rochyatun et al. (2006) menemukan nilai Cu sebesar 34,59 ppm dan Cd bernilai 0,026 ppm. Selain itu, tingginya kandungan logam berat Cu di sedimen juga ditemukan dalam penelitian Hastuti (2014), yaitu kandungan Cu pada sedimen di kawasan ekosistem mangrove Kota Semarang bernilai 5,76 ppm dan Kabupaten Demak bernilai 31,2 ppm.

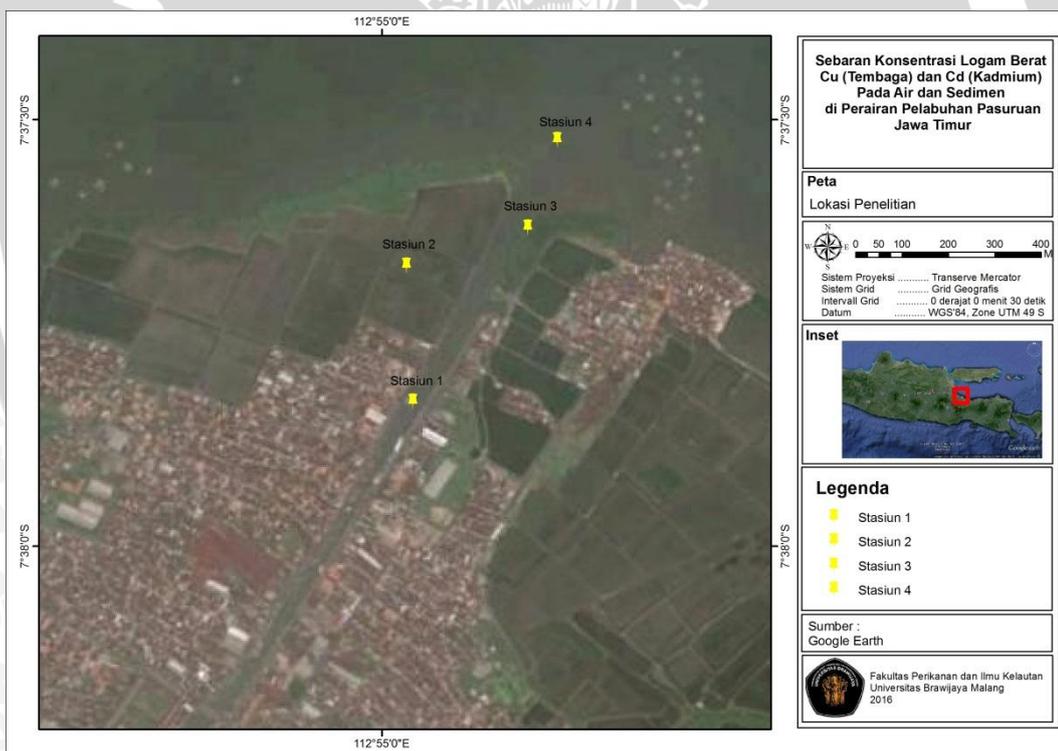
Kesimpulan dari beberapa hasil penelitian di atas dapat diketahui bahwa kadar logam berat dalam sedimen jauh lebih tinggi dibandingkan air laut. Hal ini dikarenakan sifat logam berat yang tidak dapat terurai dan bersifat akumulatif dalam sedimen (Tarigan et al., 2010; Hastuti, 2014). Selain itu, logam berat memiliki sifat ionik yang mudah terikat oleh partikel (Darmono, 2006) serta mengalami proses pengenceran dalam air dengan pengaruh pola arus pasang surut yang mengakibatkan terjadinya sedimentasi atau pengendapan. Menurut Rochyatun et al. (2006), arus memiliki peran penting dalam persebaran logam berat pada air sungai yang dibawa ke muara dengan cara mengadsorpsi partikel halus (*suspended solid*) dan mengendap di muara sungai. Pengendapan logam berat pada sedimen yang terus menerus dapat membahayakan biota yang hidup dan mencari makan di sedimen seperti jenis kerang-kerangan dan ikan, bila kerang dan ikan ini dimakan oleh manusia maka dapat menyebabkan keracunan dan kematian.

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 09 Februari 2016 di perairan Pelabuhan Pasuruan, Provinsi Jawa Timur. Analisis logam berat dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Malang.

Penentuan stasiun pengambilan sampel berdasarkan pada karakteristik lingkungan sekitar Pelabuhan Pasuruan yang dipengaruhi oleh berbagai aktivitas manusia di darat seperti pasar ikan, industri dan tambak bandeng, sehingga penentuan stasiun dibagi ke dalam 4 stasiun penelitian. Peta lokasi dan deskripsi stasiun dapat di lihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Pelabuhan Pasuruan

Stasiun	Deskripsi Stasiun
 <p data-bbox="312 663 798 696">1a. Stasiun 1: Tempat Sandar Kapal</p>	<p data-bbox="833 331 1283 763">Stasiun 1 berada di daerah tempat sandar kapal yang dekat dengan daerah industri, pemukiman dan pasar ikan. Pada stasiun ini terdapat berbagai aktivitas antropogenik seperti aktivitas dari kapal yaitu limbah minyak serta pembuangan limbah industri.</p> <p data-bbox="833 786 1283 869">Titik pengambilan sampel (07° 63' 37,7" LS – 112° 91' 59,4" BT).</p>
 <p data-bbox="341 1294 766 1328">1b. Stasiun 2: Tambak Bandeng</p>	<p data-bbox="833 990 1283 1525">Stasiun 2 berada di daerah tambak bandeng dan berdekatan dengan pemukiman penduduk. Limbah yang berasal dari limbah kapal dan pemukiman penduduk biasanya berupa limbah rumah tangga. Limbah ini dapat masuk ke petakan tambak melalui aliran sungai yang mengakibatkan terakumulasi logam berat pada ikan bandeng.</p> <p data-bbox="833 1547 1283 1630">Titik pengambilan sampel (07° 62' 83,1" LS – 112° 91' 55,3" BT).</p>
	<p data-bbox="833 1749 1283 1980">Stasiun 3 berada di daerah kawasan mangrove dan tempat bersandarnya perahu nelayan. Daerah mangrove ini juga dimanfaatkan sebagai daerah</p>

Stasiun	Deskripsi Stasiun
 <p data-bbox="331 629 783 667">1c. Stasiun 3: Kawasan Mangrove</p>	<p data-bbox="831 277 1283 613">pariwisata oleh warga sekitar. Selain itu, mangrove memiliki manfaat penting sebagai akumulasi logam berat dan membantu mengurangi tingkat konsentrasi bahan pencemar di sedimen dan air.</p> <p data-bbox="831 629 1283 719">Titik pengambilan sampel (07° 62' 70,3" LS – 112° 92' 10,05" BT).</p>
 <p data-bbox="331 1108 783 1182">1d. Stasiun 4: Mulut Muara Sungai Gembong</p>	<p data-bbox="831 779 1283 1070">Stasiun 4 berada di mulut muara Sungai Gembong. Stasiun ini dipengaruhi oleh aktivitas dari darat seperti limbah domestik yang bercampur dengan sirkulasi air laut.</p> <p data-bbox="831 1086 1283 1176">Titik pengambilan sampel (07° 62' 52,08" LS – 112° 92' 12,7" BT).</p>

### 3.2 Materi Penelitian

Materi penelitian ini mengenai sebaran konsentrasi logam berat Cu (Tembaga) dan Cd (Kadmium) pada air dan sedimen di Perairan Pelabuhan Pasuruan, Jawa Timur dengan menggunakan metode pengambilan data deskriptif, primer dan sekunder.

Metode penelitian deskriptif adalah sebuah metode yang digunakan untuk mendeskripsikan dan menginterpretasikan sesuatu fenomena misalnya kondisi atau hubungan yang ada, pendapat yang berkembang dengan menggunakan prosedur ilmiah untuk menjawab secara aktual meliputi data primer dan data sekunder (Moleong, 1999).

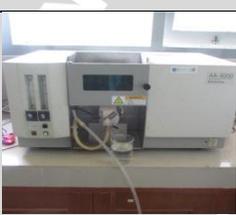
Data primer adalah data yang berasal dari sumber-sumber dasar yang merupakan bukti atau saksi (Sugiyono, 2000). Data Primer tersebut didapatkan dengan cara pengukuran parameter lingkungan perairan secara langsung pada di lapangan seperti pengukuran suhu, salinitas, pH dan DO. Data sekunder adalah catatan tentang suatu peristiwa ataupun catatan-catatan yang jaraknya telah jauh dari sumber orisinil (Moleong, 1999). Data sekunder didapat dari jurnal, buku atau laporan sebelumnya sudah pernah dilakukan. Hasil dari penelitian ini tidak dibandingkan dengan Baku Mutu SNI Air Laut disebabkan penelitian ini hanya dilakukan satu kali pengambilan data. Baku Mutu SNI Air Laut digunakan pada penelitian yang bersifat *time series* dan dilakukan pengulangan. Jadi untuk mengetahui perbandingan hasil penelitian tersebut peneliti menggunakan perbandingan dari studi penelitian sebelumnya yang hampir memiliki kesamaan topik, lokasi penelitian dan satu kali pengambilan data.

### 3.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan saat penelitian pengambilan sampel sedimen dan air di perairan Pelabuhan Pasuruan dan analisis sampel di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Malang menggunakan beberapa alat dan bahan. Alat dan bahan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 1. Alat yang digunakan pada penelitian

No.	Gambar	Alat	Merk	Fungsi
1.		Botol sampel polyetilen	-	Wadah sampel air
2.		Termometer digital	-	Mengukur suhu perairan

No.	Gambar	Alat	Merk	Fungsi
3.		pH meter	pHTestr 30	Mengukur pH perairan
4.		Salinometer	ATAGO Pal -06S	Mengukur salinitas perairan
5.		Sediment grab		Sebagai alat pengambilan sampel
6.		AAS ( <i>Atomic Absorption Spectroscopy</i> )	AA-6200 SHIMADZU	Mengukur kadar logam pada air
7.		Kamera Digital	Canon	Mendokumentasikan kegiatan penelitian
8.		Coolbox	-	Menyimpan sampel air
9.		GPS	GPSMAP 60CSx Garmin	Menentukan titik koordinat lokasi pengamatan
10.		Washing bottle	-	Wadah aquades

No.	Gambar	Alat	Merk	Fungsi
11.		Oven	-	Sebagai alat untuk mengeringkan sedimen
12.		Pipet Tetes	Pyrex	Sebagai alat yang digunakan untuk mengambil larutan dalam skala kecil
13.		DO Meter	SCHOTT Instrument	Mengukur Kandungan oksigen terlarut

Tabel 2. Bahan yang digunakan pada penelitian

No.	Bahan	Fungsi
1.	Sampel air laut	Sampel yang diukur kadar logam beratnya
2.	Aquadess	Untuk mengkalibrasi alat sebelum digunakan
3.	Kertas label	Menandai botol sampel
4.	Tissue	Membersihkan alat setelah digunakan
5.	HNO <sub>3</sub> (Asam Nitrat)	Pengikat logam berat
6.	Sedimen	Sampel yang diukur kadar logam beratnya
7.	pH paper	Untuk mengukur pH sampel air menjadi 2

### 3.4 Metode Pengambilan Sampel

#### 3.4.1 Parameter Fisika dan Kimia Perairan

Pengambilan data parameter kualitas air terbagi dua yaitu fisika dan kimia perairan berupa suhu (termometer digital), pH (pH meter), salinitas air (salinometer) dan DO (DO meter). Pengukuran parameter ini dilakukan secara langsung di lapangan dengan melakukan 3 kali pengulangan pada setiap stasiun pengamatan dan dicatat hasilnya.

### 3.4.2 Sampel Logam Berat di Air

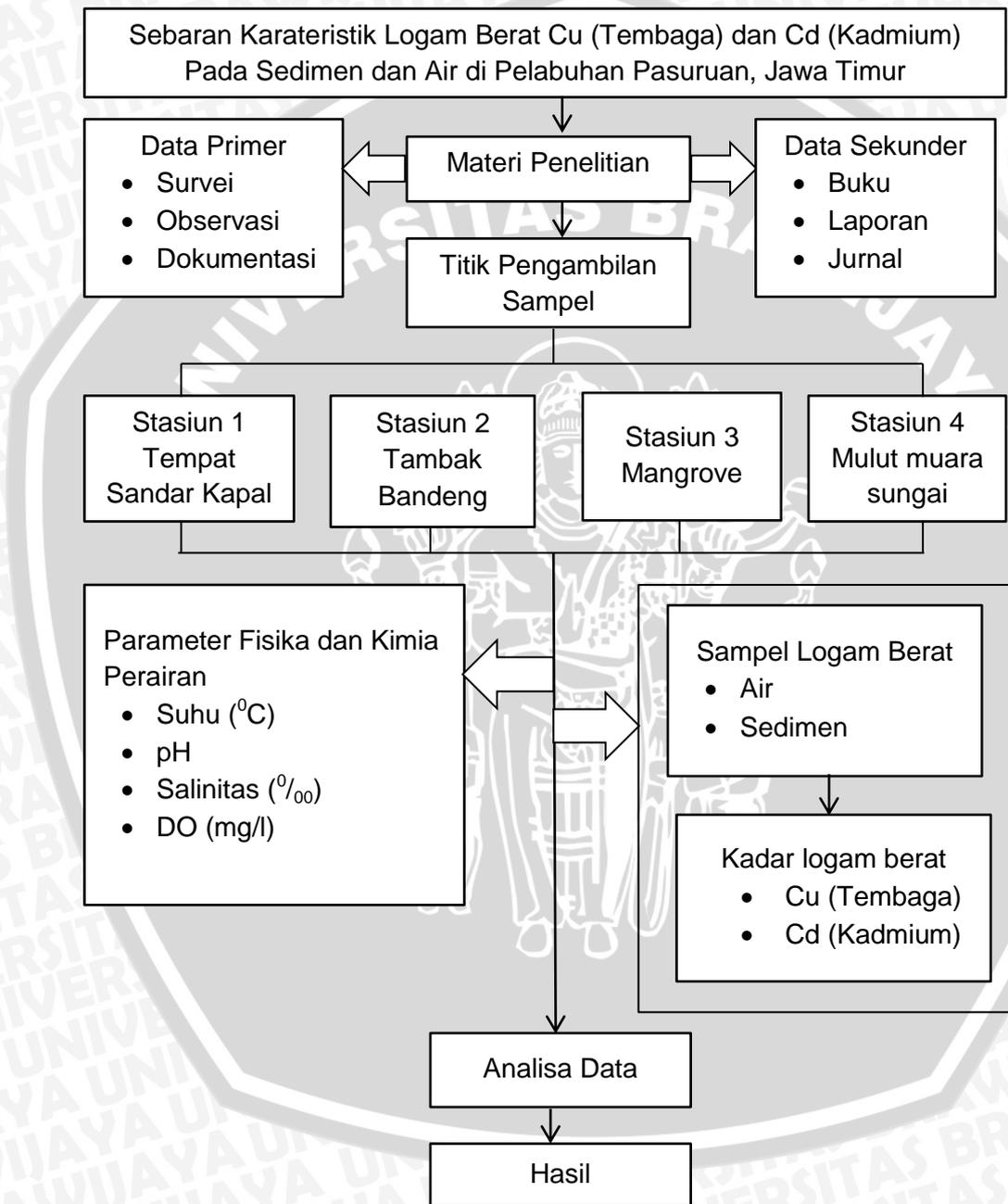
Pengambilan sampel air di lapangan dengan 3 kali pengulangan pada setiap stasiun. Hal ini digunakan untuk menentukan kadar analisa logam berat Cu dan Cd. Menurut Amin et al. (2013), pengambilan sampel air dengan menggunakan botol sampel polyetilen ukuran 500 ml dari kedalaman 0-30 cm. Selanjutnya diberi beberapa tetes  $\text{HNO}_3$  ( $\text{pH} < 2$ ) yang bertujuan agar kandungan Cu dan Cd tidak menguap (Rachmaningrum, 2015). Sampel air tersebut kemudian dimasukkan dalam coolbox dan di analisa kadar logam beratnya di laboratorium dengan menggunakan AAS. Alur skema kerja pengambilan sampel disajikan pada Lampiran 3.

### 3.4.3 Sampel Logam Berat di Sedimen

Sampel sedimen permukaan (0-5 cm) diambil dengan menggunakan grab sampler sebanyak 0,5 kg (Louhi et al., 2012) dengan 3 kali pengulangan pada setiap stasiun. Sampel ini kemudian dimasukkan dalam plastik dan dimasukkan ke dalam coolbox. Selanjutnya sampel sedimen dibawa ke laboratorium untuk di analisa kadar logam beratnya dengan cara sampel sedimen dikeringkan dalam oven pada suhu  $110^\circ\text{C}$  selama 3 jam kemudian digerus. Setelah halus diambil 1 gram dimasukkan ke dalam elenmeyer kemudian ditambahkan 25 ml  $\text{HNO}_3$  pekat dan digoyangkan selama 30 menit, kemudian didiamkan selama 3 jam pada suhu ruang. Setelah didiamkan selama 3 jam ditambahkan 100 ml aquades kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring. Sisa sedimen pada kertas saring dicuci dengan 10 ml akuades sebanyak lima kali pengulangan sampai pH berkisar 2-3 (Hidayat, 2012). Filtrat yang dihasilkan kemudian dianalisis dengan menggunakan AAS. Alur skema kerja pengambilan sampel disajikan pada Lampiran 3.

### 3.5 Tahap Penelitian

Tahapan yang dilakukan untuk mendapatkan hasil dari setiap sampel parameter fisika, kimia air dan logam berat Cu dan Cd pada perairan di sekitar Pelabuhan Pasuruan ditunjukkan pada skema alur Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Alur Penelitian

### 3.6 Analisa Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di perairan Pelabuhan Pasuruan dianalisis menggunakan analisis cluster. Analisa cluster data yang bersifat kumulatif maupun deskriptif untuk mengidentifikasi sekelompok obyek mempunyai kemiripan karakteristik tertentu yang dapat dilihat dengan jelas. Klasifikasi bertingkat hasil analisis ini selanjutnya disajikan dalam dendogram yang menggambarkan penggabungan yang dibuat bertahap (Santoso, 2005).

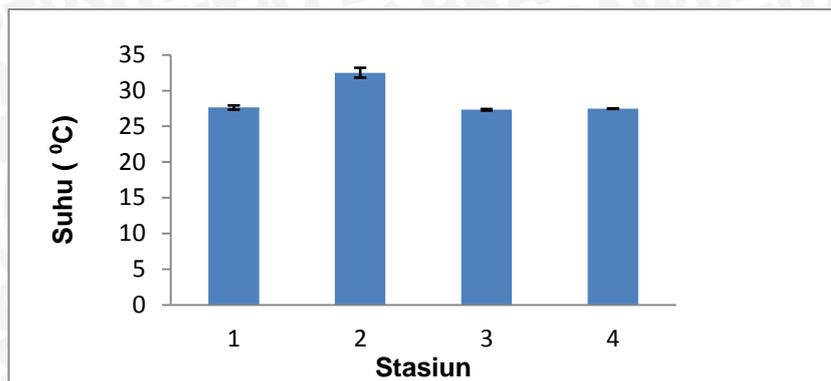
Penggunaan analisa clustering dalam penelitian ini digunakan untuk mengelompokkan parameter lingkungan (fisika kimia) pada masing-masing stasiun pengamatan yang digunakan untuk melihat karakteristik dari stasiun pengamatan, lalu mengelompokkan konsentrasi logam berat pada air dan sedimen pada masing-masing stasiun pengamatan yang digunakan untuk melihat kesamaan dari stasiun pengamatan. Ketiga mengelompokkan antara parameter fisika kimia dan konsentrasi logam berat pada masing-masing stasiun pengamatan yang digunakan untuk melihat kesamaan karakteristik dari stasiun pengamatan dan untuk menduga dinamika atau dispersi logam berat Cu dan Cd pada air dan sedimen.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Parameter Fisika Kimia Perairan Pelabuhan Pasuruan

Berdasarkan hasil pengamatan, Pelabuhan Pasuruan terletak di muara Sungai Gembong. Sungai Gembong mempunyai dua anak sungai (Kali Tembero dan Kali Summersuko) serta mempunyai Daerah Aliran Sungai seluas 52,18 km<sup>2</sup>. Morfologi Sungai Gembong berkelok-kelok (*meandering*) dengan kemiringan dasar sungai terjadi dibagian hulu dan relatif lurus serta landai dibagian hilir sungai dan sangat dipengaruhi pasang surut air laut. Pada pengukuran parameter lingkungan di perairan Pelabuhan Pasuruan dilakukan pada siang hari. Pengukuran dimulai dengan stasiun terdekat terlebih dahulu yaitu stasiun 2 dilakukan pada cuaca cerah. Pada stasiun 2 saat pengulangan pengukuran ketiga cuaca mulai mendung. Selanjutnya pengukuran pada stasiun 1, 3 dan 4 terjadi penutupan awan dan hujan lebat. Kondisi parameter lingkungan yang diamati di perairan Pelabuhan Pasuruan yang terletak di muara Sungai Gembong disajikan pada Lampiran 1.

Nilai suhu di perairan Pelabuhan Pasuruan berkisar antara 27,3 °C-32,9 °C. Pengukuran suhu perairan ini dilakukan tiga kali ulangan pada setiap titik stasiun penelitian. Hasil pengukuran suhu di Pelabuhan Pasuruan stasiun 1 (tempat Sandar Kapal) sebesar  $27,6 \pm 0,31$  °C, stasiun 2 (Tambak Bandeng) sebesar  $32,5 \pm 0,69$  °C, stasiun 3 (Kawasan Mangrove) sebesar  $27,3 \pm 0,12$  °C dan stasiun 4 (Mulut Muara Sungai) sebesar  $27,5 \pm 0,06$  °C. Grafik rata-rata dari pengukuran suhu di perairan Pelabuhan Pasuruan dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.

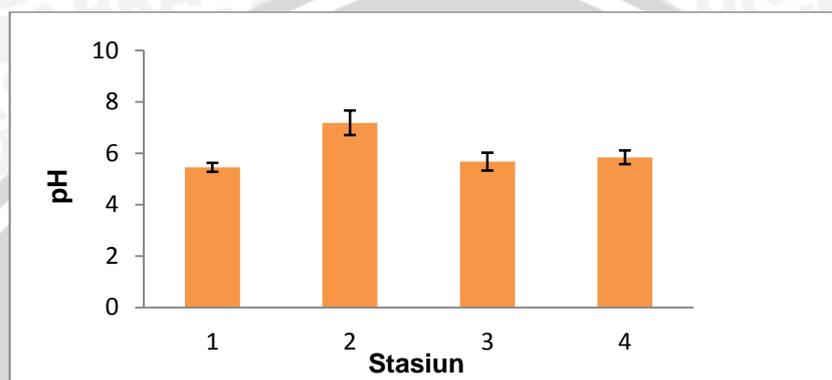


Gambar 3. Pengukuran suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) di Perairan Pelabuhan Pasuruan

Menurut Gambar 3 di atas, nilai suhu tertinggi terjadi di stasiun 2 yang berlokasi di area Tambak Bandeng sebesar  $32,5 \pm 0,69$   $^{\circ}\text{C}$  sesuai dengan penelitian Erlina et al. (2012) nilai optimum suhu untuk budidaya bandeng 26-32  $^{\circ}\text{C}$ . Tingginya nilai suhu pada stasiun 2 yang berbeda cukup jauh dari kondisi rata-rata semua stasiun dikarenakan pengukuran dilakukan pada siang hari. Perairan Tambak Bandeng ini adalah perairan yang tenang dan tidak adanya pengadukan atau percampuran air, sehingga menyebabkan energi panas dari radiasi matahari masuk terus menerus mengakibatkan suhu lebih tinggi. Disisi lain, suhu pada stasiun 1, stasiun 3 dan stasiun 4 memiliki nilai kisaran suhu rata-rata yang tidak berbeda jauh yaitu sebesar  $27,6 \pm 0,31$   $^{\circ}\text{C}$ ;  $27,3 \pm 0,12$   $^{\circ}\text{C}$  dan  $27,5 \pm 0,06$   $^{\circ}\text{C}$ . Sedikitnya selisih nilai suhu pada stasiun tersebut dikarenakan pada proses pengukuran dilakukan pada sore hari dan pada saat hujan. Tinggi rendahnya nilai suhu selama pengukuran di Perairan Pelabuhan Pasuruan dapat juga disebabkan oleh cuaca dilapang. Hal tersebut sejalan dengan yang diungkapkan oleh Effendi (2003), suhu disuatu perairan dapat dipengaruhi oleh musim, sirkulasi udara, penutupan awan, aliran air dan kedalaman perairan.

Derajat keasaman (pH) merupakan parameter yang menunjukkan kadar asam atau basa dalam suatu larutan melalui konsentrasi ion  $\text{H}^+$ . Nilai pH di perairan Pelabuhan Pasuruan berkisar antara 5,28-7,74. Pengukuran pH

perairan dilakukan dengan tiga kali ulangan pada setiap titik stasiun penelitian. Hasil pengukuran parameter pH di Perairan Pelabuhan Pasuruan pada stasiun 1 sebesar  $5,46 \pm 0,18$ , stasiun 2 sebesar  $7,19 \pm 0,48$ , stasiun 3 sebesar  $5,68 \pm 0,35$  dan stasiun 4 sebesar  $5,84 \pm 0,72$ . Grafik rata-rata pengukuran pH di Perairan Pelabuhan Pasuruan dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



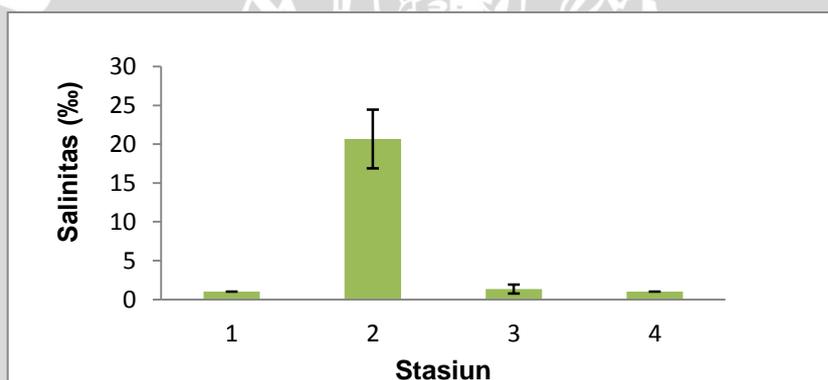
Gambar 4. Pengukuran pH di perairan Pelabuhan Pasuruan

Berdasarkan grafik pengukuran pH pada Gambar 4 di atas, nilai pH tertinggi terdapat pada stasiun 2 di Tambak Bandeng yaitu sebesar  $7,19 \pm 0,48$  sesuai dengan Erlina et al. (2012) nilai pH untuk pemeliharaan ikan bandeng sebesar 7-8,5. Nilai pH terendah terdapat pada stasiun 1 sebesar  $5,46 \pm 0,18$ . Tingginya nilai pH pada stasiun 2 ini masih tergolong kisaran pH optimum untuk budidaya ikan bandeng. Faktor yang mempengaruhi nilai pH pada stasiun 2 adalah adanya proses pengapuran. Fungsi dari proses tersebut yaitu untuk meningkatkan cadangan alkali pada air dan lumpur yang dapat menyebabkan perubahan nilai pH.

Nilai pH pada stasiun 1, stasiun 3 dan stasiun 4 tidak terlalu berbeda jauh. Hal ini kaitannya dengan pada saat pengukuran dilakukan pada saat hujan sehingga  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  bereaksi dengan air hujan membentuk asam dan menurunkan pH air hujan. Selain itu, massa air yang relatif asam yang berasal dari daratan melalui sungai dan tingginya proses respirasi oleh organisme

menyebabkan perairan disekitar nilai pH lebih rendah dibandingkan dengan stasiun lainnya. Rendahnya nilai pH dalam suatu perairan ditandai dengan semakin meningkatnya senyawa organik di stasiun tersebut. Menurut Johan (2012) nilai pH dipengaruhi oleh laju fotosintesis, buangan industri serta limbah rumah tangga.

Nilai salinitas perairan Pelabuhan Pasuruan berkisar antara 1-25 ‰. Pengukuran salinitas perairan dilakukan dengan tiga kali ulangan pada setiap titik stasiun penelitian. Hasil pengukuran salinitas pada stasiun 1 sebesar  $1 \pm 0$  ‰, stasiun 2 sebesar  $20,7 \pm 3,79$  ‰, stasiun 3 sebesar  $1,33 \pm 0,58$  ‰, dan stasiun 4 sebesar  $1 \pm 0$  ‰. Grafik pengukuran salinitas di perairan Pelabuhan Pasuruan dapat di lihat pada Gambar 5 di bawah ini.



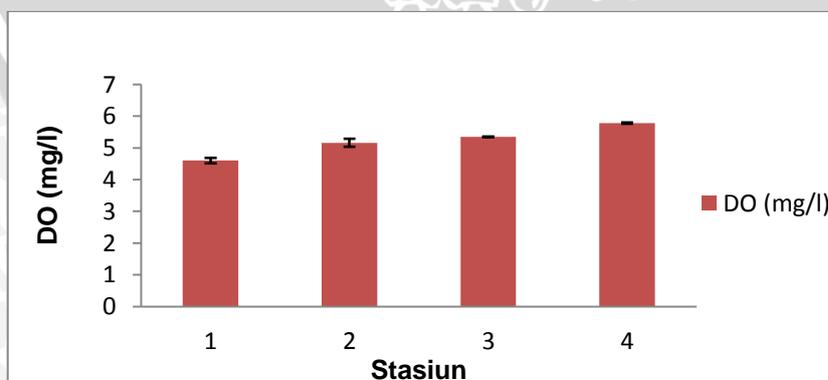
Gambar 5. Pengukuran salinitas (‰) di Perairan Pelabuhan Pasuruan

Berdasarkan grafik (Gambar 5) hasil pengukuran parameter salinitas di Perairan Pelabuhan Pasuruan memiliki nilai salinitas tertinggi, terendah dan rata-rata berturut-turut sebesar 20,7 ‰, 1 ‰, dan 6 ‰. Tingginya salinitas pada stasiun 2 dapat ditinjau dari segi letak tambak. Tambak Bandeng tersebut tergolong tambak biasa yang terisi oleh campuran air tawar, air sungai dan air laut. Bercampurnya air tersebut dikenal dengan air payau, sehingga salinitas stasiun 2 tergolong salinitas air payau. Jadi salinitas pada stasiun 2 Tambak Bandeng jika dibandingkan dengan penelitian Erlina et al. (2012) salinitas optimal

untuk budidaya bandeng sebesar 5-35 %. Pada kisaran salinitas tersebut ikan bandeng dapat melakukan perkembangan dan pertumbuhan dengan baik. Menurut Effendi (2003), nilai salinitas laut adalah 30-35‰ dan air tawar 0,5-5‰ dan air payau 5-30 ‰.

Rendahnya salinitas pada stasiun 1, stasiun 3 dan stasiun 4 disebabkan oleh pada saat proses pengukuran salinitas dilakukan pada saat surut dan musim penghujan, jadi massa air laut pada saat surut bergerak ke arah laut sehingga terbentuk pola sebaran salinitasnya rendah. Selain itu, pada saat musim penghujan dimana debit air tawar yang masuk ke muara dan mengalir ke laut cukup besar sehingga menyebabkan air tawar lebih mendominasi daripada air laut dan salinitas cenderung rendah. Salinitas dari masing-masing stasiun berbeda karena dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain sirkulasi air, curah hujan dan aliran sungai.

Nilai DO (kadar oksigen terlarut) di perairan Pelabuhan Pasuruan berkisar antara 4,5-5,8 mg/l. Pengukuran DO perairan dilakukan dengan tiga kali ulangan pada setiap titik stasiun penelitian. Hasil pengukuran DO pada stasiun 1 sebesar  $4,6 \pm 0,09$  mg/l, stasiun 2 sebesar  $5,16 \pm 0,12$  mg/l, stasiun 3 sebesar  $5,35 \pm 0,01$  mg/l dan stasiun 4 sebesar  $5,78 \pm 0,02$  mg/l. Grafik pengukuran DO di perairan Pelabuhan Pasuruan dapat di lihat pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Pengukuran DO (mg/l) di Perairan Pelabuhan Pasuruan

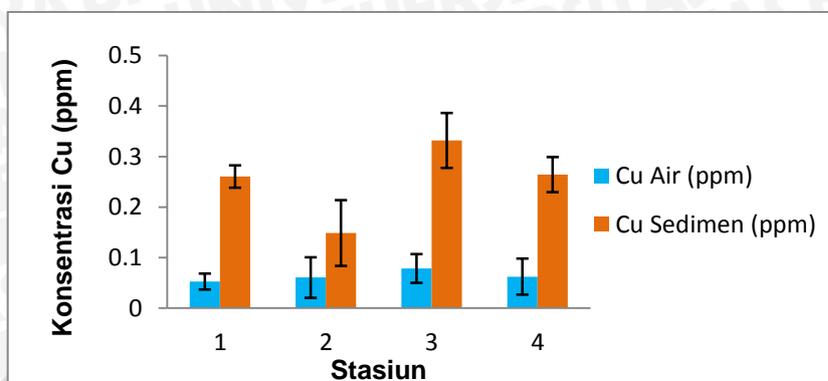
Berdasarkan grafik (Gambar 6) hasil pengukuran DO di perairan Pelabuhan Pasuruan memiliki nilai DO terendah terjadi pada stasiun 1 di tempat Sandar Kapal sebesar  $4,6 \pm 0,09$  mg/l dan nilai DO tertinggi terjadi pada stasiun 4 di mulut Muara Sungai sebesar  $5,78 \pm 0,02$  mg/l. Rendahnya nilai DO pada stasiun 1 di pengaruhi oleh inputan dari limbah kapal dan limbah domestik dari area pemukiman yang menyebabkan konsentrasi nilai DO rendah. Sedangkan tingginya nilai DO pada stasiun 4 disebabkan oleh letak stasiun yang cukup jauh dari area pemukiman. Hal ini diduga, disebabkan oleh proses *self purification* yang sangat berhubungan dengan kandungan oksigen terlarut, sumber dan masuknya oksigen ke dalam sungai. Sehingga stasiun 4 mulut Muara Sungai terjadi *recovery* oksigen yang dapat meningkatkan konsentrasi DO di wilayah tersebut. Menurut Salmin (2005), kadar oksigen dalam perairan akan bertambah dengan semakin rendahnya suhu dan berkurangnya dengan tingginya salinitas.

## 4.2 Analisis Logam Berat

### 4.2.1 Logam Berat Cu (Tembaga) pada Air dan Sedimen

Nilai konsentrasi Cu pada air (Gambar 7) pada perairan Pelabuhan Pasuruan berkisar antara 0,0156 - 0,102 ppm dengan rata-rata  $0,0634 \pm 0,01$  ppm. Sedangkan konsentrasi Cu pada sedimen berkisar antara 0,0901 - 0,3942 ppm dengan rata-rata  $0,2514 \pm 0,08$  ppm. Tingginya konsentrasi Cu pada sedimen dikarenakan sifat logam berat yang tidak dapat terurai (*non biodegradable*) di kolom perairan dan bersifat akumulatif yang akan terus bertambah dan akhirnya mengendap pada sedimen (Mukhtasor dan Eng, 2007). Menurut Selvaraj et al. (2004) logam berat Cu cenderung terakumulasi dalam sedimen dan konsentrasi Cu dalam sedimen menunjukkan tingkat pencemaran Cu pada perairan. Adapun grafik hasil pengukuran konsentrasi logam berat Cu

pada air dan sedimen di perairan Pelabuhan Pasuruan dapat di lihat pada Gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Konsentrasi logam berat Cu di perairan Pelabuhan Pasuruan

Berdasarkan grafik Gambar 7 di atas, persebaran konsentrasi Cu pada air cukup merata pada setiap stasiun yaitu stasiun 1 (tempat Sandar Kapal) sebesar  $0,0524 \pm 0,02$  ppm, di stasiun 2 (Tambak Bandeng) sebesar  $0,0607 \pm 0,04$  ppm, di stasiun 3 (Kawasan Mangrove) sebesar  $0,0784 \pm 0,03$  ppm dan di stasiun 4 (Mulut Muara Sungai) sebesar  $0,0622 \pm 0,04$  ppm. Apabila dikaitkan dengan nilai pH (Gambar 4) dan salinitas perairan (Gambar 5), maka konsentrasi logam berat Cu pada kolom air di seluruh stasiun menunjukkan nilai konsentrasi yang semakin menurun seiring dengan bertambahnya nilai pH dan salinitas perairan. Pada stasiun 1, 3 dan 4 memiliki nilai pH dan salinitas yang rendah sehingga menyebabkan kelarutan logam berat di kolom perairan semakin besar. Selain itu faktor surut, adanya hujan lebat di lokasi penelitian pada stasiun 1, stasiun 3 dan stasiun 4 menyebabkan air sungai sebagai sumber elemen kimia lebih banyak membawa material logam Cu terlarut dari daratan. Begitu pula yang terjadi pada stasiun 2 nilai DO yang rendah menyebabkan kelarutan logam perairan dikolom perairan menjadi rendah. Hal ini di duga, dipengaruhi oleh sifat logam berat yang mudah terikat oleh partikel senyawa-senyawa lain, baik berupa bahan organik maupun bahan anorganik. Rochyatun dan Rozak (2007) menyatakan apabila

partikulat memiliki massa jenis lebih besar dari massa jenis air laut maka partikulat akan mengendap di dasar laut dan terjadi sedimentasi di dalam sedimen. Sehingga konsentrasi logam berat Cu di kolom air lebih sedikit karena sudah terakumulasi di dalam sedimen.

Persebaran konsentrasi Cu pada sedimen tertinggi terjadi di stasiun 3 sebesar  $0,3321 \pm 0,05$  ppm. Hal ini diduga, stasiun 3 di Kawasan Mangrove dipengaruhi tingginya laju erosi oleh permukaan tanah yang membawa limbah dari kegiatan antropogenik seperti limbah kosmetik, limbah rumah tangga dan limbah kapal yang berada di sekitar perairan Pelabuhan Pasuruan yang disebabkan oleh musim penghujan yang terbawa melalui aliran sungai dan terperangkap di kawasan ekosistem mangrove. Yunus et al. (2011) menyatakan bahwa kawasan mangrove mampu memerangkap logam berat yang masuk ke dalam ekosistem dan menahannya agar tidak masuk ke dalam ekosistem lainnya dengan cara terakumulasi di dalam sedimen. Konsentrasi ini hampir serupa jika dibandingkan konsentrasi Cu pada sedimen di kawasan hutan mangrove Pantai Tanjung Buton yaitu 0,43 ppm (Amin et al. 2013).

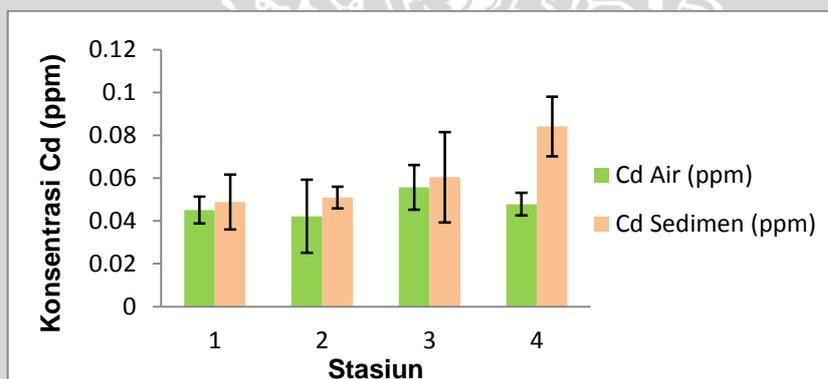
Konsentrasi Cu terendah pada sedimen terjadi pada stasiun 2 sebesar  $0,1487 \pm 0,07$  ppm. Hal ini diduga, adanya kelarutan logam berat dalam air yang dikontrol oleh pH air. Kenaikan pH dapat menurunkan kelarutan logam berat dalam air. Menurut Palar (2009) kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada perairan, sehingga akan mengendap di dalam sedimen. Selain itu, diakibatkan letak tambak tersebut yang terletak di tepi Muara Sungai Gembong dan hanya mendapat masukan limbah dari pemukiman saja. Konsentrasi Cu pada Tambak Bandeng di sekitar Pelabuhan Pasuruan ini hampir serupa dengan yang ditemukan oleh Kariada dan Irsadi (2014), konsentrasi Cu dalam sedimen pada Tambak Bandeng Tapak Semarang sebesar 0,1 ppm.

Pada stasiun 1 dan stasiun 4 memiliki nilai konsentrasi yang hampir sama yaitu stasiun 1 sebesar  $0,2603 \pm 0,02$  ppm dan stasiun 4 sebesar  $0,2643 \pm 0,04$  ppm. Hal ini diduga, karena stasiun 1 dan stasiun 4 terletak pada satu aliran air sungai yang sama dan pemanfaatan Cu sebagai aktivitas ekosistem perairan tidak begitu besar seperti yang terjadi pada stasiun 2 di Tambak Bandeng dan stasiun 3 di Kawasan Mangrove.

Konsentrasi logam berat Cu pada air dan sedimen dari hasil penelitian ini menunjukkan nilai yang sangat bervariasi dari satu stasiun ke stasiun lainnya. Secara alami konsentrasi logam berat ada di dalam air laut, namun dalam konsentrasi yang sangat kecil (Hutagalung,1991). Namun seiring dengan meningkatnya kepadatan penduduk dan banyaknya aktivitas di darat menyebabkan muara sungai di perairan Pelabuhan Pasuruan ini menjadi tempat pembuangan limbah cair maupun limbah padat yang banyak mengandung logam berat dan terus bertambah setiap harinya di muara sungai tersebut. Menurut Rochyatun et al. (2006) walaupun terjadi peningkatan sumber logam berat Cu, namun konsentrasinya logam Cu dalam air dapat berubah setiap saat. Menurut Pekey et al. (2004), faktor yang dapat mempengaruhi perilaku logam berat Cu dalam air adalah absorpsi serta redistribusi oleh proses-proses biologi. Parameter yang mempengaruhi logam berat adalah suhu, salinitas dan pH dengan sendirinya interaksi dari faktor-faktor tersebut akan berpengaruh terhadap fluktuasi konsentrasi logam berat dalam air yang umumnya dapat menurunkan konsentrasi logam berat dalam air, karena sebagian logam berat tersebut tersedimentasikan. Jadi konsentrasi logam dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan di kolom air.

#### 4.2.2 Logam Berat Cd (Kadmium) pada Air dan Sedimen

Konsentrasi Cd (Gambar 8) pada air dan sedimen di perairan Pelabuhan Pasuruan ini sangat bervariasi. Konsentrasi Cd pada air di empat stasiun ini cukup rata dan tidak memiliki perbedaan yang signifikan berkisar antara 0,0271 ppm - 0,0675 ppm dengan rata-rata sebesar  $0,0477 \pm 0,01$  ppm. Sedangkan konsentrasi Cd pada sedimen berkisar antara 0,0343 – 0,1002 ppm dengan rata-rata  $0,0611 \pm 0,02$  dan semakin ke arah Mulut Muara Sungai persebaran konsentrasinya semakin besar. Konsentrasi Cd pada sedimen ini lebih tinggi dibandingkan konsentrasi Cd pada kolom air. Hal ini membuktikan bahwa konsentrasi Cd sebagai bahan yang masuk ke dalam muara sungai mengalami pengendapan (Yudha, 2007). Adapun grafik pengukuran konsentrasi Cd pada air dan sedimen dapat di lihat pada Gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8. Konsentrasi logam berat Cd di perairan Pelabuhan Pasuruan

Menurut Gambar 8 di atas, persebaran konsentrasi Cd pada air ini hampir sama di setiap stasiun. Pada stasiun 1 sebesar  $0,0451 \pm 0,01$  ppm, di stasiun 2 sebesar  $0,0422 \pm 0,02$  ppm, di stasiun 3 sebesar  $0,0557 \pm 0,01$  ppm, dan di stasiun 4 sebesar  $0,0479 \pm 0,01$  ppm. Rendahnya nilai DO pada stasiun 2 menyebabkan menurunnya nilai konsentrasi Cd di kolom air. Hal ini diduga konsentrasi Cd pada air ini bersifat sementara dan akan langsung terakumulasi ke dalam sedimen. Konsentrasi Cd pada air di Pelabuhan Pasuruan cukup tinggi

jika dibandingkan dengan konsentrasi Cd pada sungai Way Kuala 0,002 ppm (Yudha, 2007). Pada stasiun 1, stasiun 3 dan stasiun 4 dilakukan pada saat hujan dimana debit air sungai Sungai Gembong yang mengalir ke perairan pelabuhan cukup besar sehingga terjadi pengenceran pada badan air sungai oleh air hujan. Tingginya nilai Cd pada air di empat stasiun ini dipengaruhi oleh inputan limbah yang berasal dari sampah plastik, serta berasal dari uap dan debu dari sisa-sisa pembakaran bahan bakar yang terlepas ke atmosfer yang akan jatuh ke perairan bersama air hujan yang akan terbawa melalui aliran sungai.

Persebaran konsentrasi Cd pada sedimen ini semakin ke hilir sungai semakin meningkat seperti grafik Gambar 8 pada stasiun 1 sebesar  $0,0488 \pm 0,01$  ppm, stasiun 2 sebesar  $0,0509 \pm 0,01$  ppm, di stasiun 3 sebesar  $0,0604 \pm 0,02$  ppm, dan di stasiun 4 sebesar  $0,0841 \pm 0,01$  ppm. Peningkatan konsentrasi Cd pada stasiun 1, stasiun 2, stasiun 3 dan stasiun 4, hal ini diduga karena pengaruh inputan limbah yang berasal dari muara sungai dan laut lepas. Apabila dihubungkan dengan pengaruh salinitas terhadap logam berat pada stasiun 4 memiliki nilai salinitas yang rendah. Randahnya salinitas pada stasiun 4 dapat meningkatkan daya toksik dan proses akumulasi Cd pada sedimen. Jadi konsentrasi Cd pada sedimen di stasiun 4 menjadi lebih tinggi. Penyebab tingginya kadar logam berat Cd dalam sedimen pada musim penghujan kemungkinan disebabkan oleh tingginya laju erosi pada permukaan tanah yang terbawa ke badan sungai, sehingga sedimen dalam sungai yang diduga mengandung logam berat akan terbawa oleh arus sungai menuju muara dan pada akhirnya terjadi proses sedimentasi. Selain itu stasiun 4 ini daerahnya lebih rendah jika dibandingkan dengan stasiun yang lain. Konsentrasi Cd pada sedimen di Perairan Pelabuhan Pasuruan ini cukup tinggi jika dibandingkan dengan konsentrasi Cd pada sedimen di perairan Muara Sungai Cisadane

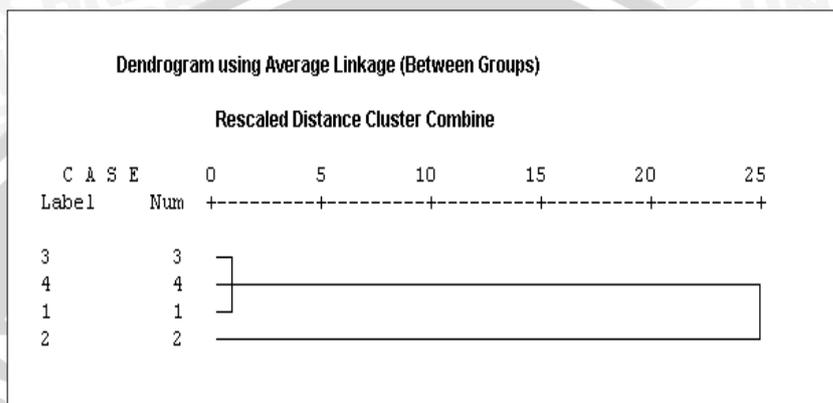
sebesar 0,02-0,03 ppm (Rochyatun dan Rozak, 2006). Hal ini di duga, Perairan Pelabuhan Pasuruan mendapatkan inputan limbah rumah tangga dan industri cukup banyak dan mengalir ke muara sungai. Serta di muara Sungai Gembong terdapat aktivitas pelabuhan, dimana terdapat banyak kapal para nelayan. Kapal-kapal tersebut dilapisi logam Cd yang bertujuan untuk memperlambat proses korosi dan dari sisa-sisa pembakaran bahan bakar yang terlepas ke atmosfer dan menurut McCain et al. (1988) mulai dari sinilah logam berat Cd masuk ke dalam perairan.

Perbedaan tinggi rendahnya konsentrasi logam Cd di setiap lokasi pengamatan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain pH dan suhu. Menurut Bryan and Langston (1992), kenaikan pH dapat menurunkan kelarutan logam berat dalam air, karena kenaikan pH menyebabkan logam berat berikatan dengan partikel di perairan dan mengalami deposisi, yaitu logam berat akan sukar larut dalam air karena berada dalam bentuk partikel tersuspensi. Kenaikan pH menyebabkan ion-ion  $Cd^{2+}$  akan bereaksi dengan ion  $OH^-$ , hal ini terjadi karena kenaikan pH maka perairan akan bersifat semakin basa sehingga otomatis kadar ion  $OH^-$  akan bertambah basa. Selanjutnya melalui proses absorpsi dan pengaruh arus ion-ion  $Cd^{2+}$  akan mengalami presipitasi atau pengendapan di sedimen (Palar, 2004). Mulut muara sungai daerahnya lebih rendah dibandingkan hulu dan badan sungai sehingga sedimentasi cenderung lebih cepat.

#### **4.3 Hubungan Konsentrasi Logam Berat dengan Parameter Lingkungan Berdasarkan Uji Pengelompokan (*Clustering Analysis*)**

Analisis clustering merupakan analisa data untuk mengelompokkan suatu obyek berdasarkan kriteria tertentu. Pada analisis clustering ini terdiri dari pengelompokkan paramater lingkungan, logam berat dan gabungan dari

parameter lingkungan dengan logam berat berdasarkan kesamaan kriteria stasiun pengamatan. Hasil dari analisa clustering akan membentuk beberapa cluster atau kelompok dalam dendogram yang menunjukkan bahwa beberapa variabel dalam satu cluster memiliki suatu kesamaan karakteristik. Hasil clustering parameter lingkungan dapat di lihat pada Gambar 9 di bawah ini.



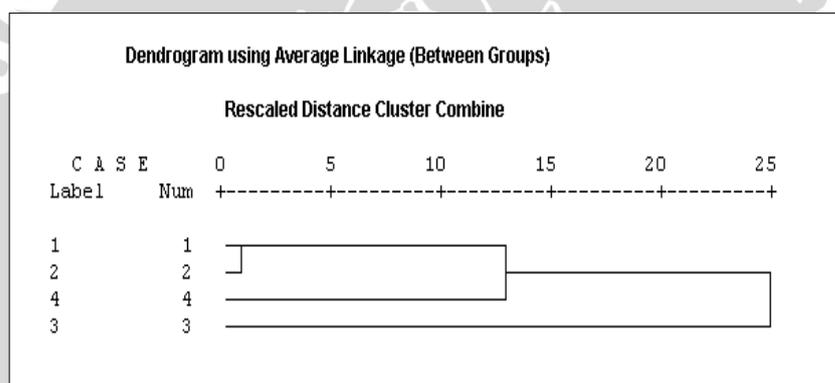
Gambar 9. Hasil Clustering Parameter Fisika Kimia di Perairan Pelabuhan Pasuruan

Berdasarkan dendogram pengelompokkan cluster di empat stasiun pengamatan diperoleh 2 cluster atau kelompok besar. Cluster atau kelompok 1 terdiri dari stasiun 1, 3 dan 4 sedangkan cluster atau kelompok 2 terdiri dari stasiun 2. Kelompok atau cluster 1 terdiri dari stasiun 1, 3 dan 4 membentuk satu kelompok karena pengukurannya pada saat hujan lebat memiliki nilai rata-rata parameter lingkungan yang tidak jauh berbeda antara stasiun seperti ditunjukkan pada hasil pengukuran pH sebesar 5,46-5,84, salinitas sebesar 1-1,3 ‰ dan suhu 27,3-27,6 °C. Stasiun 1, 3 dan 4 memiliki jarak paling kecil, hal ini menunjukkan bahwa ketiga stasiun memiliki tingkat kesamaan parameter lingkungan paling tinggi. Salinitas pada stasiun 1, 3 dan 4 terletak pada muara Sungai Gembong memiliki sifat yang sama seperti salinitas rendah yang

disebabkan adanya pengaruh pola pasang surut dan debit sungai yang dipengaruhi oleh musim dan karakteristik hidrologi aliran sungai.

Stasiun 2 membentuk kelompok atau cluster sendiri karena stasiun ini pengukurannya pada siang hari dan memiliki nilai rata-rata parameter lingkungan yang berbeda dengan rata-rata parameter lingkungan di stasiun lainnya seperti ditunjukkan pada hasil pengukuran pH sebesar  $7,19 \pm 0,48$ , salinitas sebesar  $20,7 \pm 3,79 \text{ ‰}$  dan suhu  $32,5 \pm 0,69 \text{ }^\circ\text{C}$ . Selain itu, stasiun 2 merupakan area lokasi yang dimanfaatkan sebagai tambak budidaya ikan bandeng.

Hasil clustering logam berat Cu dan Cd pada air dan sedimen dapat dilihat pada Gambar 10 di bawah ini.



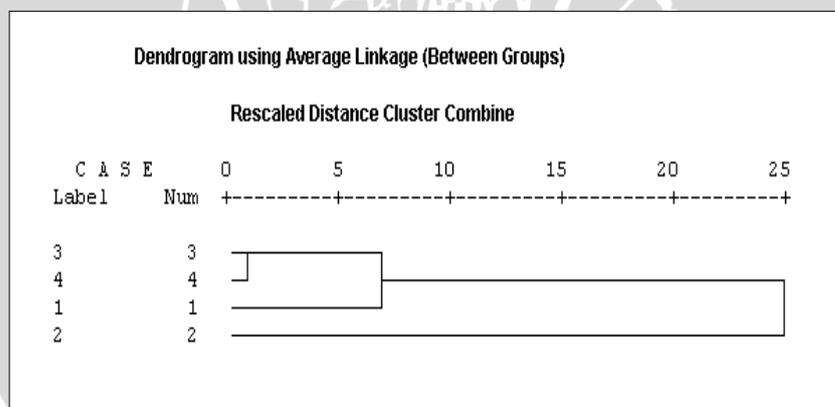
Gambar 10. Hasil Clustering Logam Berat Cu dan Cd di Perairan Pelabuhan Pasuruan berdasarkan 4 stasiun

Berdasarkan dendogram pengelompokan logam berat di 4 stasiun pengamatan diperoleh 2 cluster atau kelompok besar. Cluster atau kelompok 1 terdiri dari stasiun 1, 2 dan 4, sedangkan cluster atau kelompok 2 terdiri dari stasiun 3. Kelompok atau cluster 1 terdiri dari stasiun 1, 2 dan 4 membentuk satu kelompok karena memiliki nilai logam berat yang tidak jauh berbeda antara stasiun tersebut seperti ditunjukkan pada hasil pengukuran Cu di sedimen dengan nilai masing-masing yaitu  $0,2603 \pm 0,02 \text{ ppm}$ ;  $0,1487 \pm 0,07 \text{ ppm}$ ; dan

0,2643 ± 0,04 ppm dan Cd di air sebesar 0,0451 ± 0,01 ppm; 0,0422 ± 0,02 ppm, dan 0,0479 ± 0,01 ppm.

Pada dendogram (Gambar 10) dapat diketahui bahwa stasiun 1 dan stasiun 2 memiliki jarak paling kecil, hal ini menunjukkan bahwa kedua stasiun ini memiliki tingkat kesamaan paling tinggi. Stasiun 1 dan 2 terletak cukup dekat, dan memiliki nilai konsentrasi Cd di air yang hampir sama sebesar 0,0451 ± 0,01 ppm; 0,0422 ± 0,02 ppm. Kelompok 2 terdiri dari stasiun 3 yang terletak di daerah Kawasan Mangrove memiliki nilai konsentrasi Cu pada air sebesar 0,0784 ± 0,03 ppm, Cu pada sedimen sebesar 0,3321 ± 0,05 ppm dan konsentrasi Cd pada air sebesar 0,0557 ± 0,01 ppm.

Hasil clustering parameter lingkungan dengan logam berat Cu dan Cd pada air dan sedimen digunakan untuk mengetahui adanya pengaruh antara variabel terhadap variabel lain. Hasil clustering ini dapat dilihat pada Gambar 11 di bawah ini.



Gambar 11. Hasil Clustering Parameter Fisika Kimia dengan Logam Berat Perairan Pelabuhan Pasuruan berdasarkan 4 stasiun

Berdasarkan dendogram di atas diperoleh 2 cluster atau kelompok besar. Cluster atau kelompok 1 terdiri dari stasiun 1, 3 dan 4 sedangkan cluster atau kelompok 2 terdiri dari stasiun 2. Model dendogram parameter lingkungan dengan logam berat ternyata tidak jauh berbeda dengan dendogram parameter

lingkungan. Hal ini diduga bahwa parameter lingkungan mempengaruhi toksisitas logam berat.

Kelompok atau cluster 1 terdiri dari stasiun 1, 3 dan 4 membentuk satu kelompok karena pengukurannya terjadi hujan lebat. Stasiun 3 dan stasiun 4 memiliki kesamaan atau *similarity* yang lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun lainnya karena kedua stasiun ini memiliki sifat yang sama seperti salinitas yang rendah karena adanya pengaruh pola pasang surut dan debit sungai yang dipengaruhi oleh musim dan karakteristik hidrologi aliran sungai. Salinitas dapat mempengaruhi toksisitas logam berat, dimana salinitas mengalami penurunan maka tingkat akumulasi logam berat semakin besar sehingga logam berat akan lebih banyak ditemukan di sedimen daripada air laut. Hal ini dapat dibuktikan dengan tingginya nilai pengukuran akumulasi logam berat Cu dan Cd pada sedimen (Gambar 7 dan Gambar 8) yang terjadi pada stasiun 3 dan stasiun 4.

Parameter lingkungan diduga berpengaruh pada konsentrasi logam berat seperti suhu, pH dan salinitas. Kenaikan suhu akan mengurangi adsorpsi senyawa logam berat pada partikulat untuk mengendap ke dasar. Kenaikan pH dapat menurunkan kelarutan logam berat dalam air karena adanya perubahan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada perairan. Kenaikkan salinitas menyebabkan penurunan daya toksik logam berat karena terjadinya proses desalinasi. Jadi senyawa logam berat yang ada dapat terjadi proses sedimentasi.

Stasiun 2 membentuk kelompok atau cluster sendiri karena stasiun merupakan daerah tambak bandeng yang pengukurannya dilakukan pada siang hari dan memiliki nilai parameter lingkungan cukup tinggi dari semua stasiun dan memiliki nilai konsentrasi Cu sedimen yang jauh berbeda dengan stasiun lainnya. Jadi dari hasil clustering di atas dapat disimpulkan bahwa sebaran konsentrasi logam berat Cu dan Cd pada air dan sedimen di Perairan Pelabuhan Pasuruan

sangat bervariasi. Hal ini disebabkan oleh fluktuasi sifat logam berat di kolom air yang bersifat sementara dan cenderung mengendap di dalam sedimen yang dipengaruhi oleh parameter lingkungan.



## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian skripsi mengenai Sebaran konsentrasi Logam Berat Cu (Tembaga) dan Cd (Kadmium) pada Air dan Sedimen di Perairan Pelabuhan Pasuruan adalah sebagai berikut.

1. Hasil rata-rata pengukuran parameter fisika kimia perairan Pelabuhan Pasuruan pada 4 stasiun penelitian yang meliputi nilai suhu sebesar 28,7 °C, pH sebesar 6,04 dan salinitas sebesar 6 ‰ dan DO sebesar 5,22 mg/l.
2. Hasil persebaran konsentrasi logam berat menunjukkan nilai Cu air berkisar antara 0,0156 - 0,102 ppm dan Cu sedimen berkisar antara 0,0901 - 0,3942 ppm. Konsentrasi Cd air berkisar antara 0,0271 ppm - 0,0675 ppm dan Cd sedimen berkisar antara 0,0343 – 0,1002 ppm. Hal ini membuktikan konsentrasi Cu dan Cd lebih tinggi pada sedimen daripada di air yang diakibatkan oleh proses absorpsi logam terus-menerus yang terbawa oleh aliran sungai dan terjadi pengendapan di dalam sedimen.
3. Hasil analisis clustering dendrogram dari parameter lingkungan dan logam berat ini diperoleh 2 cluster. Cluster 1 terdiri dari stasiun 1, 3 dan 4 yang dipengaruhi oleh suhu, pH dan salinitas. Cluster 2 terdiri dari stasiun 2 karena memiliki nilai parameter lingkungan yang berbeda dari stasiun lainnya.

### 5.2 Saran

Saran yang bisa diberikan penulis agar Pemerintah Daerah atau Instansi yang terkait untuk bisa mewaspadai dan memperhatikan adanya logam berat di perairan sungai atau tambak, hal ini terkait dengan kemampuan logam terakumulasi pada ikan atau manusia yang mengkonsumsinya. Perlu penelitian

lebih lanjut dengan periode waktu penelitian yang lebih lama untuk mengkaji dan mengetahui lebih lanjut distribusi dan analisis konsentrasi logam berat tidak hanya Cu dan Cd tetapi logam berat lainnya pada air dan sedimen di Pelabuhan Pasuruan Jawa Timur. Selain itu, diperlukan penanggulangan dini untuk mengubah mindset masyarakat supaya lebih selektif dalam membuang limbah ke perairan dengan tujuan untuk menjaga kelestarian ekosistem perairan secara berkelanjutan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T., 2010. Kontaminasi Logam Berat Pada makanan dan Dampaknya Pada Kesehatan. Teknobuga 2.
- Ahmad, F., 2009. Tingkat Pencemaran Logam Berat dalam Air laut dan Sedimen di Perairan Pulau Muna, Kabaena, dan Buton Sulawesi Tenggara. Makara Sains 13, 117–124.
- Amin, B., Afriyani, E., Saputra, M.A., 2013. Distribusi Spasial logam Pb dan Cu Pada Sedimen dan Air Laut Permukaan di Perairan Tanjung Buton Kabupaten Siak Provinsi Riau. J. Teknobiologi 2.
- Apriadi, D., 2005. Kandungan Logam Berat Hg, Pb Dan Cr Pada Air, Sedimen dan Kerang Hijau (*Perna Viridis L.*) Di Perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta (Thesis). Bogor Agricultural University.
- Bryan, G.W., Langston, W.J., 1992. Bioavailability, Accumulation and Effects of Heavy Metals in Sediments with Special Reference to United Kingdom Estuaries: a review. Environ. Pollut. 76, 89–131.
- Darmono, 2006. Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa logam. Universitas Indonesia.
- Effendi, H., 2003. Telaah Kualitas Air, Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius.
- Erlina., Dwi Tunggal, S., Sri Subekti dan Moch. Amin Alamsjah, 2012. Pengaruh Pemberian Pakan Tambahan (Suplement Feed) dari Kombinasi Tepung Cacing Tanah (*Lumbricus Rubellus*) dan Tepung Spirulina Platensis Terhadap Pertumbuhan dan Retensi Protein Benih Ikan Bandeng (*Chanos Chanos*) Effect Of Supplement Feed. J. Mar. Coast. Sci. 1, 81–90.
- Gbaruko, B.C., Friday, O.V., 2007. Bioaccumulation of Heavy Metals in Some Fauna and Flora. International. J. Environmental. Science. Technology. 4, 197–202.
- Greaney, K.M., 2005. An Assessment of Heavy Metal Contamination in the Marine Sediments of Las Perlas Archipelago, Gulf of Panama. Master Sci. Thesis Submitt. Sch. Life Sci. HeriotWatt Univ. Edinb.
- 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. J. Anatomi Fisiologi. 22, 47–55.
- Herlambang, A., 2011. Pencemaran Air dan Strategi Penanggulangannya. J. Air Indonesia. 2.
- Hidayat, D., 2012. Kajian Sebaran Logam Berat Pb Pada Sedimen di Muara Sungai Way Kuala Bandar Lampung. J. Sains MIPA Univ. Lampung 17.

- Hutagalung, H.P., 1991. Pencemaran Laut oleh Logam Berat. Status Pencemaran Laut Indonesia dan Teknik Pemantauannya. Puslitbang Oseanologi LIPI Jakarta. 45–59.
- Huu Hieu, H.O., Swennen, R., Van Damme, A., 2002. Distribution and Contamination Status of Heavy Metals in Estuarine Sediments Near Cua Ong Harbor, Ha Long Bay, Vietnam. *Geologi. Belgica*. 2010, 37–47.
- Johan, T.I., 2012. Dampak Penambangan Emas Terhadap Kualitas Air Sungai Singingi di Kabupaten Kuantan Singingi Provinsi Riau. *J. Ilmu Lingkungan*. 5.
- Kariada, N.T., Irsadi, A., 2014. Peranan Mangrove Sebagai Biofilter Pencemaran Air Wilayah Tambak Bandeng Tapak, Semarang. *Jurnal Manusia dan Lingkungan* 21, 188–194.
- Louhi, Louhi, Atika Hammadi, Mabrouka Achouri, 2012. Determination of Some Heavy Metal Pollutants in Sediments of the Seybouse River in Annaba, Algeria. *Air Soil Water Res.* 91.
- McCain, B.B., Brown, D.W., Krahn, M.M., Myers, M.S., Clark, R.C., Chan, S.-L., Malins, D.C., 1988. Marine pollution Problems, North American west coastal Aquatic. *Toxicology*. 11, 143–162.
- Moleong, L.J., 1999. *Metodologi Penelitian*. Bandung: PT. Remaja Rosda Karya.
- Mukhtasor, M., Eng, M., 2007. *Pencemaran Pesisir dan Laut*. Pradnya Paramita Jakarta.
- Mwashote, B.M., 2004. Levels of Cadmium and Lead in Water, Sediments and Selected Fish Species in Mombasa, Kenya. *West. Indian Ocean J. Marine Science*. 2, 25–34.
- Nehme, N., Haydar, C., Koubaissy, B., Fakhri, M., Awad, S., Toufaily, J., Villieras, F., Hamieh, T., 2014. The Distribution of Heavy Metals in The Lower River Basin, Lebanon. *Phys. Procedia* 55, 456–463.
- Palar, H., 2004. *Toksikologi dan Pencemaran Logam Berat*. PT Rineka Cipta Jakarta.
- Pekey, H., Karakaş, D., Bakoglu, M., 2004. Source Apportionment of Trace Metals in Surface Waters of a Polluted Stream Using Multivariate Statistical Analysis. *Marine Pollution. Bulletin*. 49, 809–818.
- Priyanto, N., Ariyani, F., 2008. Kandungan Logam Berat (Hg, Pb, Cd, dan Cu) pada ikan, air, dan sedimen di Waduk Cirata, Jawa Barat. *J. Pascapanen Dan Bioteknologi. Kelautan dan Perikanan*. 3, 69–78.
- Qin, F., Shan, X., Wei, B., 2004. Effects of Low-Molecular-Weight Organic Acids and Residence Time on Desorption of Cu, Cd, and Pb from Soils. *Chemosphere* 57, 253–263.

- Rachmaningrum, M., 2015. Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) pada Perairan Sungai Citarum Hulu Segmen Dayeuhkolot-Nanjung. Reka Lingkungan. 3.
- Rochyatun, E., Kaisupy, M.T., Rozak, A., 2006. Distribusi Logam Berat dalam Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane. Makara Sains 10, 35–40.
- Rochyatun, E., Rozak, A., 2007. Pemantauan Kadar Logam Berat dalam Sedimen di Perairan Teluk Jakarta. Makara Sains 11, 28–36.
- Rumahlatu, D., 2012. Biomonitoring: Sebagai Alat Asesmen Kualitas Perairan Akibat Logam Berat Kadmium Pada Invertebrata Perairan. Sainstis.
- Sagala, S.L., Bramawanto, R., Kuswardani, A.R., Pranowo, W.S., 2015. Distribution Of Heavy Metals In Natuna Coastal Waters. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis. 6.
- Salmin, 2005. Oksigen Terlarut (DO) Dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan. Oseana, Volume XXX, 21 – 26.
- Santoso, S., 2005. Seri Solusi Bisnis Berbasis TI: Menggunakan SPSS untuk Statistik Multivariat. Elex Media Komputindo.
- Sanusi, H.S., 2006. Kimia Laut, Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan. Bogor Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan. Institut Pertanian Bogor 188.
- Selvaraj, K., Mohan, V.R., Szefer, P., 2004. Evaluation of Metal Contamination in Coastal Sediments of The Bay of Bengal, India: Geochemical and Statistical Approaches. Marine Pollution Bulletin 49, 174–185.
- Setiawan, H., 2015. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat pada Vegetasi Mangrove di Pesisir Sulawesi Selatan. J. Ilmu Kehutanan 7, 12–24.
- Sugiyono, D., 2000. Metode Penelitian. Bdg. CV Alfabeta.
- Tarigan, Z., Rozak, A., others, 2010. Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Ni Dalam Air Laut dan Sedimen di Muara Sungai Membramo, Papua dalam Kaitannya dengan Kepentingan Budidaya Perikanan. Makara Science Series. 7.
- Yudha, I.G., 2007. Kajian Pencemaran Logam Berat di Wilayah Pesisir Kota Bandar Lampung. Universitas Lampung Bandar Lampung.
- Yunus, K., Mohd Yusuf, N., Shazili, M., Azhar, N., Ong, M.C., Saad, S., Khan Chowdhury, A.J., Bidai, J., 2011. Heavy Metal Concentration in The Surface Sediment of Tanjung Lumpur Mangrove Forest, Kuantan, Pahang, Malaysia. Sains Malaysiana. 40, 89–92.

Lampiran 1. Hasil Pengukuran kualitas air dan logam berat di Perairan Pelabuhan Pasuruan

Stasiun	Parameter Fisika Kimia Perairan										Logam Berat					
	Suhu ( °C)		pH		Salinitas (‰)		DO (mg/l)		Cu Air (ppm)		Cu Sedimen (ppm)		Cd Air (ppm)		Cd Sedimen (ppm)	
	Rata-rata	STDEV	Rata-rata	STDEV	Rata-rata	STDEV	Rata-rata	STDEV	Rata-rata	STDEV	Rata-rata	STDEV	Rata-rata	STDEV	Rata-rata	STDEV
1	27,6	0,31	5,46	0,18	1	0	4,6	0,09	0,0524	0,02	0,2603	0,02	0,0451	0,01	0,0488	0,01
2	32,5	0,69	7,19	0,48	20,7	3,79	5,16	0,12	0,0607	0,04	0,1487	0,07	0,0422	0,02	0,0509	0,01
3	27,3	0,12	5,68	0,35	1,33	0,58	5,35	0,01	0,0784	0,03	0,3321	0,05	0,0557	0,01	0,0604	0,02
4	27,5	0,06	5,84	0,27	1	0	5,78	0,02	0,0622	0,04	0,2643	0,04	0,0479	0,01	0,0841	0,01
<b>Rata-rata</b>	28,7	0,29	6,04	0,32	6	1,09	5,22	0,06	0,0634	0,01	0,2514	0,08	0,0477	0,01	0,0611	0,02

Lampiran 2. Hasil Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia Perairan Pelabuhan Pasuruan

1. Tempat Sandar Kapal

Stasiun		Suhu ( °C)	pH	Salinitas (‰)	DO (mg/l)
1	Pengukuran 1	27,3	5,46	1	4,63
	Pengukuran 2	27,7	5,63	1	4,5
	Pengukuran 3	27,9	5,28	1	4,67
<b>Min</b>		27,3	5,28	1	4,5
<b>Maks</b>		27,9	5,63	1	4,67
<b>Rata-Rata</b>		27,6	5,46	1	4,6
<b>Standar Deviasi</b>		0,31	0,18	0	0,089

3. Kawasan Mangrove

Stasiun		Suhu ( °C)	Ph	Salinitas (‰)	DO (mg/l)
3	Pengukuran 1	27,2	5,91	1	5,34
	Pengukuran 2	27,4	5,28	2	5,36
	Pengukuran 3	27,4	5,85	1	5,34
<b>Min</b>		27,2	5,28	1	5,34
<b>Maks</b>		27,4	5,91	2	5,36
<b>Rata-Rata</b>		27,3	5,68	1,3	5,34
<b>Standar Deviasi</b>		0,06	0,35	0,58	0,011

2. Tambak Bandeng

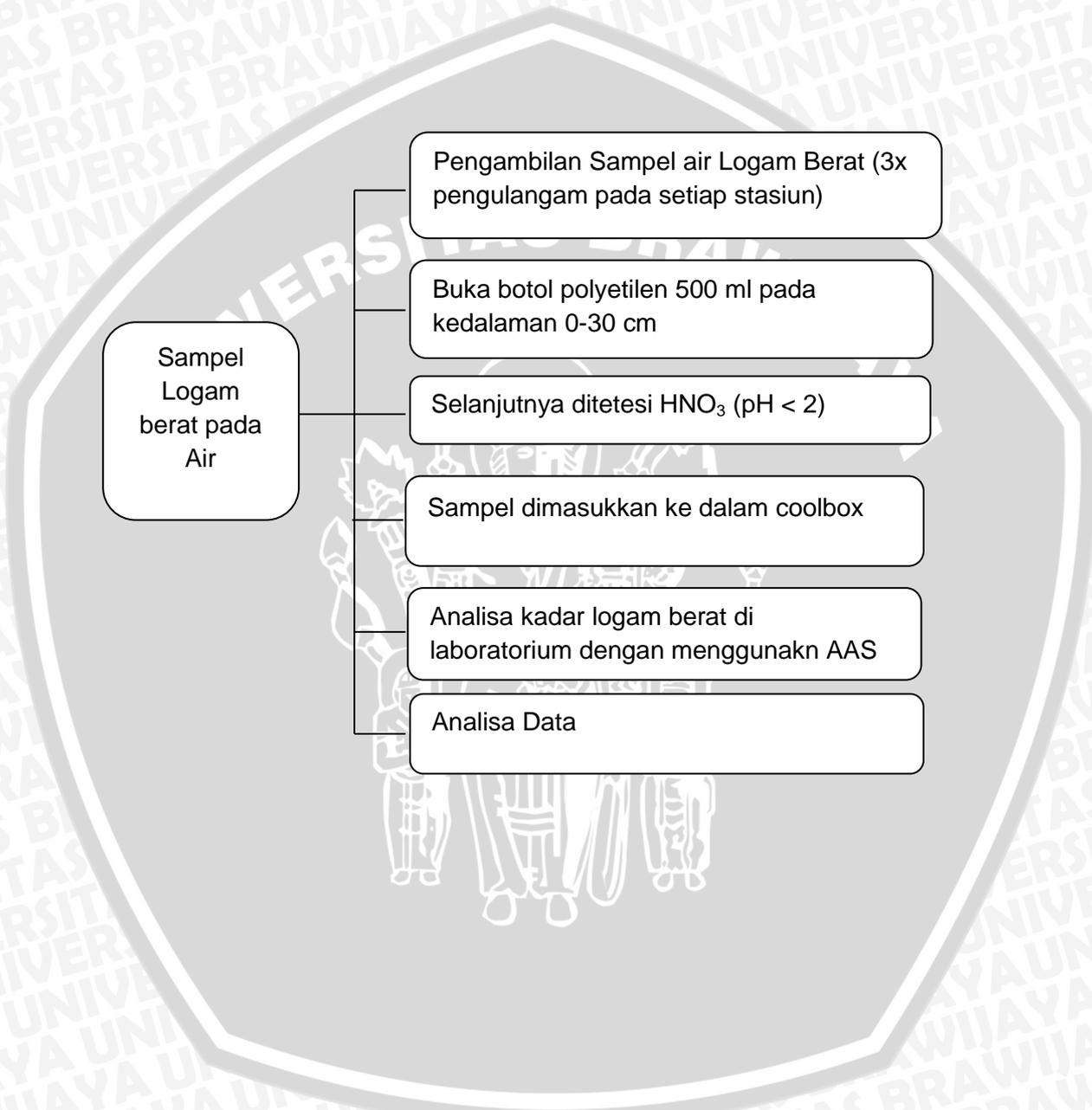
Stasiun		Suhu ( °C)	pH	Salinitas (‰)	DO (mg/l)
2	Pengukuran 1	32,9	7,74	19	5,12
	Pengukuran 2	32,9	6,89	25	5,3
	Pengukuran 3	31,7	6,93	18	5,07
<b>Min</b>		31,7	6,89	18	5,07
<b>Maks</b>		32,9	7,74	25	5,3
<b>Rata-Rata</b>		32,5	7,19	20,7	5,16
<b>Standar Deviasi</b>		0,69	0,48	3,79	0,12

4. Mulut Muara Sungai

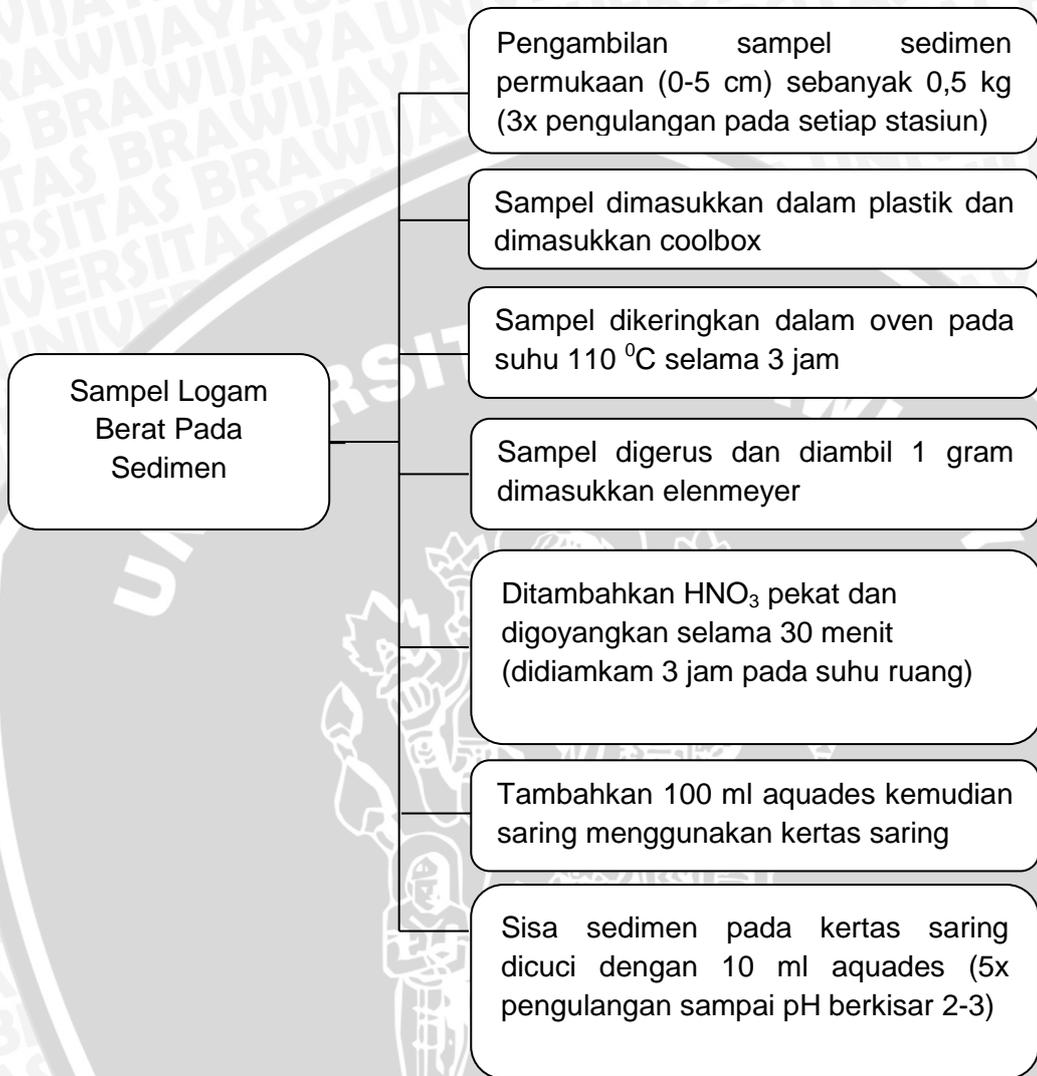
Stasiun		Suhu ( °C)	pH	Salinitas (‰)	DO (mg/l)
4	Pengukuran 1	27,5	6,15	1	5,76
	Pengukuran 2	27,4	5,7	1	5,8
	Pengukuran 3	27,5	5,68	1	5,79
<b>Min</b>		27,4	5,68	1	5,76
<b>Maks</b>		27,5	6,15	1	5,8
<b>Rata-Rata</b>		27,5	5,84	1	5,78
<b>Standar Deviasi</b>		0,29	0,27	0	0,02

Lampiran 3. Skema Kerja Pengambilan Sampel

1. Skema Kerja Pengambilan Sampel Air



2. Skema Kerja Pengambilan Sampel Sedimen



Lampiran 4. Hasil Clustering Parameter Fisika Kimia dan Logam Berat

1. Parameter Lingkungan

Average Linkage (Between Groups)

Agglomeration Schedule

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	3	4	.169	0	0	2
2	1	3	.598	0	1	3
3	1	2	19.545	2	0	0

Cluster Membership

Case	3 Clusters	2 Clusters
1:1	1	1
2:2	2	2
3:3	3	1
4:4	3	1

Vertical Icicle

Number of clusters	Case						
	2:2		4:4		3:3		1:1
1	X	X	X	X	X	X	X
2	X		X	X	X	X	X
3	X		X	X	X		X

## 2. Parameter Logam Berat

### Average Linkage (Between Groups)

Agglomeration Schedule

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	1	2	3.012	0	0	2
2	1	4	6.647	1	0	3
3	1	3	10.565	2	0	0

Cluster Membership

Case	3 Clusters	2 Clusters
1:1	1	1
2:2	1	1
3:3	2	2
4:4	3	1

Vertical Icicle

Number of clusters	Case						
	3:3		4:4		2:2		1:1
1	X	X	X	X	X	X	X
2	X		X	X	X	X	X
3	X		X		X	X	X

### 3. Gabungan Parameter Lingkungan dan Logam Berat

#### Average Linkage (Between Groups)

Agglomeration Schedule

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	3	4	5.792	0	0	2
2	1	3	10.160	0	1	3
3	1	2	23.296	2	0	0

Cluster Membership

Case	3 Clusters	2 Clusters
1:S1	1	1
2:S2	2	2
3:S3	3	1
4:S4	1	1

Vertical Icicle

Number of clusters	Case						
	2:S2		3:S3		4:S4		1:S1
1	X	X	X	X	X	X	X
2	X		X	X	X	X	X
3	X		X		X	X	X

Lampiran 5. Hasil Logam berat Cu dan Cd pada AAS

	KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM) FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM <b>LABORATORIUM KIMIA</b> Jalan Semarang 5, Malang 65145 Telepon: 0341- 562180 Laman: www.um.ac.id		<b>FPO</b> <b>5.10-1</b>
	<b>FORMULIR</b> JUDUL <b>LAPORAN HASIL PENGUJIAN</b>		Tgl. Terbit / Revisi : 23 Februari 2016 Halaman : 1-2 File : Siti Aminah

Nomor : 013A /UN.32.3.7.3/LT/2016

Nama Pemilik : Siti Aminah

NIM : 125080601111008

Alamat : Jl. Veteran - Malang 65145

Jenis contoh : Cair dan padat

Tanggal Terima Sampel : 11 Februari 2016

Tanggal Uji Sampel : 21 Februari 2016

Metode Uji : AAS

Kondisi khusus dari contoh : tidak ada

Hasil Pengujian : Kadar Tembaga (Cu) dan Cadmium (Cd)

No	Kode Sampel	Konsentrasi (ppm)		Massa Sampel Yang ditimbang	Keterangan
		Cu	Cd		
1	AST 1A	0,0438	0,0390	-	• X gram semua sampel sedimen yang telah ditimbang dilarutkan dalam HNO <sub>3</sub> 2 M hingga 50 mL. • Print screen analisis Cu dan Cd, terlampir.
2	AST 1B	0,0707	0,0448	-	
3	AST 1C	0,0426	0,0516	-	
4	AST 2A	0,0156	0,0388	-	
5	AST 2B	0,0926	0,0271	-	
6	AST 2C	0,0738	0,0607	-	
7	AST 3A	0,0889	0,0675	-	
8	AST 3B	0,0463	0,0521	-	
9	AST 3C	0,1001	0,0476	-	
10	AST 4A	0,1020	0,0516	-	
11	AST 4B	0,0513	0,0502	-	
12	AST 4C	0,0332	0,0418	-	
13	ASE 1A	0,2841	0,0343	1,0032	
14	ASE 1B	0,2566	0,0586	1,0114	



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
 UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM)  
 FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
**LABORATORIUM KIMIA**  
 Jalan Semarang 5, Malang 65145  
 Telepon: 0341- 562180  
 Laman: www.um.ac.id

FPO  
 5.10-1

<b>FORMULIR</b>	Tgl. Terbit / Revisi : 23 Februari 2016
JUDUL	Halaman : 2-2
<b>LAPORAN HASIL PENGUJIAN</b>	File : Siti Aminah

No	Kode Sampel	Konsentrasi (ppm)		Massa Sampel Yang ditimbang	Keterangan
		Cu	Cd		
15	ASE 1C	0,2403	0,0535	1,0046	
16	ASE 2A	0,2190	0,0453	1,0005	
17	ASE 2B	0,0901	0,0551	1,0007	
18	ASE 2C	0,1370	0,0523	1,0017	
19	ASE 3A	0,3079	0,0376	1,0002	
20	ASE 3B	0,2942	0,0642	1,0062	
21	ASE 3C	0,2941	0,0794	1,0043	
22	ASE 4A	0,2997	0,0763	1,0033	
23	ASE 4B	0,2635	0,0759	1,0075	
24	ASE 4C	0,2297	0,1002	1,0044	

23 Februari 2016  
 Kepala Laboratorium Kimia,



**Dr. H. Yudhi Utomo, M. Si**  
 NIP 196705011996031002



Lampiran 6. Hasil Dokumentasi di Lapangan



Tempat Sandar Kapal



Preparasi botol



Tambak Bandeng



Pengukuran pH (pH meter)



Pengambilan sedimen di Tambak Bandeng



Kawasan Mangrove yang berdekatan dengan tempat sandar kapal nelayan



Mulut Muara Sungai



Pengambilan sedimen di Mulut Muara Sungai



Pengambilan sedimen



Pengambilan sedimen



Kawasan Mangrove



Kawasan Mangrove