

**ANALISA KANDUNGAN LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) DAN ARSEN (As)
PADA AIR DAN SEDIMEN DI PERAIRAN PELABUHAN GRESIK
JAWA TIMUR**

SKRIPSI

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN

JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN

Oleh :

ERWAN TEDY PRATAMA

NIM. 105080600111031



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2015

**ANALISA KANDUNGAN LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) DAN ARSEN (As)
PADA AIR DAN SEDIMEN DI PERAIRAN PELABUHAN GRESIK
JAWA TIMUR**

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

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

**Oleh:
ERWAN TEDY PRATAMA
NIM. 105080600111031**



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

SKRIPSI

ANALISA KANDUNGAN LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) DAN ARSEN (As) PADA AIR
DAN SEDIMEN DI PERAIRAN PELABUHAN GRESIK
JAWA TIMUR

Oleh:

ERWAN TEDY PRATAMA

NIM. 105080600111031

Telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 26 Mei 2015
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

Dosen Penguji I

(Dr. Ir. Mulyanto, M.Si)
NIP. 196003171986021001
Tanggal:

Dosen Penguji II

(Rarasrum Dyah Kasitowati, S.Kel, M.Sc, M.Si)
NIK. 20130486091520001
Tanggal:

Dosen Pembimbing I

(Dr. Ir. Guntur, MS)
NIP. 195806051986011001
Tanggal:

Dosen Pembimbing II

(Dwi Candra Pratiwi, S.Pi, M.Sc)
NIK. 86011508120318
Tanggal:

Mengetahui,

Ketua Jurusan PSPK

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

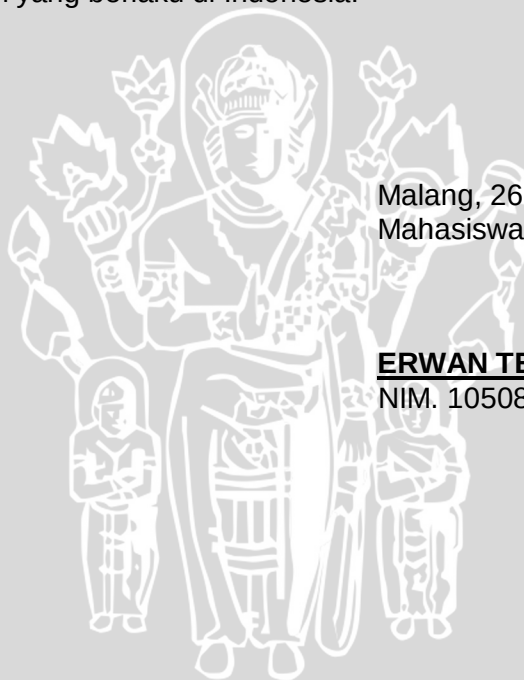
PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam 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 skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 26 Mei 2015
Mahasiswa

ERWAN TEDY PRATAMA
NIM. 105080600111031



UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga terselesaikannya laporan ini.
2. Orang tua yang selalu mendukung dan mendoakan agar cepat selesai dan lancar untuk menyelesaikan laporan skripsi.
3. Bapak Dr. Ir. Guntur, MS selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan masukan, dorongan motivasi dan arahan selama penyusunan laporan.
4. Ibu Dwi Candra Pratiwi, S.Pi, M.Sc selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan masukan, motivasi, arahan, bimbingan, saran, waktu dan kesabaran yang telah diberikan selama penyusunan laporan. Saya mengucapkan terima kasih banyak.
5. Keluarga besar IK 2010 yang telah banyak memberikan masukan dan semangat hingga tersusunnya laporan skripsi.
6. Seseorang yang tersayang yang selalu memotivasi dan memberi semangat dari awal hingga selesai laporan skripsi.
7. Keluarga Kontrakan : Fafa, Diki, Dian, Lukman dan lain-lain yang membantu dalam memberikan semangat dan dorongan dalam penyusunan laporan skripsi.
8. Kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuan dan dukungan yang diberikan untuk kelancaran studi saya.

RINGKASAN

ERWAN TEDY PRATAMA. Analisa Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) dan Arsen (As) pada Air dan Sedimen di Perairan Pelabuhan Gresik Jawa Timur (dibawah bimbingan **Dr. Ir. GUNTUR, MS** dan **DWI CANDRA PRATIWI, S.Pi, M.Sc**).

Secara topografi, wilayah Kabupaten Gresik terletak antara 112° – 113° Bujur Timur dan 7° – 8° Lintang Selatan dengan Luas wilayah perairan sebesar $5.773.80 \text{ Km}^2$ yang mendapat kontaminasi dari aktivitas disekitar seperti kegiatan industry sehingga perlunya dilakukan kajian penelitian kualitas air dengan fokus pada logam berat As dan Cd. Arsen (As) dan Cadmium (Cd) merupakan jenis logam berat yang sering digunakan dalam kegiatan industri

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur nilai parameter lingkungan perairan baik fisika maupun kimia, mengetahui distribusi konsentrasi logam berat Cd dan As pada air dan sedimen, menganalisis hasil dari parameter lingkungan dan logam berat menggunakan metode clustering dan untuk mengetahui kesamaan karakteristik pada masing-masing stasiun.

Metode penelitian yang digunakan, yaitu metode deskriptif kuantitatif yang dilakukan dengan pengukuran parameter lingkungan perairan. Penentuan stasiun dilakukan dengan metode *purposive sampling* dengan 6 stasiun.

Hasil dari nilai rata-rata pengukuran parameter lingkungan perairan secara keseluruhan di semua stasiun setelah dibandingkan dengan baku mutu Perairan Laut, di wilayah Perairan Pelabuhan Gresik Jawa Timur masih tergolong baik dan hanya ada satu parameter yang berindikasi negative yaitu nilai kecerahan yang rendah dibawah baku mutu. Hasil pengukuran parameter logam berat menunjukkan nilai Arsen (As) pada air dan sedimen setelah dibandingkan dengan baku mutu perairan laut pada Lampiran 1, 2 dan 3 dan nilai standar baku mutu lingkungan IADC secara keseluruhan tidak melebihi baku mutu

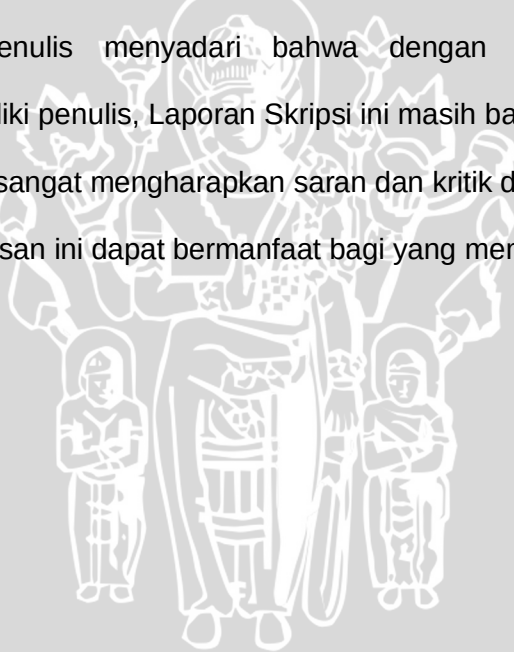
Pada hasil analisis (*clustering Analysis*) menunjukkan nilai Z-Score clustering menunjukkan bahwa adanya kesamaan tertinggi yaitu nilai pada parameter lingkungan antara stasiun 3 dan 5 yaitu suhu perairan sebesar -0,221. Pada dendogram clustering parameter logam berat stasiun yang memiliki nilai koefisien similiarity tertinggi adalah pada stasiun 1 dan 4 yakni sebesar 0,133. Selain itu, dendogram clustering gabungan antara parameter lingkungan dan logam berat menunjukkan stasiun 1 dan 2 dengan nilai similarity tertinggi.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan mengucapkan puji dan syukur ke hadirat Allah SWT atas segala anugerah dan karunia-Nya, penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan Skripsi ini, serta dapat pula menyelesaikan laporan dengan judul **ANALISA KANDUNGAN LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) DAN ARSEN (As) PADA AIR DAN SEDIMEN DI PERAIRAN PELABUHAN GRESIK JAWA TIMUR**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kelautan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa dengan kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis, Laporan Skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik demi sempurnanya laporan ini. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkan.



DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Waktu dan Tempat.....	5
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pencemaran Perairan.....	6
2.2 Pencemaran Logam Berat di Lingkungan dan Ekosistem Perairan.....	6
2.2.1 Kadmiun (Cd).....	6
2.2.2 Logam Berat Arsen (As).....	7
2.3 Kandungan Logam Berat Dalam Air.....	8
2.4 Kandungan Logam Berat Dalam Sedimen.....	9
2.5 Parameter Fisika dan Kimia.....	9
2.5.1 Derajat Keasaman (pH).....	9
2.5.2 Salinitas.....	10
2.5.3 Oksigen Terlarut (DO).....	10
2.5.4 Suhu.....	10
2.5.5 Kecerahan.....	11
2.5.6 Arus.....	11
3. METODOLOGI.....	13
3.1 Materi Penelitian.....	13
3.2 Penentuan Lokasi Penelitian.....	13
3.2.1 Teknik Pengambilan Sampel.....	15
3.2.2 Air Laut.....	15
3.2.3 Sedimen.....	17
3.3 Parameter Fisika dan Kimia.....	18

3.3.1 Parameter Fisika	18
3.3.2 Parameter Kimia.....	18
3.4 Alat dan Bahan	19
3.4.1 Alat.....	19
3.4.2 Bahan.....	20
3.5.2 Tahapan Penelitian.....	20
3.5.3 Deskripsi Lokasi Penelitian	21
3.6 Analisis Data.....	24
3.6.1 Perbandingan Dengan Baku Mutu	24
3.6.2 Analisis <i>Clustering</i>	24
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian	26
4.1.1 Kondisi Umum	26
4.1.2 Data Hasil Pengukuran Parameter Lingkungan dan Logam Berat	27
4.2 Analisis Parameter Lingkungan.....	29
4.2.1 Analisis Parameter Fisika Perairan.....	29
4.2.1.1 Suhu	29
4.2.1.2 Kecepatan Arus	30
4.2.1.3 Kecerahan	32
4.2.2 Analisis Parameter Kimia Perairan	33
4.2.2.1 Salinitas	33
4.2.2.2 pH (Derajat Keasamaan).....	35
4.2.2.3 DO (Dissolved Oxygen).....	36
4.3 Analisis Logam Berat.....	38
4.3.1 Logam Berat Cd (Cadmium).....	38
4.3.1.1 Logam Berat Cd (Cadmium) pada Air	38
4.3.1.2 Logam Berat Cd (Cadmium) pada Sedimen.....	41
4.3.2 Logam Berat As (Arsen)	43
4.3.2.1 Logam Berat As (Arsen) pada Air.....	44
4.3.2.2 Logam Berat As (Arsen) pada Sedimen	46
4.3.3 Pola Arus.....	48
4.4 Hasil Analisis Clustering	49
4.4.1 Analisis Clustering Parameter Lingkungan Perairan	49
4.4.2 Analisis Parameter Logam Berat	51
4.4.3 Analisis Clustering Parameter Lingkungan dan Logam Berat	53
4.5 Analisis PCA (Principal Component Analysis).....	54

5. KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....	59
LAMPIRAN	64



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Parameter fisika.....	18
2. Parameter kimia.....	18
3. Alat yang digunakan pada penelitian	19
4. Bahan yang digunakan pada penelitian	20
5. Lokasi Stasiun Penelitian.....	14
6. Deskripsi Stasiun Pengambilan Sampel.....	21
7. Data Hasil Pengukuran Parameter Lingkungan dan Logam Berat	28



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Lokasi pengambilan sampel yang terdiri dari enam stasiun	14
2. Skema Tahapan Penelitian	21
3. Suhu (°C) Perairan Pelabuhan Gresik, Jawa Timur	29
4. Kecepatan Arus (m/s) Perairan Pelabuhan Gresik, Jawa Timur	31
5. Kecerahan (cm) Perairan Pelabuhan Gresik, Jawa Timur	33
6. Salinitas ($^0_{/100}$) Perairan Pelabuhan Gresik, Jawa Timur	34
7. pH Perairan Pelabuhan Gresik, Jawa Timur	35
8. DO (mg/L) Perairan Pelabuhan Gresik, Jawa Timur	37
9. Grafik Konsentrasi Logam Berat Cadmium (Cd) di Air	39
10. Grafik Konsentrasi Logam Berat Cadmium (Cd) di Sedimen	42
11. Grafik Konsentrasi Logam Berat Arsen (As) (mg/L) di Air	44
12. Grafik Konsentrasi Logam Berat Arsen (As) (mg/L) di Air	47
13. Pola Arus Perairan Gresik	48
14. Clustering Parameter Lingkungan Perairan	49
15. Clustering Parameter Logam Berat	51
16. Clustering Parameter Lingkungan Perairan dengan Logam Berat	53
17. Hasil Analisis PCA (Principal Component Analysis)	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Foto Dokumentasi Kegiatan Lapang	64
2. Hasil Pengukuran Lapang Parameter Fisika dan Kimia	65
3. Hasil Z Score Data Parameter Lingkungan Dan Logam Berat.....	66
4. Hasil Analisis Clustering.....	67
5. Hasil Analisis PCA	73
6. Hasil Analisis Konsentrasi Logam Berat.....	74



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran akibat kegiatan industri dapat menyebabkan kerugian besar, karena umumnya buangan/limbah mengandung zat beracun antara lain raksa (Hg), kadmium (Cd), krom (Cr), timbal (Pb), tembaga (Cu), Arsenik (As) yang sering digunakan dalam proses produksi suatu industri baik sebagai bahan baku, katalisator atau pun bahan utama. Logam-logam ini akan membentuk senyawa organik dan anorganik yang berperan dalam merusak kehidupan makhluk hidup yang ada di dalam perairan (Darmono, 2001).

Di suatu industri, limbah yang dihasilkan sangat bervariasi tergantung dari jenis dan ukuran industri, pengawasan pada proses industri, derajat penggunaan air, dan derajat pengolahan air limbah yang ada. Selain limbah cair, limbah padat (sampah) juga merupakan beban pencemaran yang dapat masuk ke perairan baik secara langsung maupun tak langsung. Pada limbah industri seringkali terdapat bahan pencemar yang sangat membahayakan seperti logam berat (Palar, 1994).

Kerusakan ekosistem dapat disebabkan oleh adanya limbah. Banyaknya pabrik atau industri yang membuang limbah industrinya ke wilayah perairan seperti sungai tanpa pengolahan atau penanganan limbah terlebih dahulu dapat menimbulkan pencemaran. Pencemaran adalah masuknya makhluk hidup, zat energi, dan komponen lain ke dalam air atau udara, dan atau berubahnya tatanan (komposisi) air atau udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas air atau udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Kristanto, 2002).

Pada umumnya semua logam berat tersebar di seluruh permukaan bumi, tanah, air, maupun udara. Beberapa diantaranya berperan penting dalam kehidupan makhluk hidup dan disebut sebagai hara mikro esensial. Secara biologis beberapa logam dibutuhkan oleh makhluk hidup pada konsentrasi tertentu dan dapat berakibat fatal apabila tidak dipenuhi. Oleh karena itu logam-logam tersebut dinamakan mineral-mineral esensial tubuh, tetapi jika logam-logam esensial masuk dalam tubuh dalam jumlah berlebihan, akan berubah fungsi menjadi racun bagi tubuh. Semua logam berat dapat menjadi racun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup (Palar, 2008). Tidak seperti polutan organik yang pada beberapa kasus pencemaran dapat didegradasi, logam berat yang dibuang ke lingkungan cenderung tidak terdegradasi, tersirkulasi dan biasanya terakumulasi melalui rantai makanan yang merupakan ancaman bagi hewan dan manusia (Chen et al., 1996).

Logam berat jika sudah terserap ke dalam tubuh mikroorganisme maka tidak dapat dihancurkan, bersifat toksik dan mengganggu kehidupan mikroorganisme. Pada manusia logam berat 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 (Putra et al, 2005).

Limbah industri yang menyebabkan pencemaran perairan dan merusak ekosistem sebagai awal dari ketidak seimbangan kehidupan biota laut diakibatkan oleh aktivitas manusia baik dalam skala besar yang banyak menggunakan beragam jenis bahan kimia yang berbahaya bagi lingkungan seperti limbah rumah tangga maupun limbah industri.

Kondisi topografi kota Gresik dan daerah-daerah yang mengitari yaitu daerah karang dengan bebatuan kapur yang sulit untuk dijadikan lahan pertanian bukan berarti bencana bagi penduduk setempat. Kondisi yang cukup menyulitkan tersebut membawa beka tersendiri bagi warga Gresik. Justru kondisi topografi yang sulit itulah dalam perkembangan selanjutnya menjadi stimulasi bagi perluasan kota Gresik dan pendorong terjadinya perubahan sosial di kota tersebut. Pada gilirannya kondisi topografi telah memberikan sumbangan besar bagi terjadinya suatu dinamika kehidupan dan dinamika kota, dari masyarakat tani, nelayan, dan home industri menjadi masyarakat yang mengandalkan sektor industri besar dan perdagangan serta dari kota yang statis dan tertidur cukup lama menjadi kota yang dinamis. Gejala ini timbul mulai ketika tahun 1953 pemerintah mendirikan pabrik semen Gresik, dan mulai terbentuknya komunitas semen Gresik pada tahun 1959, momen ini menjadi titik awal terjadinya proses industrialisasi di kota Gresik sehingga kota ini mendapat predikat baru kota industri di Jawa Timur, serta menjadi awal terbentuknya masyarakat industri yang berbeda karakteristiknya dengan masyarakat agraris. (Aron, 1999)

Perkembangan industri yang demikian pesat dewasa ini selain memberikan dampak yang positif juga memberikan dampak negatif. Dampak positif berupa perluasan lapangan pekerjaan dan pemenuhan kebutuhan hidup manusia, sedangkan dampak negatif yang muncul adalah penurunan kualitas perairan akibat buangan air limbah (pencemaran) yang melampaui ambang batas.

Penelitian ini dilakukan sebagai tindak lanjut dalam pendugaan kandungan logam berat pada perairan sekitar Pelabuhan Kabupaten Gresik Jawa Timur sehingga diharapkan dapat memberikan informasi yang baru dan melengkapi hasil penelitian-penelitian terdahulu. Selain itu, penelitian ini dilakukan untuk melihat kandungan logam berat di kolom perairan dan di sedimen.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Apakah kegiatan antropogenik di perairan mempengaruhi kualitas air berdasarkan parameter fisika dan kimia di perairan pelabuhan Gresik ?
2. Bagaimanakah keterkaitan parameter lingkungan perairan pelabuhan Gresik dengan konsentrasi logam berat kadmium (Cd) dan Arsen (As) pada air dan sedimen ?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari Penelitian ini adalah :

1. Mengukur nilai parameter lingkungan parameter fisika (suhu, kecerahan, arus) dan parameter kimia (pH, salinitas, DO) di perairan pelabuhan Gresik Jawa Timur.
2. Mengetahui konsentrasi logam berat kadmium (Cd), arsen (As) dalam air dan sedimen di perairan pelabuhan Gresik Jawa Timur.
3. Menganalisis hasil dari parameter lingkungan dan logam berat menggunakan metode clustering dan untuk mengetahui kesamaan karakteristik pada masing-masing stasiun

1.4 Kegunaan

Kegunaan dari Penelitian ini adalah :

1. Bagi mahasiswa

Memberikan tambahan ilmu pengetahuan, wawasan dan informasi mengenai kadar logam berat yang terkandung pada perairan disekitar pelabuhan Gresik.

Mahasiswa juga dapat mengaplikasikan ilmu yang didapatkan selama di bangku kuliah.

2. Bagi masyarakat umum

Menambah wawasan kepada masyarakat tentang kadar logam berat yang terkandung pada perairan disekitar pelabuhan Gresik dan masyarakat mengetahui bahaya kandungan logam berat tersebut pada biota disekitarnya masyarakat.

3. Bagi lembaga atau instansi yang terkait

Memberikan informasi dan data mengenai kadar logam berat yang terkandung pada perairan disekitar pelabuhan Gresik.

1.3 Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilaksanakan pada tanggal 1 Mei 2014 bertempat di Perairan Pelabuhan Gresik Jawa Timur. Untuk menguji hasil sampel lapang akan dianalisis di Laboratorium kualitas air, Perum Jasa Tirta I, Malang.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Perairan

Perubahan sifat fisika, kimia, dan biologi yang tidak dikehendaki pada tanah, udara, dan air adalah pengertian dari pencemaran. Perubahan tersebut dapat menimbulkan bahaya bagi kehidupan manusia atau organisme lainnya. Pencemaran merupakan penambahan bermacam-macam bahan akibat dari aktifitas manusia pada lingkungan dan memberikan pengaruh berbahaya terhadap lingkungannya (Fitriyah, 2007).

Penambahan unsur atau organisme laut kedalam air, sehingga pemanfaatannya dapat terganggu disebut pencemaran air. Pencemaran air dapat berakibat kerugian ekonomi dan sosial, karena adanya gangguan oleh adanya zat-zat beracun atau muatan bahan organik yang berlebih. Keadaan ini akan menyebabkan oksigen terlarut dalam air pada kondisi yang kritis, atau merusak kadar kimia air. Rusaknya kadar kimia air tersebut akan berpengaruh terhadap fungsi dari air. Besarnya beban pencemaran yang ditampung oleh suatu perairan, dapat diperhitungkan berdasarkan jumlah polutan yang berasal dari berbagai sumber aktifitas air buangan dari proses-proses industri dan buangan domestik yang berasal dari penduduk (Salmin, 2005).

2.2 Pencemaran Logam Berat di Lingkungan dan Ekosistem Perairan

2.2.1 Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd) adalah logam berwarna putih keperakan menyerupai aluminium dengan berat atom 112.41 g/mol dengan titik cair 321 °C dan titik didih 765 °C. Kadmium tergolong dalam logam berat dan memiliki afinitas yang tinggi terhadap sulfohidril dan kelarutannya akan meningkat dalam lemak. Kadmium akan mengalami hidrolisis, teradsorpsi oleh padatan tersuspensi dan

membentuk ikatan kompleks dengan bahan organik di perairan alami yang bersifat basa. Pada kadar 0.01-0.1 mg/l CdCl_2 dapat mereduksi ATP, klorofil dan mengurangi konsumsi O_2 oleh fitoplankton (Sanusi, 2006).

Kadmium bersifat lentur, tahan terhadap tekanan, memiliki titik lebur rendah dan dapat dimanfaatkan untuk pencampur logam lain seperti nikel, perak, tembaga, dan besi. Sumber kadmium juga berasal dari pabrik peleburan besi, baja, produksi semen, pembakaran sampah, dan penggunaan logam yang berhubungan dengan hasil produksinya (pabrik baterai, aki, pigmen warna, pestisida, gelas, dan keramik (Darmono, 1995).

Kadmium (Cd) memiliki karakteristik berwarna putih keperakan seperti logam aluminium, tahan panas, tahan terhadap korosi. Kadmium (Cd) digunakan untuk elektrolisis, bahan pigmen untuk industri cat, enamel, dan plastik. Kadmium (Cd) merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena elemen ini beresiko tinggi terhadap pembuluh darah, Kadmium berpengaruh terhadap manusia dalam jangka waktu panjang dan dapat terakumulasi pada tubuh khususnya hati dan ginjal (Palar, 2004).

2.2.2 Logam Berat Arsen (As)

Arsen dalam air tanah terbagi dalam dua bentuk, yaitu bentuk tereduksi terbentuk dalam kondisi anaerobik, sering disebut arsenit. Bentuk lainnya adalah bentuk teroksidasi, terjadi pada kondisi aerobik, umum disebut sebagai arsenat (Jones dalam Festri Istarani dan Ellina S. Pandebesie, 2014).

Arsen ditemukan dalam 200 bentuk mineral, diantaranya arsenat (60%), sulfida dan sulfosalts (20%), dan kelompok kecil berupa arsenida, arsenat, oksida silikat, dan arsen murni (Onishi, 1969). Mayoritas arsen ditemukan dalam kandungan utama arsenopyrite (FeAsS), realgar (As_4S_3), dan orpiment (As_2S_3). Realgar (As_4S_3), dan orpiment (As_2S_3) biasanya menurunkan bentuk dari arsen

itu sendiri. Kondisi natural lainnya yakni loellingite (FeAs_2), saffrolite (CoAs), nicolite (NiAs), rammelsbergit (NiAs_2), arsenopyrite (FeAsS), kobaltite (CoAsS), enargite (Cu_3AsS_4), gersdorffite (NiAsS), glaucodot ($(\text{Co,Fe})\text{AsS}$), dan elemen arsen (Greenwood dan Earnshaw, 1989).

Dalam lingkungan perairan, kondisi dalam tekanan oksidasi arsen membentuk pentavalent arsenat (As(V)), dimana dalam kondisi sebaliknya saat tereduksi membentuk trivalent arsenit (As(III)), dan mobilitas serta penyerapan oleh sedimen, tanah lempung, dan mineral tanah bergantung pada bentuk arsennya. Dalam kondisi anoksik, aktivitas mikrobial dapat membentuk arsen dalam metilat, yang mana berbentuk padat dan mampu masuk ke lapisan atmosfer (Nriagu *et al.*, 2007).

2.3 Kandungan Logam Berat Dalam Air

Logam berat dalam perairan dapat ditemukan dalam bentuk terlarut dan tidak terlarut. Logam berat terlarut adalah logam yang membentuk kompleks dengan senyawa organik dan anorganik sedangkan logam berat yang tidak terlarut merupakan partikel yang berbentuk koloid dan kelompok senyawa logam yang terabsorpsi pada partikel-partikel tersuspensi (Rochyatun *et al.*, 2004).

Bahan pencemaran dari berbagai aktivitas manusia dapat berupa limbah padat maupun limbah cair, dan salah satu jenis limbah yang sangat berbahaya bagi lingkungan hidup dan kehidupan manusia adalah logam berat. Secara alamiah, unsur logam berat terdapat dalam perairan, namun dalam jumlah yang sangat rendah. Kadar ini akan meningkat bila limbah yang banyak mengandung unsur logam berat masuk ke dalam lingkungan perairan sehingga akan terjadi racun bagi organisme perairan (Rennika *et al.*, 2013).

2.4 Kandungan Logam Berat Dalam Sedimen

Logam berat yang masuk ke lingkungan perairan laut akan terlarut dalam air dan akan terakumulasi dalam sedimen dan dapat bertambah sejalan dengan berjalannya waktu tergantung pada kondisi lingkungan perairan tersebut. Akibatnya kadar logam berat dalam sedimen biasanya lebih tinggi dari pada air laut dan dalam sedimen itu sendiri dapat berbeda diantara lapisan yang berbeda (Amin *et al*, 2011).

Pada umumnya logam-logam berat pada sedimen tidak terlalu berbahaya bagi makhluk hidup perairan, tetapi oleh adanya pengaruh kondisi perairan bersifat dinamis seperti perubahan pH, akan menyebabkan logam-logam mengendap dalam sedimen terisolasi ke perairan. Hal inilah yang merupakan bahan pencemar dan akan membawa sifat toksik terhadap organisme hidup bila ada dalam jumlah yang berlebih (Connel dan Miller, 1995 *dalam* Sarjono, 2009).

2.5 Parameter Fisika dan Kimia

2.5.1 Derajat Keasaman (pH)

Salah satu faktor kimia yang sangat berpengaruh terhadap kehidupan organisme yang hidup di suatu lingkungan perairan merupakan derajat keasaman atau kadar ion H dalam air. Kondisi gas-gas dalam air seperti CO₂, konsentrasi garam-garam karbonat dan bikarbonat, proses dekomposisi bahan organik di dasar perairan adalah faktor yang mempengaruhi tinggi atau rendahnya nilai pH air (Sutika, 1989 *dalam* Armita, 2011).

Nilai pH adalah hasil pengukuran aktivitas ion hidrogen dalam perairan dan menunjukkan keseimbangan antara asam dan basa air. Adanya asam-asam mineral bebas dan asam bikarbonat meningkatkan keasaman. Sedangkan karbonat, hidroksida, dan bikarbonat akan meningkatkan kebasaan air (Saeni, 1989 *dalam* Elfinurfajri, 2009).

2.5.2 Salinitas

Salinitas memiliki arti penting bagi kelangsungan hidup organisme, hampir semua organisme laut hanya dapat hidup pada daerah yang mempunyai perubahan salinitas yang kecil (Hutabarat dan Evans, 2008).

Konsentrasi ion yang terdapat di perairan disebut salinitas. Salinitas menggambarkan padatan total di air setelah semua karbonat dikonversi menjadi oksida, semua bromida dan iodida digantikan dengan klorida dan semua bahan organik telah dioksidasi (Effendi, 2003).

2.5.3 Oksigen Terlarut (DO)

Salah satu parameter kimia air yang berperan pada kehidupan biota perairan merupakan oksigen terlarut. Penurunan oksigen terlarut dapat mengurangi efisiensi pengambilan oksigen bagi biota perairan sehingga menurunkan kemampuannya untuk hidup normal (Monoarfa, 2002).

Semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan membutuhkan oksigen terlarut (Dissolved Oxygen = DO). Disamping itu, oksigen juga dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut (Salmin, 2005).

2.5.4 Suhu

Suhu di laut adalah salah satu faktor yang amat penting bagi kehidupan organisme di lautan, karena suhu mempengaruhi baik aktivitas metabolisme maupun perkembangbiakan dari organisme-organisme tersebut. Oleh karena itu tidaklah mengherankan jika banyak dijumpai bermacam-macam jenis hewan yang terdapat di berbagai tempat di dunia (Hutabarat dan Evans, 2008).

Pada umumnya suhu permukaan perairan Indonesia adalah berkisar antara 28-31°C. Suhu air merupakan parameter fisik air yang dapat mempengaruhi kehidupan biota perairan karena berkaitan dengan tingkat kelarutan oksigen, proses respirasi biota perairan dan kecepatan degradasi bahan pencemar. (Monoarfa, 2002).

2.5.5 Kecerahan

Salah satu faktor penentu perkembangan kehidupan tumbuhan air yang secara langsung ataupun tidak menentukan kehidupan organisme lainnya yang menjadikannya sebagai makanan adalah cahaya. Cahaya menyediakan energi bagi terlaksananya fotosintesis (zona eufotik), sehingga kemampuan penetrasi cahaya sampai pada kedalaman tertentu sangat menentukan distribusi vertikal organisme perairan (Widodo dan Suadi, 2006 *dalam* Armita, 2011).

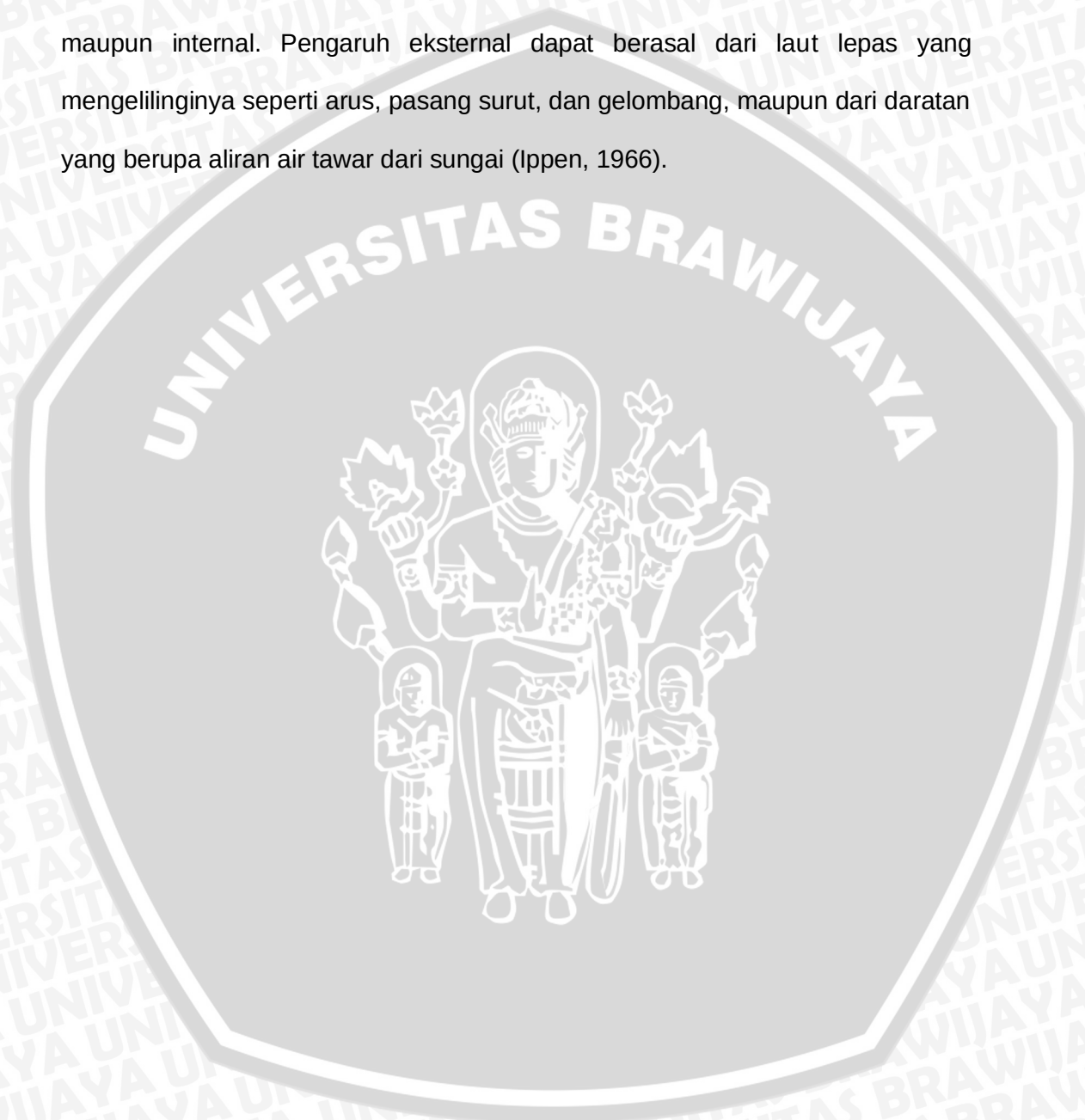
Radiasi matahari juga penting dalam melengkapi cahaya yang dibutuhkan oleh tanaman hijau-hijauan untuk dipakai dalam proses fotosintesa. Penyinaran cahaya matahari akan berkurang secara cepat dengan makin tingginya kedalaman lautan. Pada perairan yang dalam dan jernih proses fotosintesa hanya terdapat sampai kedalaman sekitar 200 meter saja. Adanya bahan-bahan yang melayang-layang (*suspended matter*) dan tingginya nilai kekeruhan di perairan dekata pantai penetrasi cahaya akan berkurang di tempat ini (Hutabarat dan Evans, 2008).

2.5.6 Arus

Berkenaan dengan distribusi/persebaran nilai parameter-parameter fisis massa air suatu perairan, karakteristik dan pola arus memainkan peranan pokok dalam hal ini. Arus ditimbulkan oleh adanya angin yang bertiup di atas permukaan laut dan juga oleh proses konveksi panas/suhu. Arus sangat berperan dalam pertukaran massa air, penyebaran kandungan fisika-kimia laut,

penyebaran ikan dan sumber hayati lainnya serta penyebaran polutan di laut termasuk logam berat sehingga pola arus dapat menunjukkan bagaimana pola penyebaran logam berat tersebut (Kaswadji, 1982).

Kondisi fisik suatu perairan dipengaruhi oleh banyak faktor, baik eksternal maupun internal. Pengaruh eksternal dapat berasal dari laut lepas yang mengelilinginya seperti arus, pasang surut, dan gelombang, maupun dari daratan yang berupa aliran air tawar dari sungai (Ippen, 1966).



3. METODOLOGI

3.1 Materi Penelitian

Materi penelitian ini mengenai sebaran kandungan logam berat Kadmium (Cd), dan Arsen (As) pada air, sedimen di Perairan Pelabuhan Gresik, Jawa Timur, dengan menggunakan metode pengambilan data deskriptif, primer dan sekunder yaitu :

Metode penelitian deskriptif adalah sebuah metode yang digunakan untuk mendeskripsikan, menginterpretasikan sesuatu fenomena, misalnya kondisi atau hubungan yang ada, pendapat yang berkembang, dengan menggunakan prosedur ilmiah untuk menjawab masalah secara aktual. (Kriyantono, 2010)

Data primer adalah tempat atau gudang penyimpanan yang orisinal dari data sejarah. Data primer merupakan sumber – sumber dasar yang merupakan bukti atau saksi utama dari kejadian yang lalu (Nazir, 1983). Data primer tersebut didapat dengan cara pengukuran parameter lingkungan perairan secara langsung pada saat dilapang, parameter lingkungan sendiri dibagi dua yaitu parameter fisika (suhu, kecerahan) dan parameter kimia (DO, Ph, salinitas)

Data sekunder adalah catatan tentang adanya suatu peristiwa ataupun catatan-catatan yang jaraknya telah jauh dari sumber orisinal (Nazir, 1983). Data sekunder tersebut didapat melalui jurnal, buku atau laporan penelitian yang sebelumnya sudah pernah dilakukan.

3.2 Penentuan Lokasi Penelitian

Penentuan stasiun pengambilan sampel air laut dan sedimen di Perairan Pelabuhan Gresik dilakukan secara *purposive yaitu penentuan lokasi stasiun penelitian sesuai tujuan*, dengan menggunakan *Global Positioning System (GPS)* sebanyak enam stasiun pengambilan sampel. Penentuan lokasi pengambilan

sampel ditentukan berdasarkan lokasi yang terdapat limbah industri. Pengambilan sampel dilakukan dari sekitar lokasi industri bahan kimia pertanian ke muara. Stasiun pengambilan sampel dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel yang terdiri dari enam stasiun

Hasil pengukuran letak geografis yang dilakukan secara langsung di lapang dengan menggunakan GPS dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah ini:

Tabel 1. Lokasi Stasiun Penelitian

Stasiun Penelitian	Posisi Geografis	
	Lintang	Bujur
1	07°11'33,5"	112°39'59,2"
2	07°3'15,4"	112°40'04,9"
3	07°10'12,5"	112°40'02,4"
4	07°09'36,4"	112°39'52,0"
5	07°08'52,2"	112°39'27,2"
6	07°08'41,3"	112°39'18,8"

3.2.1 Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan data parameter logam berat dilakukan secara in situ pada saat pengukuran sampel di lokasi lapang secara langsung dan ex situ pengukuran sampel di laboratorium untuk mendapatkan hasil kadar kandungan logam berat kadmium dan arsen pada perairan Gresik , dengan mengambil sampel air laut dan sedimen menggunakan metode *composite sampling* yaitu pengambilan sampel air dengan cara tiga kali pengulangan dalam jangka waktu 10 - 15 menit yang merupakan jeda waktu ideal dalam perlakuan *composite sampling* yang nantinya didapatkan nilai dari beberapa kali pengukuran sehingga data yang dihasilkan lebih akurat dan valid dengan adanya nilai standart deviasi dari metode komposit ini. Lalu sampel air dimasukkan ke dalam botol polyetilen 500 ml lalu ditetesi dengan asam nitrat dan sampel sedimen dimasukkan kedalam plastik lalu disimpan dalam cool box.

3.2.2 Air Laut

Pengambilan sampel air laut dilakukan secara komposit untuk mendapatkan perwakilan sampel pada tiap pengulangan yang diambil. Tahapan yang dilakukan untuk mendapatkan sampel air laut adalah persiapan sampling yaitu mencuci dan labeling botol *polyetilen*, pengambilan sampel dan pengawetan sampel.

Pertama dilakukan persiapan sampling yaitu disiapkan botol *polyetilen* yang akan digunakan dalam pengambilan sampel air laut kemudian dicuci dengan menggunakan sabun agar bersih dan kotorannya hilang lalu dimasukkan aquades untuk mensterilkan botol *polyetilen*. Setelah itu, botol *polyetilen* dikeringkan dan kemudian ditutup dan diberi label dengan menggunakan kertas label.

Berdasarkan metode pengambilan sampel dengan metode komposit pada tiga waktu yang berbeda, maka botol *polyetilen* yang digunakan terdiri dari 3 botol *polyetilen* 500 ml untuk pengulangan dan 1 botol *polyetilen* 1 liter untuk air komposit. Misalkan untuk stasiun 1, untuk pengulangan, botol *polyetilen* pertama diberi label 1A, botol *polyetilen* kedua diberi label 1B, botol *polyetilen* ketiga diberi label 1C dan untuk botol *polyetilen* sebagai wadah komposit diberi label 1K.

Langkah-langkah pengambilan sampel air laut yaitu dibilas botol *polyetilen* 500 ml dengan air lokal. Kemudian botol *polyetilen* dimasukkan ke dalam perairan ± 5 cm dengan ketentuan semua bagian botol terendam air dan dalam keadaan tertutup kemudian dibuka tutup botol di dalam perairan dan diisi dengan air lokal hingga penuh, lalu ditutup botol *polyetilen* di dalam perairan. Ditunggu 10 menit lalu dilakukan pengambilan sampel kedua dan seterusnya. Setelah diperoleh tiga sampel air laut, maka ketiga sampel dimasukkan ke dalam ember 5 liter sebagai tempat yang membantu proses komposit sampel atau tempat mencampurkan dari 3 botol sampel yang didapat pada waktu yang berbeda dan hasil dari komposit tersebut dimasukkan pada botol *polyetilen* berukuran 1 liter yang siap untuk dianalisis pada skala laboratorium.

Setelah diperoleh sampel air laut, sampel dimasukkan ke dalam *cool box* dan diberi es balok karena diasumsikan dengan pemberian es balok ini dapat menginkubasi plankton yang terdapat di dalamnya agar tidak bermetabolisme dan nilai kandungan organiknya tetap stabil. Selanjutnya dilakukan pengamatan pada masing-masing stasiun terhadap kondisi perairan dan dicatat hasilnya. Pengambilan sampel air laut diatas untuk diuji kadar atau konsentrasi logam beratnya ini dilakukan dengan prosedur yang sama pada setiap lokasi stasiun pengamatan.

3.2.3 Sedimen

Tahapan yang dilakukan untuk mendapatkan sampel sedimen adalah persiapan alat dan bahan dan pengambilan sampel. Pertama disiapkan alat ekman grab dan bahan (plastik, kertas label) yang akan digunakan untuk pengambilan sampel sedimen permukaan. Sampel sedimen yang didapatkan maka diberi label pada kantong plastik ukuran 1 kg dengan menggunakan kertas label, contohnya sampel sedimen yang didapat dari stasiun 1 ditandai dengan kertas label S1, untuk sampel sedimen yang didapat dari stasiun 2 ditandai dengan kertas label S2 dan seterusnya hingga pada stasiun terakhir yakni stasiun 6.

Pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan menggunakan ekman grab. Sampel sedimen yang diambil merupakan sedimen permukaan, kedalaman pengambilan sampling ± 30 cm dari permukaan perairan, dimana sebelumnya diukur dan ditandai terlebih dahulu sebesar 30 cm tali ekman grab agar bisa diukur secara tepat kedalaman sedimen yang diambil. Adapun langkah-langkah pengambilan sampel sedimen yaitu disiapkan ekman grab satu set yang telah dilengkapi dengan tali serta mesenggernya, kemudian dibuka katup bawah ekman grab dan dikaitkan kawat katup pada tuas yang ada di bagian atas ekman grab. Selanjutnya dimasukkan ekman grab perlahan dalam air sampai di dasar perairan yang kemudian dilepaskan mesenggernya dan katup ekman grab akan tertutup. Pada saat ekman grab tertutup maka diangkat ekman grab ke permukaan secara perlahan dan dikeluarkan sedimen melalui katup atas di nampun dan kemudian diambil sedimen dengan bantuan cetok. Sedimen dimasukkan ke kantong plastik sesuai dengan labelnya dan diikat dengan karet gelang. Pengambilan sampel sedimen ini dilakukan dengan prosedur yang sama pada setiap lokasi stasiun pengamatan.

3.3 Parameter Fisika dan Kimia

Parameter dalam penelitian di perairan pelabuhan gresik. terdiri atas parameter fisika (suhu, kecerahan dan arus) dan parameter kimia (salinitas, pH, DO) perairan.

3.3.1 Parameter Fisika

Parameter fisika pada penelitian di perairan pelabuhan gresik terdiri atas suhu dan kecerahan. Alat pengukuran parameter ini dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 2. Parameter fisika

No	Parameter Fisika	Satuan	Instrument
1	Suhu	(⁰ C)	Termometer digital
2	Kecerahan	M	Sechii disk
3	Arus	m/s	Current meter laut

3.3.2 Parameter Kimia

Parameter kimia pada penelitian di perairan pelabuhan gresik Jawa Timur terdiri atas DO, Salinitas, dan pH. Serta alat pengukurannya dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 3. Parameter kimia

No	Parameter Kimia	Satuan	Instrument
1	Salinitas	Ppt	Salinometer
2	pH	pH	pH meter
3	DO	mg/L	DO meter

Selain pengambilan sampel di lokasi penelitian juga dilakukan pengamatan secara visual kondisi sekitar lokasi studi baik secara fisik perairannya untuk menunjang pengambilan data yang diambil dan mengetahui kondisi dari perairan tersebut.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

Alat yang akan di gunakan saat penelitian lapang di pelabuhan Gresik dan analisis sampel di laboratorium kualitas air perum Jasa Tirta I, Malang menggunakan beberapa alat. Alat yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini

Tabel 4. Alat yang digunakan pada penelitian

No	Alat	Fungsi
1	Botol sampel <i>Polyetilen</i>	Wadah sampel air
2	DO digital	Mengukur kadar oksigen perairan
3	Termometer digital	Mengukur suhu perairan
4	Salinometer	Mengukur salinitas perairan
5	pH meter	Mengukur pH perairan
6	Sediment grab	Sabagai alat pengambilan sampel
7	AAS(Atomic Absorption Spectroscopy)	Mengukur kadar logam pada air
8	Kamera digital	Mendokumentasikan kegiatan penelitian
9	<i>Cool box</i>	Menyimpan sampel air
10	<i>GPSMAP 76CSx Garmin</i>	Menentukan titik koordinat lokasi pengamatan
11	Washing bottle	Wadah aquades
12	<i>Sechii disk</i>	Mengukur kecerahan perairan
13	Current meter set	Mengukur arus perairan

AAS atau Absorpsi (serapan) atom adalah suatu proses penyerapan bagian sinar oleh atom - atom bebas pada panjang gelombang (λ) tertentu dari atom itu sendiri sehingga konsentrasi suatu logam dapat ditentukan. Karena absorbansi sebanding dengan konsentrasi suatu analit, maka metode ini dapat digunakan untuk sistem pengukuran atau analisis kuantitatif (Kumala, 2008).

Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Dengan absorpsi energi, berarti memperoleh lebih banyak energi, suatu atom pada keadaan dasar dinaikan tingkat energinya ketingkat eksitasi. Keberhasilan analisis ini tergantung pada proses eksitasi dan memperoleh garis

resonansi yang tepat. AAS ini diartikan sebagai instrumentasi analitik guna menentukan konsentrasi dari unsur logam tertentu hamper 62 jenis unsur logam.

Berdasarkan SNI-19-17025-2000 data hasil uji dikatakan absah atau valid apabila data uji tersebut mempunyai presisi dan akurasi yang baik, serta mampu telusur. Untuk memperoleh keabsahan data hasil uji dengan metode nyala SSA, beberapa parameter yang perlu mendapatkan perhatian adalah validasi alat uji, dan validasi metode uji (Supriyanto dan Samin, 2010). Salah satu hal yang mempengaruhi keakuratan adalah atomisasi harus dapat dilakukan dengan baik dengan nyala maupun dengan tungku. Untuk mengubah unsure metalik menjadi uap atau hasil disosiasi diperlukan energi panas. Temperatur harus benar-benar terkendali dengan sangat hati-hati agar proses atomisasinya sempurna.

3.4.2 Bahan

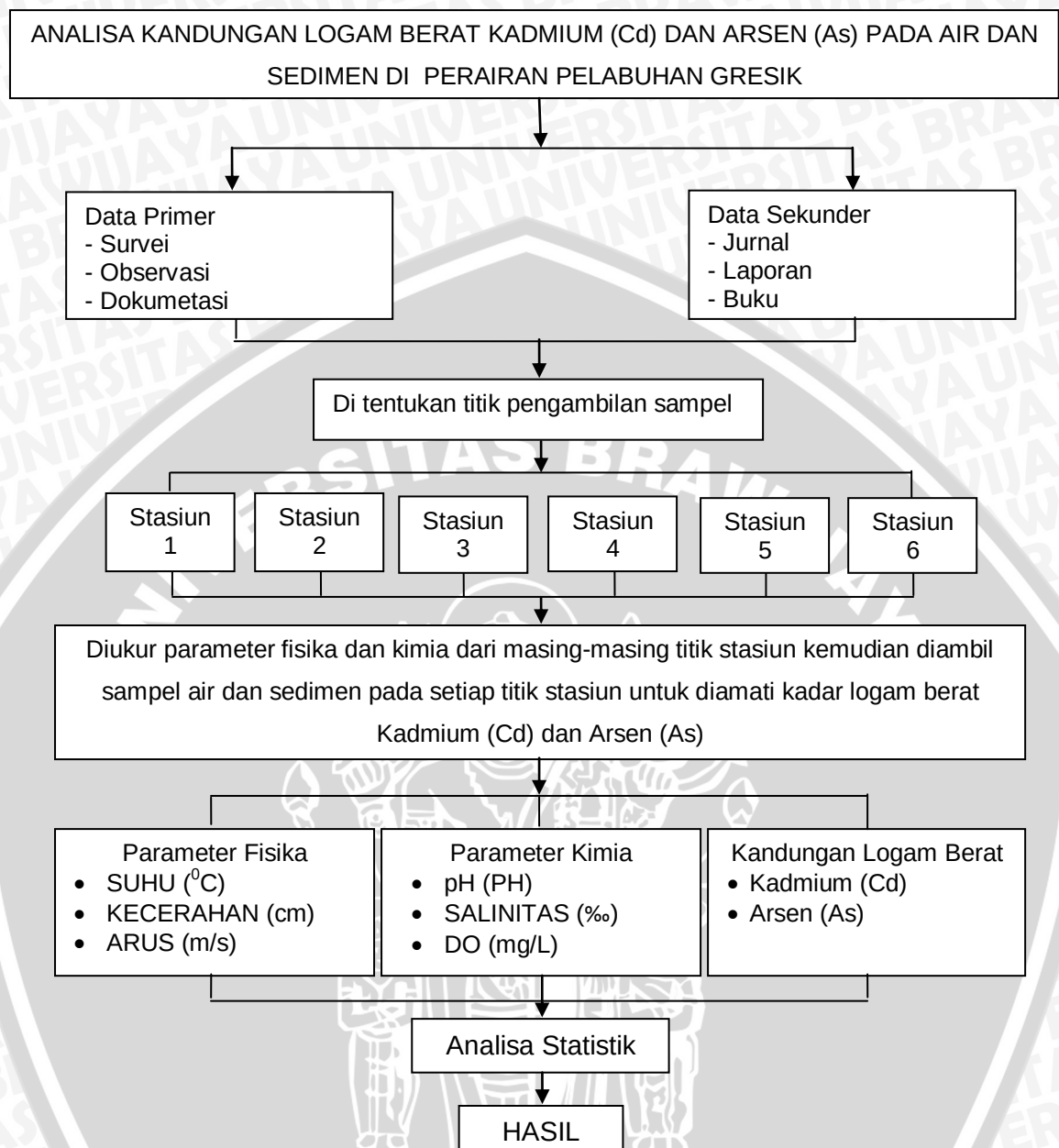
Bahan yang akan digunakan pada penelitian di pelabuhan Gresik dan analisis sampel di laboratorium kualitas air perum Jasa Tirta I, Malang dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 5. Bahan yang digunakan pada penelitian

No	Bahan	Fungsi
1	Sampel air laut	Sampel yang diukur kadar logam beratnya
2	Aquades	Mengkalibrasi alat sebelum digunakan
3	Kertas label	Menandai botol sampel
4	Tissue	Membersihkan alat setelah digunakan
5	HNO ₃ (Asam nitrat)	Pengikat logam berat
6	Sedimen	Sampel yang diukur kandungan logam beratnya

3.5.2 Tahapan Penelitian

Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil dari setiap sampel parameter fisika, kimia air dan logam berat kadmium (Cd) dan arsen (As) pada perairan di sekitar perairan pelabuhan Gresik di tunjukan pada skema alur penelitian pada gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Skema Tahapan Penelitian

3.5.3 Deskripsi Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada 6 stasiun lokasi yang dapat dilihat pada Tabel 6, dimana karakteristik dari setiap lokasi penelitian dapat di deskripsikan pada Tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6. Deskripsi Stasiun Pengambilan Sampel

Stasiun	Dokumentasi Stasiun Penelitian	Deskripsi Karakteristik Stasiun
Stasiun 1	 Gambar 1. Mulut Muara	Merupakan muara atau wilayah aliran sungai untuk mengetahui adanya konsentrasi logam berat cadmium dan arsen, parameter fisika dan parameter kimia perairan yang dipengaruhi oleh aktivitas dari darat seperti limbah domestik yang bercampur dengan pengaruh sirkulasi di laut.
Stasiun 2	 Gambar 2. Perairan dekat Pabrik Minyak Goreng	Merupakan lokasi sekitar docking kapal dan pabrik kayu terdapat berbagai kegiatan antropogenik seperti aktivitas dari pabrik pengumpuln kayu.
Stasiun 3	 Gambar 3. Perairan Tempat Docking Kapal	Merupakan lokasi yang dekat dengan docking kapal dan pabrik minyak goreng karena diduga terdapat berbagai kegiatan antropogenik seperti aktivitas dari kapal karena sebagai tempat <i>docking</i> kapal serta pembuangan limbah industri .

Stasiun 4	 Gambar 4. Perairan PJB Gresik	Berada di di sekitar PLTU dan Pelabuhan semen karena diduga terdapat berbagai kegiatan antropogenik seperti aktivitas dari kapal serta pembuangan limbah industri.
Stasiun 5	 Gambar 5. Perairan dekat Pelabuhan Ikan	Berada di sekitar pelabuhan dan pabrik aspal karena diduga terdapat berbagai kegiatan antropogenik seperti aktivitas dari kapal serta pembuangan limbah industry sehingga diasumsikan terdapat pembuangan limbah minyak yang berasal dari sisa pembuangan bahan bakar kapal.
Stasiun 6	 Gambar 6. Perairan dekat Pabrik Pertanian	Terletak di sekitar pabrik pertanian pertanian karena diduga terdapat berbagai aktivitas antropogenik seperti adanya pembuangan limbah sisa pembuatan bahan-bahan yang digunakan untuk pertanian seperti pupuk dan pestisida.

3.6 Analisis Data

3.6.1 Perbandingan Dengan Baku Mutu

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran parameter fisika dan kimia perairan dianalisis secara deskriptif, yaitu dengan membandingkan data hasil yang didapat dengan referensi yang ada dan standar baku mutu air laut berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004 Lampiran I tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Pelabuhan dan Lampiran III tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Biota Laut yang digunakan untuk melihat kondisi perairan secara umum. Hasil perbandingan tersebut selanjutnya digunakan untuk penarikan kesimpulan mengenai kondisi kualitatif di Perairan Pelabuhan, Kabupaten Gresik, Jawa Timur.

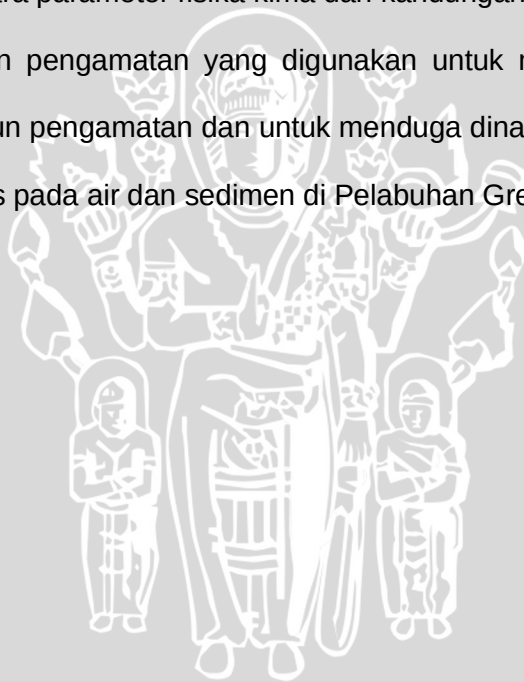
Data logam berat yang terkumpul akan dianalisis secara deskriptif dan untuk mengetahui tingkat pencemaran logam berat yang ada di [erairan Pelabuhan Gresik, maka data yang diperoleh dari hasil pengukuran logam berat selanjutnya dibandingkan dengan tabel standar baku mutu perairan berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004 Lampiran I tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Pelabuhan dan menggunakan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004 Lampiran III tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Biota Laut dan nilai konsentrasi logam berat pada sedimen dibandingkan dengan standar *International Association of Dredging Companies (IADC)* Tahun 1997.

3.6.2 Analisis *Clustering*

Analisis cluster data yang bersifat kuantitatif maupun deskriptif dengan metode *Agglomerative* untuk mengidentifikasi sekelompok obyek yang mempunyai kemiripan karakteristik tertentu yang dapat dilihat dengan jelas.

Klasifikasi bertingkat hasil analisis ini selanjutnya disajikan dalam diagram dua dimensi, yang dikenal dengan *dendrogram*, yang menggambarkan penggabungan yang dibuat bertahap (Purwantoro *et al*, 2005).

Penggunaan analisis *clustering* dalam penelitian ini digunakan untuk mengelompokkan parameter lingkungan (fisika dan kimia) pada masing-masing stasiun pengamatan yang digunakan untuk melihat kesamaan karakteristik dari stasiun pengamatan, lalu mengelompokkan kandungan logam berat pada air dan sedimen pada masing-masing stasiun pengamatan yang digunakan untuk melihat kesamaan karakteristik dari stasiun pengamatan dan yang ketiga mengelompokkan antara parameter fisika kima dan kandungan logam berat pada masing-masing stasiun pengamatan yang digunakan untuk melihat kesamaan karakteristik dari stasiun pengamatan dan untuk menduga dinamika atau dispersi logam berat Cd dan As pada air dan sedimen di Pelabuhan Gresik.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

4.1.1 Kondisi Umum

Kabupaten Gresik terletak di sebelah Barat Laut dari Ibukota Provinsi Jawa Timur (Surabaya) memiliki luas 1.191,25 Km² dengan panjang pantai ± 140 Km². Secara geografis, wilayah Kabupaten Gresik terletak antara 112° – 113° Bujur Timur dan 7° – 8° Lintang Selatan. Adapun batas-batas wilayah Kabupaten Gresik sebagai berikut :

Sebelah Utara : Laut Jawa

Sebelah Timur : Selat Madura

Sebelah Selatan : Kab. Sidoarjo, Kab. Mojokerto dan Kota Surabaya

Sebelah Barat : Kab. Lamongan

Luas wilayah perairan adalah 5.773.80 Km² (Pemerintah Kabupaten Gresik, 2012) yang sangat potensial dari subsektor perikanan laut. Berdasarkan data industri periode tahun 2003 - 2011 terdapat 626 industri kecil dan 706 industri menengah dan besar dengan berbagai ragam jenis kegiatannya. Namun hanya 22 industri yang memiliki dokumen AMDAL dan 226 industri yang memiliki dokumen RKL/RPL pada Tahun 2009.

Pelabuhan Gresik terletak pada posisi 112°39'30,60" Bujur Timur dan 7°9'27,40" Lintang Selatan, tepatnya pada Selat Madura atau sebelah utara Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Kota Gresik dibagi menjadi 7 (tujuh) bagian wilayah kota dan masing-masing bagian wilayah kota dibentuk satu pusat bagian wilayah kota. Dengan mempertimbangkan kondisi fisik lokasi pelabuhan dan sekitarnya serta permasalahan kota yang ada saat ini, khususnya masalah pengembangan transportasi dan kebutuhan layanan kota, maka ada 3 (tiga) kawasan kepentingan pelabuhan yang direncanakan di kota Gresik yaitu

Pelabuhan Utama Gresik merupakan pelabuhan utama bagi arus barang dan penumpang, baik yang masuk maupun yang keluar ke Pelabuhan Gresik, Pelabuhan Nelayan Gresik merupakan pelabuhan utama bagi kegiatan nelayan, Pelabuhan Gresik merupakan pelabuhan khusus yang penggunaannya terbatas untuk kepentingan industri tertentu seperti petrokimia, plywood dan semen (Aliandi, 2009).

4.1.2 Data Hasil Pengukuran Parameter Lingkungan dan Logam Berat

Data dari hasil pengukuran parameter lingkungan baik fisika maupun kimia beserta parameter utama yaitu logam berat Arsen dan Cadmium yang didapatkan, menggambarkan kondisi kualitas dari Perairan Pelabuhan Gresik. Perbandingan hasil pengukuran dengan baku mutu perairan lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 7.



Tabel 7. Hasil pengukuran kualitas air dan logam berat di perbandingan dengan baku mutu perairan berdasarkan KEPMENLH no. 51 tahun 2004 lampiran I (Pelabuhan) dan III (Biota Laut)

STASIUN	Parameter Fisika						Parameter Kimia						Parameter Logam Berat			
	Suhu (°C)		Kecerahan (cm)		Arus (m/s)		Salinitas (‰)		DO (mg/L)		Ph		Air(mg/L)		Sedimen(mg/L)	
	Rata-rata	STDEV	Rata-rata	STDEV	Rata-rata	STDEV	Rata-rata	STDVE	Rata-rata	STDEV	Rata-rata	STDEV	As (Arsen)	Cd (Cadmium)	As (Arsen)	Cd (Cadmium)
1	31,7	0,577	43,6*	10,02	0,2	0,265	25,0	1	7,2	0,85	7,6	0,173	tt	0,0027*	<0,0005	0,003
2	32,0	1	36*	1,732	0,2	0,153	29,7	0,577	6,4	0,404	7,7	0,173	tt	0,0031*	<0,0005	0,0042
3	32,7	0,577	47,3*	7,638	0,4	0,115	30,7	0,577	6,2	0,2	7,4	0,153	0,001	0,0035*	<0,0005	0,0041
4	36,3*	1,528	34*	1,732	0,3	0,058	29,7	1,155	5,5	0,153	7,3	0,115	tt	<0,0024*	<0,0005	0,0028
5	32,7	0,577	42,6*	2,517	0,3	0,361	30,0	0,115	5,0	0,173	7,3	0,115	0,002	<0,0024*	0,0035	0,0029
6	33,0*	0	48,6*	8,083	0,3	0,173	30,3	0,25	5,1	0,300	7,9	0,252	0,001	tt	0,0032	<0,0024
Rata-rata	33,1	0,70983333	42,1	5,287	0,3	0,188	29,2	0,61233333	5,9	0,356	7,5	0,164	-	-	-	-
Baku Mutu Lampiran I (Pelabuhan)	alami ^(a)	-	>3 m ^(a)	-	-	-	Alami ^(c)	-	-	-	6,5-8,5 ^(d)	-	0,1	0,01	-	-
Baku Mutu Lampiran II (Wisata Bahari)	alami ^(a)	-	>6 m ^(a)	-	-	-	Alami ^(c)	-	>5 mg/L	-	7-8,5 ^(e)	-	0,025	0,002	-	-
Baku Mutu Lampiran III (Biota Laut)	alami ^(a)	-	-	-	-	-	34 ‰	-	>5 mg/L	-	7-8,5 ^(e)	-	0,012	0,001	-	-
Baku Mutu IADC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29	0,8

Keterangan :

* : Diatas baku mutu perairan laut

Tt : Tidak Terdeteksi

a : Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <10% kedalaman euphotic

b : Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <10% konsentrasi rata-rata musiman

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

d : Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan < 0,2 satuan pH

e : Referensi lain : 1. Menurut Nybakken (1988), suhu perairan berkisar antara 28-32°C

2. Menurut Wanri (2008), kecerahan perairan laut berkisar > 5 m

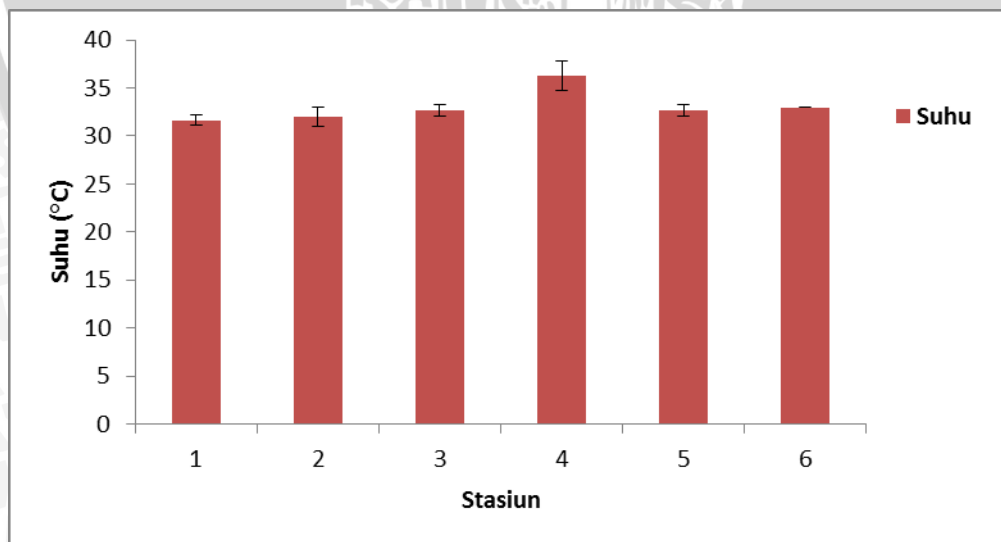
4.2 Analisis Parameter Lingkungan

4.2.1 Analisis Parameter Fisika Perairan

4.2.1.1 Suhu

Pengukuran suhu perairan dilakukan dengan 3 kali ulangan pada setiap titik stasiun penelitian. Berdasarkan hasil pengukuran parameter suhu di pelabuhan Gresik pada bulan Mei 2014 memiliki nilai suhu tertinggi, terendah dan rata-rata berturut-turut sebesar 36,3 °C , 31,7°C dan 33,1 °C.

Berdasarkan pengukuran parameter suhu di Perairan Pelabuhan Gresik bahwa nilai suhu terendah terdapat pada stasiun 1 dengan nilai 31,7 °C. Rendahnya suhu di stasiun 1 dikarenakan adanya pencampuran air tawar dengan air laut karena lokasi tersebut berada pada mulut muara, sehingga suhu pada stasiun 1 rendah. Nilai suhu tertinggi terdapat pada stasiun 4 dengan nilai 36,3 °C, tingginya hasil pengukuran pada stasiun tersebut dekat dengan PLTU, dikarenakan suhu dari buangan limbah PLTU sangat tinggi sehingga mempengaruhi suhu sekitar PLTU tinggi. Adapun gambar grafik yang dapat dilihat ada Gambar 3. dibawah ini:



Gambar 3. Suhu (°C) Perairan Pelabuhan Gresik, Jawa Timur

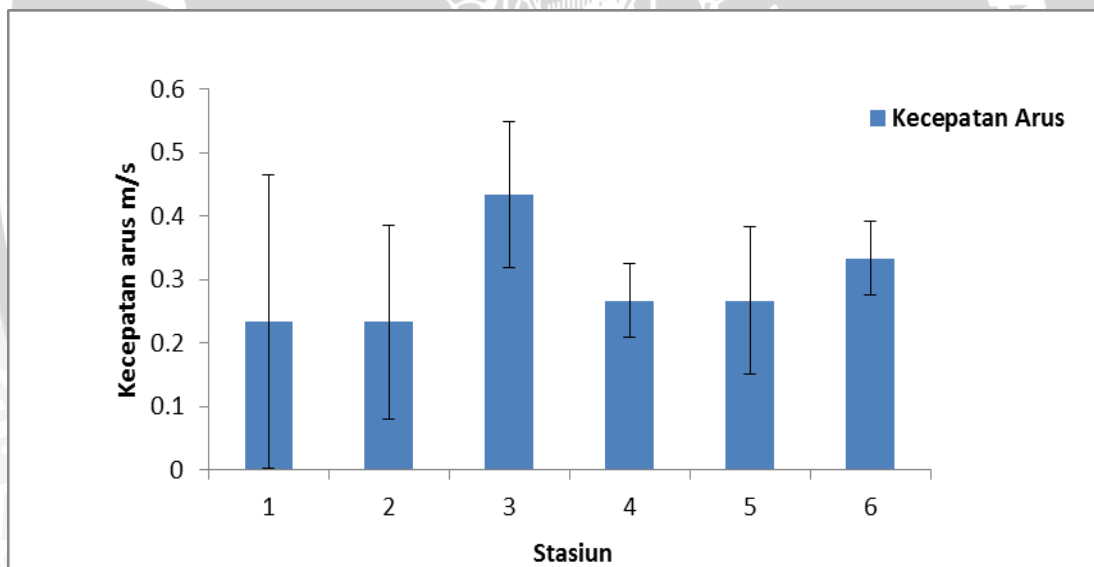
Menurut Nybakken (1988), perubahan suhu perairan dapat dipengaruhi oleh masukan air tawar (sungai) yang lebih dipengaruhi oleh suhu musiman dibandingkan dengan air laut. Tinggi rendahnya nilai suhu selama pengukuran di pelabuhan Gresik dapat juga disebabkan oleh cuaca dilapang. Hal serupa juga di ungkapkan oleh Effendi (2003), bahwa suhu disuatu perairan dapat dipengaruhi oleh musim, lintang, ketinggian dari permukaan laut, sirkulasi udara, penutupan awan, aliran air, arah arus, dan kedalaman perairan.

Perubahan suhu dapat disebabkan oleh sifat air, karena air memiliki sifat yang sulit melepas panas dan dingin sehingga untuk perubahan suhu di perairan memerlukan waktu yang relatif lama (Effendi, 2003). Suhu juga dapat mempengaruhi proses kelarutan logam berat yang masuk ke dalam perairan. Menurut Palar (2004), kenaikan suhu akan mengurangi adsorpsi senyawa logam berat pada partikulat. Suhu air yang lebih dingin akan meningkatkan adsorpsi logam berat ke partikulat untuk mengendap di dasar. Saat suhu air naik, senyawa logam berat akan melarut di air karena penurunan laju adsorpsi ke dalam partikulat. Logam yang memiliki kelarutan yang kecil akan ditemukan di permukaan air selanjutnya dengan perpindahan dan waktu tertentu akan mengendap hingga ke dasar, artinya logam tersebut hanya akan berada di dekat permukaan air dalam waktu yang sesaat saja dan kemudian mengendap lagi.

4.2.1.2 Kecepatan Arus

Pengukuran kecepatan arus perairan dilakukan dengan 3 kali ulangan pada setiap titik stasiun penelitian. Berdasarkan hasil pengukuran parameter kecepatan arus di Perairan Pelabuhan Gresik pada Bulan Mei 2014 memiliki nilai salinitas tertinggi, terendah dan rata-rata berturut-turut sebesar 0,4 m/s, 0,2 m/s dan 0,3 m/s .

Berdasarkan pengukuran parameter kecepatan arus di Perairan Pelabuhan Gresik bahwa nilai kecepatan arus terendah terdapat pada stasiun 1 dan 2 dengan nilai 0,2 m/s. Rendahnya kecepatan arus di kedua stasiun ini dikarenakan lokasi stasiun ini berada di muara sehingga tidak terlalu tinggi karena pola sirkulasi air di muara juga tidak terlalu besar seperti pada stasiun penelitian lainnya yang mengarah ke lautan. Nilai kecepatan arus tertinggi terdapat pada stasiun 3 dengan nilai 0,4 m/s dikarenakan stasiun 3 ini merupakan doking kapal, sehingga sirkulasi air yang menyebabkan pertemuan massa air laut yaitu arus lebih tinggi nilai kecepatan arusnya dibandingkan dengan stasiun lainnya. Adapun gambar grafik hasil pengukuran kecepatan arus yang dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini:



Gambar 4. Kecepatan Arus (m/s) Perairan Pelabuhan Gresik, Jawa Timur

Pengaruh pola arus pasang surut sangat berpengaruh terhadap kadar logam berat yang ada di perairan, dikarenakan akumulasi logam berat yang sangat berpengaruh terhadap proses pengenceran dan adanya arus pola pasang surut. Arus merupakan suatu gerakan air yang mengakibatkan perpindahan horizontal dan vertikal massa air. Arus sangat dipengaruhi oleh sifat air itu sendiri, gravitasi bumi,

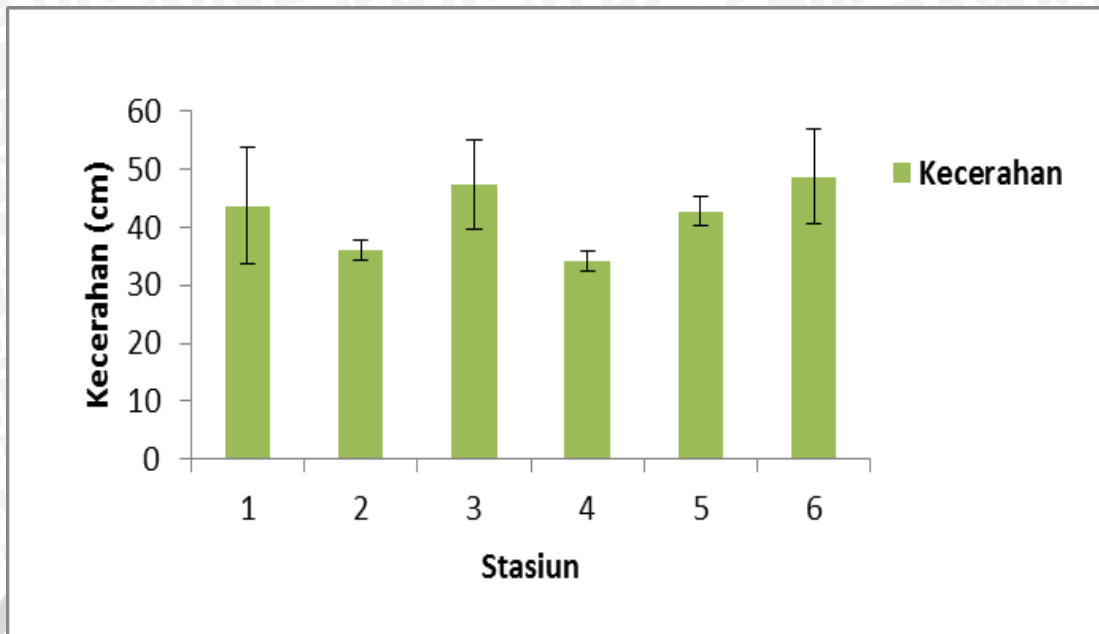
keadaan dasar perairan, dan gerakan rotasi bumi. Sirkulasi arus pada permukaan perairan terutama disebabkan oleh adanya *wind stress*. Jadi arus air yang ada dalam suatu perairan sangat dipengaruhi oleh banyak faktor dari parameter kualitas air itu sendiri (Nybakken, 2008).

Arus selalu berhubungan dengan kedalaman. Perubahan arah arus yang kompleks susunannya terjadi sesuai dengan makin bertambahnya kedalaman perairan. Kecepatan arus ini akan berkurang cepat sesuai dengan makin bertambahnya kedalaman perairan dan akhirnya angin menjadi tak berpengaruh sama sekali terhadap kecepatan arus.

4.2.1.3 Kecerahan

Pengukuran kecerahan perairan dilakukan dengan 3 kali ulangan pada setiap titik stasiun penelitian. Berdasarkan hasil pengukuran parameter kecerahan di Perairan Pelabuhan Gresik pada Bulan Mei 2014 memiliki nilai kecerahan tertinggi, terendah dan rata-rata berturut-turut sebesar 48,6 cm, 34 cm dan 42,1 cm.

Berdasarkan pengukuran parameter kecerahan di Perairan Pelabuhan Gresik bahwa nilai kecerahan terendah terdapat pada stasiun 4 dengan nilai 34 cm. Rendahnya kecerahan pada stasiun ini berada di di sekitar PLTU dan Pelabuhan semen karena diduga terdapat berbagai kegiatan antropogenik seperti aktivitas dari kapal serta pembuangan limbah industri sehingga warna air relatif lebih keruh daripada stasiun yang lain. Nilai kecerahan tertinggi terdapat pada stasiun 6 dengan nilai sebesar 48,6 cm dikarenakan stasiun 6 ini merupakan stasiun terjauh dan berada di lepas pantai sehingga nilai kecerahannya tinggi. Adapun gambar grafik hasil pengukuran kecepatan arus yang dapat dilihat pada Gambar 5. dibawah ini;



Gambar 5. Kecerahan (cm) Perairan Pelabuhan Gresik, Jawa Timur.

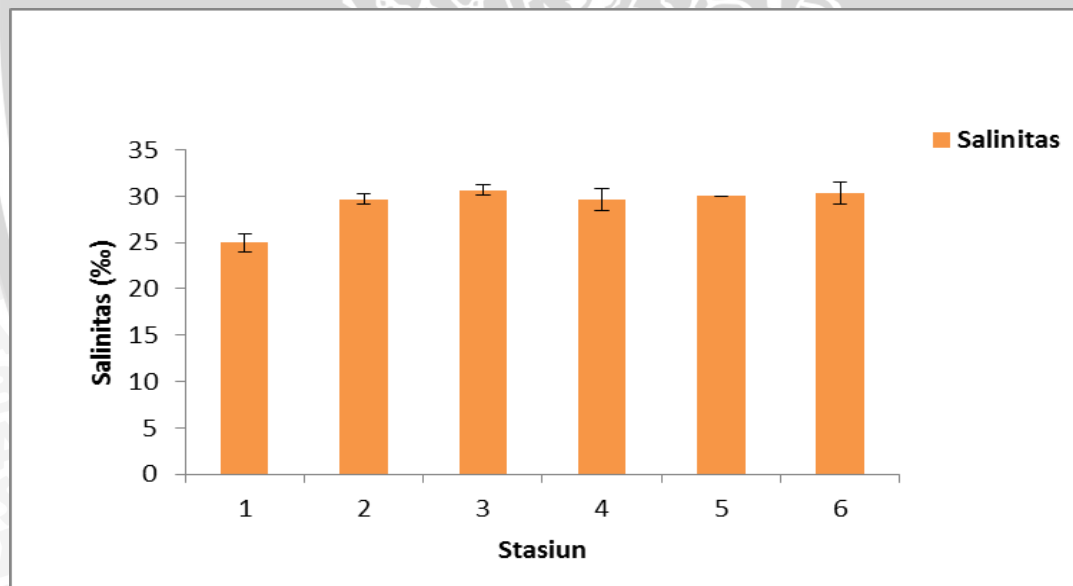
Kecerahan merupakan ukuran transparansi perairan yang ditentukan secara visual dengan menggunakan secchi disk (Effendi, 2003). Kecerahan perairan sangat dipengaruhi oleh keberadaan padatan tersuspensi, zat-zat terlarut, partikel partikel dan warna air. Pengaruh kandungan lumpur yang dibawa oleh aliran sungai dapat mengakibatkan tingkat kecerahan air danau menjadi rendah, sehingga dapat menurunkan nilai produktivitas perairan (Nybakken, 1992).

4.2.2 Analisis Parameter Kimia Perairan

4.2.2.1 Salinitas

Pengukuran salinitas perairan dilakukan dengan 3 kali ulangan pada setiap titik stasiun penelitian. Berdasarkan hasil pengukuran parameter salinitas di Perairan Pelabuhan Gresik pada Bulan Mei 2014 memiliki nilai salinitas tertinggi, terendah dan rata-rata berturut-turut sebesar 30,3 ‰, 25 ‰ dan 29,2 ‰.

Berdasarkan pengukuran parameter salinitas di Perairan Pelabuhan Gresik bahwa nilai suhu terendah terdapat pada stasiun 1 dengan nilai 25°I_{00} . Rendahnya suhu di stasiun 1 dikarekan adanya pencampuran air tawar dengan air laut karena lokasi tersebut berada pada mulut muara, sehingga otomatis nilai salinitas juga rendah dengan adanya masukan dari air tawar. Nilai salinitas tertinggi terdapat pada stasiun 6 dengan nilai $30,3^{\circ}\text{I}_{00}$, tingginya hasil pengukuran pada stasiun tersebut karena terletak di sekitar pabrik industri pertanian karena diduga terdapat berbagai aktivitas antropogenik seperti adanya pembuangan limbah sisa pembuatan bahan-bahan yang digunakan untuk pertanian seperti pupuk dan pestisida sehingga mampu meningkatkan salinitas perairan. Adapun gambar grafik hasil pengukuran salinitas yang dapat dilihat pada Gambar 6. dibawah ini;



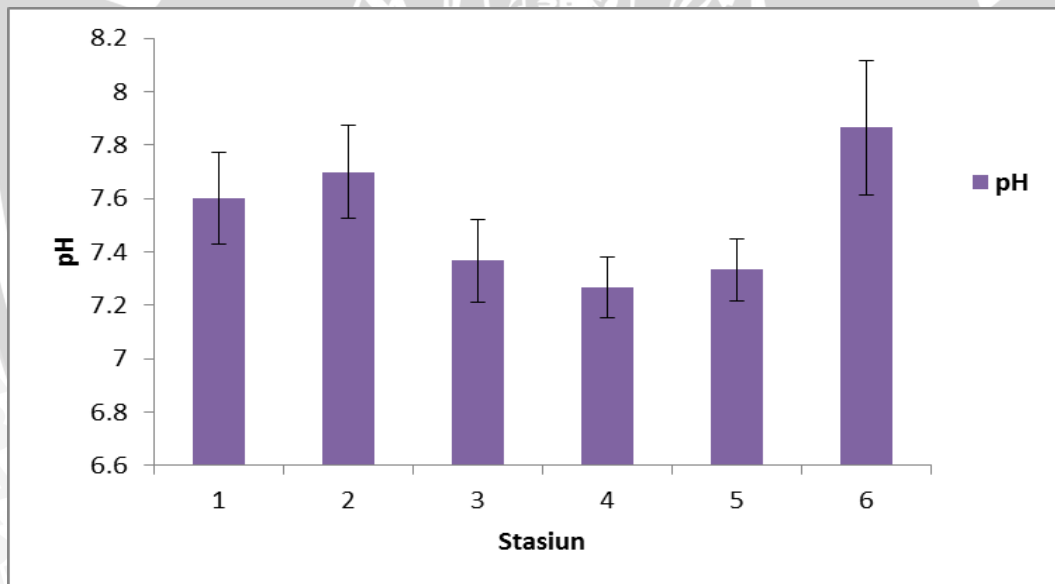
Gambar 6. Salinitas ($^{\circ}\text{I}_{00}$) Perairan Pelabuhan Gresik, Jawa Timur

Pada perairan laut dan limbah industri, salinitas sangat perlu diukur. Salinitas adalah konsentrasi ion total yang terdapat di perairan. Nilai salinitas perairan tawar biasanya kurang dari $0,5^{\circ}\text{I}_{00}$, perairan payau antara $0,5 - 30^{\circ}\text{I}_{00}$ dan perairan laut

30 – 40 ‰ (Effendi, 2003). Salinitas juga dapat mempengaruhi keberadaan logam berat di perairan, bila terjadi penurunan salinitas karena adanya proses desalinasi maka akan menyebabkan peningkatan daya toksik logam berat dan tingkat bioakumulasi logam berat semakin besar (Erlangga, 2007).

4.2.2.2 pH (Derajat Keasamaan)

Pengukuran pH perairan dilakukan dengan 3 kali ulangan pada setiap titik stasiun penelitian. Berdasarkan hasil pengukuran parameter pH di Perairan Pelabuhan Gresik pada Bulan Mei 2014 memiliki nilai pH tertinggi, terendah dan rata-rata berturut-turut sebesar 7,9 ; 7,3 dan 7,5. Adapun gambar grafik hasil pengukuran salinitas yang dapat dilihat pada Gambar 7. dibawah ini



Gambar 7. pH Perairan Pelabuhan Gresik, Jawa Timur

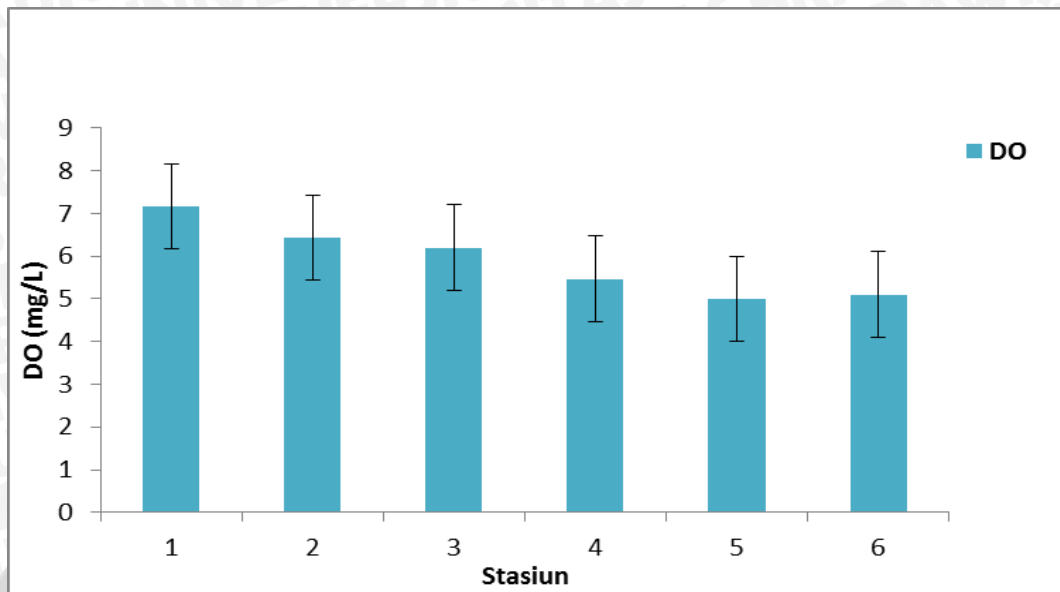
Berdasarkan pada grafik gambar, selama pengamatan nilai pH antar stasiun tidak berbeda jauh. Menurut Effendi (2003), menurunnya nilai pH diperairan disebabkan oleh adanya proses dekomposisi bahan organik yang banyak menghasilkan CO₂, sehingga menyebabkan penurunan pH diperairan.

Nilai pH mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia, toksisitas logam memperlihatkan peningkatan pada pH rendah dan berkurang pada meningkatnya pH. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7 – 8,5. Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu parameter yang dapat menentukan produktivitas suatu perairan. Setiap organisme membutuhkan derajat keasaman (pH) yang optimum bagi kehidupannya. Pescott (1973) mengatakan bahwa batas toleransi organisme terhadap pH bervariasi bergantung pada faktor fisika, kimia dan biologi. pH yang ideal untuk kehidupan fitoplankton berkisar antara 6,5 – 8,0. (Effendi, 2003).

4.2.2.3 DO (Dissolved Oxygen)

Pengukuran DO perairan dilakukan dengan 3 kali ulangan pada setiap titik stasiun penelitian. Berdasarkan hasil pengukuran parameter DO di Perairan Pelabuhan Gresik pada Bulan Mei 2014 memiliki nilai DO tertinggi, terendah dan rata-rata berturut-turut sebesar 7,2 mg/L, 5 mg/L dan 5,9 mg/L. Pada hasil pengulangan memunculkan nilai standard deviasi sebesar 0,85.

Nilai DO yang diperoleh termasuk kategori normal, namun masih bisa untuk mendukung kehidupan biota. Kandungan oksigen terlarut (DO) minimum adalah 2 ppm dalam keadaan normal dan tidak tercemar senyawa beracun (toksik). Kandungan oksigen terlarut minimum ini sudah cukup mendukung kehidupan organisme (Salmin, 2005). Adapun gambar grafik hasil pengukuran salinitas yang dapat dilihat pada Gambar 8. dibawah ini:



Gambar 8. DO (mg/L) Perairan Pelabuhan Gresik, Jawa Timur

Pada gambar diatas di dapatkan hasil bahwa nilai parameter DO yang paling tinggi terdapat pada stasiun 1 sebesar 7,2 mg/L dikarenakan pada lokasi tersebut adalah mulut muara sehingga menyebabkan bertemunya air tawar dan air laut. Pertemuan diantara keduanya menimbulkan sirkulasi air yang berpotensi meningkatkan kandungan oksigen di perairan. Selain itu, bisa dilihat dari nilai hasil pengukuran parameter suhu perairan, dimana pada stasiun 1 ini juga rendah dibandingkan stasiun penelitian yang lain sebesar 31,67° C. Nilai DO berhubungan dengan nilai suhu, dimana jika nilai DO akan menurun karena seiring dengan meningkatnya suhu, maka digunakan untuk aktivitas biologis seperti respirasi dan proses metabolisme. Jadi, DO meningkat di stasiun ini karena nilai suhu perairannya yang rendah.

Secara tidak langsung, nilai DO dapat mempengaruhi kadar logam berat di perairan, hal ini disebabkan keberadaan DO yang mempengaruhi besarnya parameter kualitas air seperti suhu dan salinitas yang dapat mempengaruhi toksisitas suatu perairan. Oksigen terlarut (DO) berasal dari dua sumber, yakni dari

atmosfer dan dari hasil fotosintesis fitoplankton dan berjenis tanaman laut. Keberadaan oksigen terlarut ini sangat memungkinkan untuk langsung dimanfaatkan bagi kebanyakan organisme untuk kehidupan antara lain pada proses respirasi dimana oksigen diperlukan untuk pembakaran (metabolisme) bahan organik sehingga terbentuk energi diikuti dengan pembentukan CO_2 dan H_2O (Wibisono, 2011).

Oksigen terlarut dipengaruhi oleh jenis substrat yang ada. Substrat berlumpur akan menyebabkan oksigen dari udara sulit mengalami difusi ke dalam sedimen, sehingga akan membuat oksigen pada sedimen semakin rendah. Kondisi oksigen yang rendah akan membuat pH semakin menurun dikarenakan terjadi dekomposisi bahan-bahan organik dalam keadaan anaerob (Khaisar, 2006).

4.3 Analisis Logam Berat

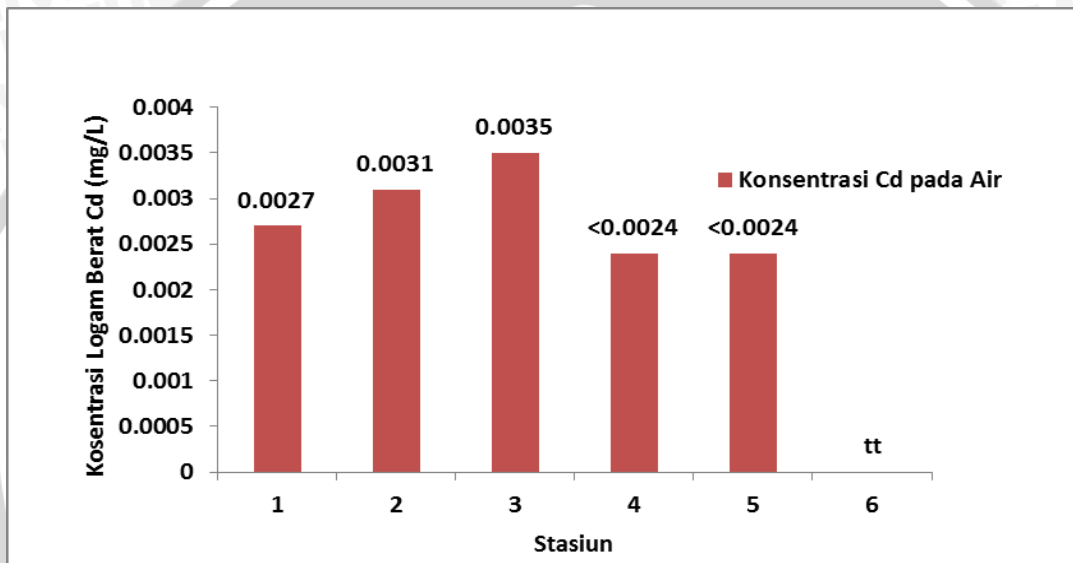
4.3.1 Logam Berat Cd (Cadmium)

Pada penelitian ini parameter logam berat yang diukur adalah Cd atau yang lebih dikenal dengan Cadmium. Kadmiun (Cd) adalah logam berat yang secara normal terdapat pada tanah dan air dalam kadar rendah. Cadmium berasal dari beberapa sumber yaitu sumber alami, pertambangan dan industri. Melalui interaksi dengan rantai makanan akhirnya. Cadmium merupakan bahan beracun yang menyebabkan keracunan kronik pada manusia.

4.3.1.1 Logam Berat Cd (Cadmium) pada Air

Pengukuran logam berat jenis Cadmium (Cd) pada air dilakukan secara eksitu di laboratorium. Hasil pengukuran konsentrasi logam berat jenis Cadmium (Cd) di air yang telah disajikan pada Tabel 4 diatas, Pada stasiun 1, konsentrasi Cd sebesar 0,0027 di daerah mulut muara, stasiun 2 sebesar 0,0031 di daerah dekat

pabrik minyak goreng, stasiun 3 sebesar 0,0035 di daerah tempat docking kapal, stasiun 4 di dekat PJB Gresik dan stasiun 5 di pelabuhan ikan yang memiliki konsentrasi Cd yang sama yaitu $<0,0024$ dan pada stasiun terakhir yaitu stasiun 6 di dekat pabrik pupuk tidak terdeteksi adanya konsentrasi logam berat Cd. Adapun gambar grafik hasil pengukuran Cadmium (Cd) yang dapat dilihat pada Gambar 13. dibawah ini



*tt : Tidak Terdeteksi

Gambar 9. Grafik Konsentrasi Logam Berat Cadmium (Cd) di Air

Pada gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai konsentrasi logam berat Cd tertinggi berada di stasiun 3 yaitu di daerah *docking* kapal sebesar 0,0035 mg/L sedangkan konsentrsi Cd terendah berada di stasiun 4 dan 5 yaitu $<0,0024$ mg/L bahkan tidak terdeteksi pada stasiun 6 di perairan dekat pabrik pupuk. Tingginya kandungan logam berat jenis Cadmium (Cd) diperairan pada stasiun 3 di daerah docking kapal dapat diperkirakan bersumber dari uap, debu dan limbah dari aktifitas industry disekitarnya. Selain itu cadmium di perairan tersebut tinggi juga bisa diduga karena korosi dari mesin kapal ataupun instrumentasi kapal yang mengandung seng

dimana 0,2 % Cd berperan sebagai bahan impurity dalam seng akan ikut masuk ke perairan melalui proses korosi, sehingga konsentrasi logam berat Cd menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun penelitian yang lain. Di sisi lain, tidak terdeteksinya konsentrasi logam berat Cd pada stasiun 6 ini di perairan dekat pabrik pupuk karena kemungkinan diduga bahan pencemar perairan bukan berasal dari logam berat seperti Cd melainkan berasal dari zat nutrient seperti fosfat hasil limbah dari pabrik yang memproduksi dan pengolahan pupuk dan juga endapan sampah.

Secara umum kandungan logam berat Cd atau Cadmium di air laut setelah dibandingkan dengan baku mutu perairan laut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 2004 Lampiran I wilayah Pelabuhan yang tidak ada kandungan logam berat Cd yang melebihi baku mutu, pada Lampiran II wilayah wisata bahari semua stasiun melebihi baku mutu kecuali pada stasiun 5 dan 6 dimana sebesar $< 0,0024$ mg/L dan pada baku mutu Lampiran III untuk biota laut semua stasiun penelitian melebihi dari ambang baku mutu yaitu diatas 0,001 mg/L.

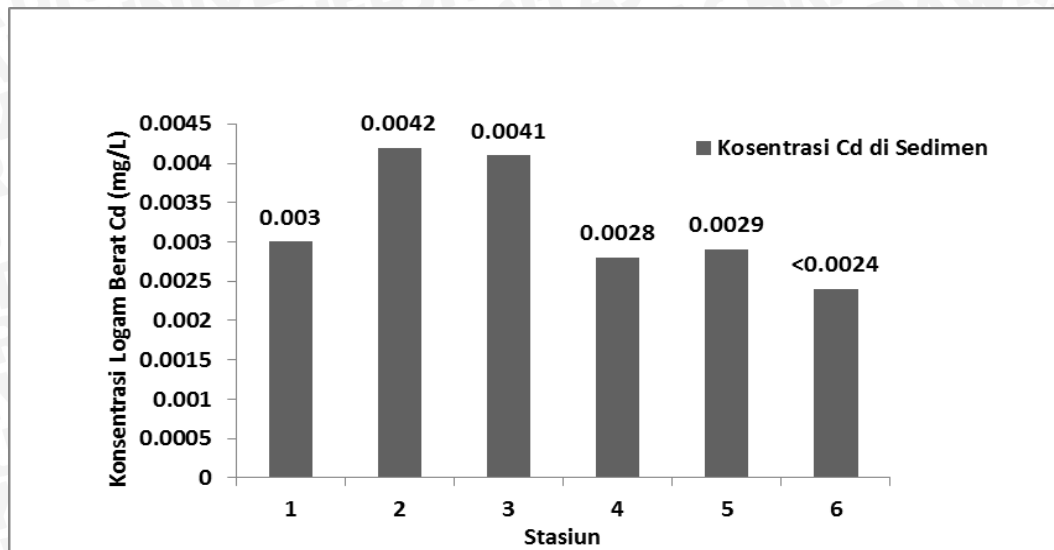
Perbedaan tinggi rendahnya konsentrasi logam Kadmium di beberapa lokasi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain pH dan suhu. Menurut Bryan (1976) kenaikan pH dapat menurunkan kelarutan logam dalam air, karena kenaikan pH menyebabkan logam dapat berikatan dengan partikel di perairan dan mengalami 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 berarti perairan akan bersifat semakin basa sehingga otomatis kadar ion OH^- akan bertambah karena basa. Selanjutnya melalui proses absorpsi dan pengaruh arus ion-ion Cd^{2+} akan mengalami presipitasi atau pengendapan di sedimen (Palar, 2004).

Melihat data hasil pengukuran konsentrasi logam berat Cd dan parameter lingkungan perairan diatas memang benar jika pH mempengaruhi kelarutan Cd di air, dimana pH di stasiun 6 memiliki nilai pH tertinggi sebesar 7,9 dan konsentrasi logam berat terendah yaitu tidak terdeteksi. Jadi semakin tinggi nilai pH maka menurunkan kelarutan logam berat Cd di perairan.

Selain itu, Soemirat (2005) menjelaskan zat akan mudah larut jika temperatur dinaikkan. Waykar et al. (2012) menyatakan bahwa peningkatan suhu perairan cenderung menaikkan akumulasi logam berat. Logam dalam air cenderung akan membentuk ikatan dengan bahan organik ataupun bahan anorganik. Hal ini disebabkan logam memiliki sifat elektronegativitas yaitu kemampuan suatu atom untuk mengikat elektron.

4.3.1.2 Logam Berat Cd (Cadmium) pada Sedimen

Pengukuran logam berat jenis Cadmium (Cd) pada sedimen juga dilakukan secara eksitu di laboratorium . Hasil pengukuran konsentrasi logam berat jenis Cadmium (Cd) di sedimen yang telah disajikan pada Tabel 4 diatas, Pada stasiun 1, konsentrasi Cd sebesar 0,003 di daerah mulut muara, stasiun 2 sebesar 0,0042 di daerah dekat pabrik minyak goreng, stasiun 3 sebesar 0,0041 di daerah tempat docking kapal, stasiun 4 di dekat PJB Gresik sebesar 0,0028 , stasiun 5 di pelabuhan ikan yang memilki konsentrasi Cd sebesar 0,0029 dan pada stasiun terakhir yaitu stasiun 6 di dekat pabrik pupuk sebesar $<0,0024$. Adapun gambar grafik hasil pengukuran Cadmium (Cd) yang dapat dilihat pada Gambar 10. dibawah ini :



Gambar 10. Grafik Konsentrasi Logam Berat Cadmium (Cd) di Sedimen

Pada gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai konsentrasi logam berat Cd di sedimen tertinggi berada pada stasiun 2 yaitu di daerah dekat pabrik minyak goreng sebesar 0,0042 mg/L sedangkan konsentrsi Cd terendah berada di stasiun 6 yaitu di perairan dekat pabrik pupuk sebesar <0,0024 mg/L. Secara umum kandungan logam berat Cd atau Cadmium di sedimen setelah dibandingkan dengan baku mutu dimana tidak ada satupun kandungan logam berat Cd Cadmium yang melebihi baku mutu yaitu 0,8 mg/L.

Fluktuasi konsentrasi logam Cd dalam sedimen di beberapa lokasi di Sungai Musi dipengaruhi antara lain oleh arus sungai dan tipe sedimen. Menurut Hutagalung et al. (1997) besarnya kandungan logam berat yang mengendap di dasar perairan pada daerah yang memiliki arus tenang akan jauh lebih tinggi jika dibandingkan perairan berarus kuat. Teori menjelaskan arus yang kuat akan menyebabkan terjadinya resuspensi dan desolusi logam berat yang ada di sedimen kembali ke badan perairan karena terjadi proses pengenceran. Data hasil peneliti menunjukkan nilai arus terendah dan tenang sebesar 0,2 berada di stasiun 2,

dimana juga memiliki kandungan akumulasi logam berat Cd tertinggi 0,0042. Hal ini menunjukkan bahwa arus yang tenang atau rendah berpotensi dalam mengendapkan logam berat yang lebih tinggi.

Pengendapan logam kadmium di suatu perairan terjadi karena adanya anion karbonat hidroksil dan klorida. Kadmium bervalensi dua (Cd^{2+}) adalah bentuk terlarut stabil dalam lingkungan perairan pada pH dibawah 8,0. Dalam lingkungan alami yang bersifat basa, kadmium mengalami hidrolisis, teradsorpsi oleh padatan tersuspensi dan membentuk ikatan kompleks dengan bahan organik. Di perairan alami, Cd membentuk ikatan kompleks dengan ligan baik organik maupun anorganik, yaitu Cd^{2+} , $\text{Cd}(\text{OH})^+$, CdCl^+ , CdSO_4 , CdCO_3 dan Cd organik (Manahan, 2000).

Rendahnya konsentrasi Cd dalam air dibandingkan sedimen disebabkan sebagian besar logam berat termasuk Cd yang berasal dari lingkungan umumnya terendapkan dalam sedimen sehingga sedimen sangat representatif untuk merekam akumulasi logam berat di perairan. Menurut Amin et al.,(2009) 90% logam berat yang mengontaminasi lingkungan perairan akan terendap di dalam sedimen. Leiwakabessy (2005) juga melaporkan bahwa logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibanding dalam air.

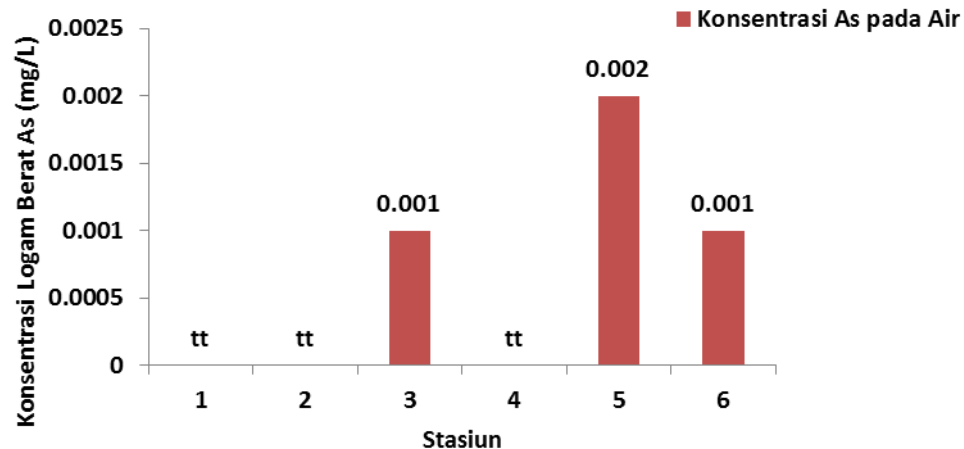
4.3.2 Logam Berat As (Arsen)

Pada penelitian ini parameter logam berat yang diukur juga jenis As atau yang lebih dikenal dengan Arsen. Arsen dalam air tanah terbagi dalam dua bentuk, yaitu bentuk tereduksi terbentuk dalam kondisi anaerobik, sering disebut arsenit.

Bentuk lainnya adalah bentuk teroksidasi, terjadi pada kondisi aerobik, umum disebut sebagai arsenat. Arsen memang ditemukan dalam jumlah yang relatif sedikit namun tingkat toksisitas yang sangat tinggi karena masuk dalam logam berat. Seluruh logam berat muncul secara alami di lingkungan yang dihasilkan dari buangan industri dengan jumlah yang makin hari makin meningkat.

4.3.2.1 Logam Berat As (Arsen) pada Air

Pengukuran logam berat jenis Arsen (As) pada air dilakukan secara eksitu di laboratorium. Hasil pengukuran konsentrasi logam berat jenis Arsen (As) di air yang telah disajikan pada Tabel 4 diatas, Konsentrasi Arsen pada stasiun 1 di mulut muara), stasiun2 di daerah dekat pabrik minyak goreng dan stasiun 4 di dekat PJB Gresik memiliki konsentrasi Arsen yang sama yaitu tidak terdeteksi. Konsentrasi Arsen tertinggi pada stasiun 5 sebesar 0,002 mg/L sedangkan konsentrasi terendah pada stasiun 3 dan 6 sebesar 0,001 mg/L. Adapun gambar grafik hasil pengukuran Arsen (As) yang dapat dilihat pada Gambar 11. dibawah ini



*tt : Tidak Terdeteksi

Gambar 11. Grafik Konsentrasi Logam Berat Arsen (As) (mg/L) di Air

Pada gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai konsentrasi logam berat Arsen tertinggi berada di stasiun 5 yaitu di daerah dekat dengan pelabuhan ikan sebesar 0,002 mg/L sedangkan konsentrsi As terendah berada di stasiun 3 dan 6 sebesar 0,001.dan bahkan ada stasiun yang tidak terdeteksi logam berat As seperti 1,2 dan 4. Tidak terdeteksinya logam berat As ini bukan semata-mata tidak adanya kandungan logam berat ini di perairan tersebut melainkan ada tapi dalam jumlah sedikit atau dibawah batas deteksi alat AAS yang digunakan.

Secara umum kandungan logam berat As atau Arsen di air laut setelah dibandingkan dengan baku mutu perairan laut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 2004 Lampiran I wilayah Pelabuhan, Lampiran II wilayah wisata bahari dan Lampiran III untuk biota pada semua stasiun penelitian tidak ada yang melebihi baku mutu. Bahan pencemar yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami tiga macam proses akumulasi, yaitu fisik, kimia, dan biologis. Buangan limbah industri yang mengandung bahan berbahaya dengan toksisitas yang tinggi dan kemampuan biota laut untuk menimbun logam-logambahan pencemar langsung terakumulasi secara fisik dan kimia kemudian mengendap di dasar perairan. Metabolisme bahan berbahaya terjadi melalui rantai makanan secara biologis yang disebut bioakumulasi (Hutagalung, 1984).

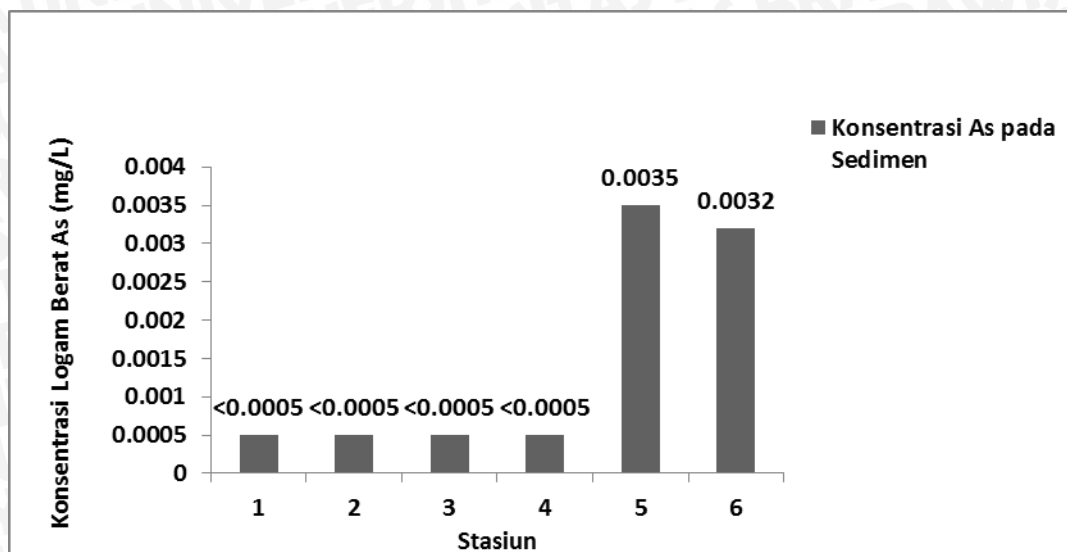
Arsenik memang dikenal karsinogen atau dapat menyebabkan kanker namun dampaknya baru terlihat setelah dalam jangka waktu yang lama (long-term). Keberadaan arsen di alam (meliputi keberadaan di batuan (tanah) dan sedimen, udara, air, dan biota), produksi arsen di dalam industri, penggunaan dan sumber pencemaran arsen di lingkungan.Konsentrasi arsen yang mampu terdeteksi diduga berasal dari pelapukan batuan dan di perairan, sedangkan secara umum kandungan logam berat Arsen ini tidak mampu dideteksi karena memang tidak terlalu banyak

sumber pencemar logam berat ini yang masuk ke dalam air maupun yang diendapkan pada sedimen. Biasanya arsen muncul atau ada di lingkungan berasal dari aktivitas pertambangan.

Dalam lingkungan perairan, kondisi dalam tekanan oksidasi arsen membentuk pentavalent arsenat (As(V)), dimana dalam kondisi sebaliknya saat tereduksi membentuk trivalent arsenit (As(III)), dan mobilitas serta penyerapan oleh sedimen, tanah lempung, dan mineral tanah bergantung pada bentuk arsennya. Dalam kondisi anoksik, aktivitas mikrobial dapat membentuk arsen dalam metilat, yang mana berbentuk padat dan mampu masuk ke lapisan atmosfer (Nriagu et al., 2007).

4.3.2.2 Logam Berat As (Arsen) pada Sedimen

Pengukuran logam berat jenis Arsen (As) pada sedimen juga dilakukan secara eksitu di laboratorium. Hasil pengukuran konsentrasi logam berat jenis Arsen (As) di sedimen yang telah disajikan pada Tabel 4 diatas, Konsentrasi tereendah logam berat Arsen pada stasiun 1 di mulut muara), stasiun 2 di daerah dekat pabrik minyak goreng, stasiun 3 di daerah tempat docking kapal dan stasiun 4 di dekat PJB Gresik memiliki konsentrasi Arsen yang sama yaitu $<0,0005 \text{ mg/L}$ sedangkan konsentrasi tertinggi sebesar $0,0035 \text{ mg/L}$ di stasiun 5 dan tidak beda jauh dengan stasiun 6 setelah dibandingkan yaitu sebesar $0,0032 \text{ mg/L}$. Adapun gambar grafik hasil pengukuran Arsen (As) yang dapat dilihat pada Gambar 12. dibawah ini



Gambar 12. Grafik Konsentrasi Logam Berat Arsen (As) (mg/L) di Air

Secara umum kandungan logam berat Arsen atau As di sedimen setelah dibandingkan dengan baku mutu IADC dimana tidak ada satupun kandungan logam berat Arsen yang melebihi baku mutu yaitu 29 mg/L. Jadi dapat disimpulkan bahwa kandungan logam berat Arsen ini tidak terlalu mencemari lingkungan perairan karena kadarnya masih dalam ambang batas IADC, tetapi jika terakumulasi dalam kurun waktu yang lama maka akan berbahaya khususnya bagi biota perairan yang menggunakan sedimen sebagai habitat hidupnya seperti makrozobenthos. Akumulasi pada organisme terjadi karena kecenderungan logam berat untuk membentuk senyawa kompleks dengan zat-zat organik yang terdapat dalam tubuh organisme sehingga logam berat terfiksasi dan tidak segera diekskresi oleh organisme yang bersangkutan.

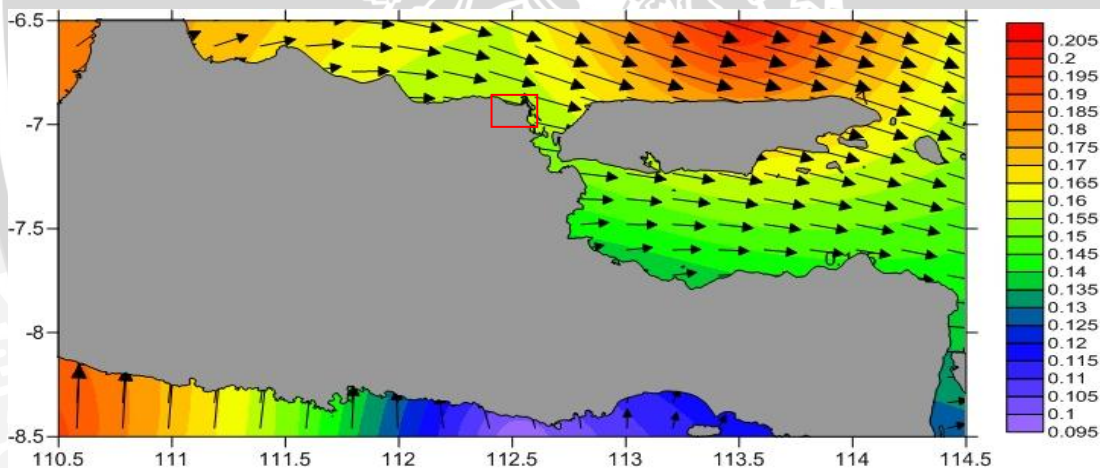
Keberadaan kadar logam berat yang terlarut pada sedimen sangat tergantung pada baik buruknya kondisi perairan. Semakin tinggi aktifitas yang terjadi disekitar perairan baik di darat maupun area perairan maka kadar logam berat dapat meningkat pula (Makmur et al, 2013). Berdasarkan hasil pengukuran, nilai

konsentrasi As pada sedimen di semua stasiun dapat dikatakan tidak melebihi nilai standar baku mutu lingkungan IADC, maka konsentrasi As yang ada pada sedimen tidak berbahaya bagi lingkungan.

4.3.3 Pola Arus

Pengukuran arus dilakukan pada masing-masing stasiun pengamatan. Pengukuran kecepatan arus dilakukan dengan menggunakan Current Meter. Pengaruh pola arus pasang surut sangat berpengaruh terhadap kadar logam berat yang ada di perairan, dikarenakan akumulasi logam berat yang sangat berpengaruh terhadap proses pengenceran dan adanya arus pola pasang surut.

Pola arus perairan Gresik bergerak menuju tenggara, dapat dilihat pada gambar 13 berikut.



Gambar 13. Pola Arus Perairan Gresik

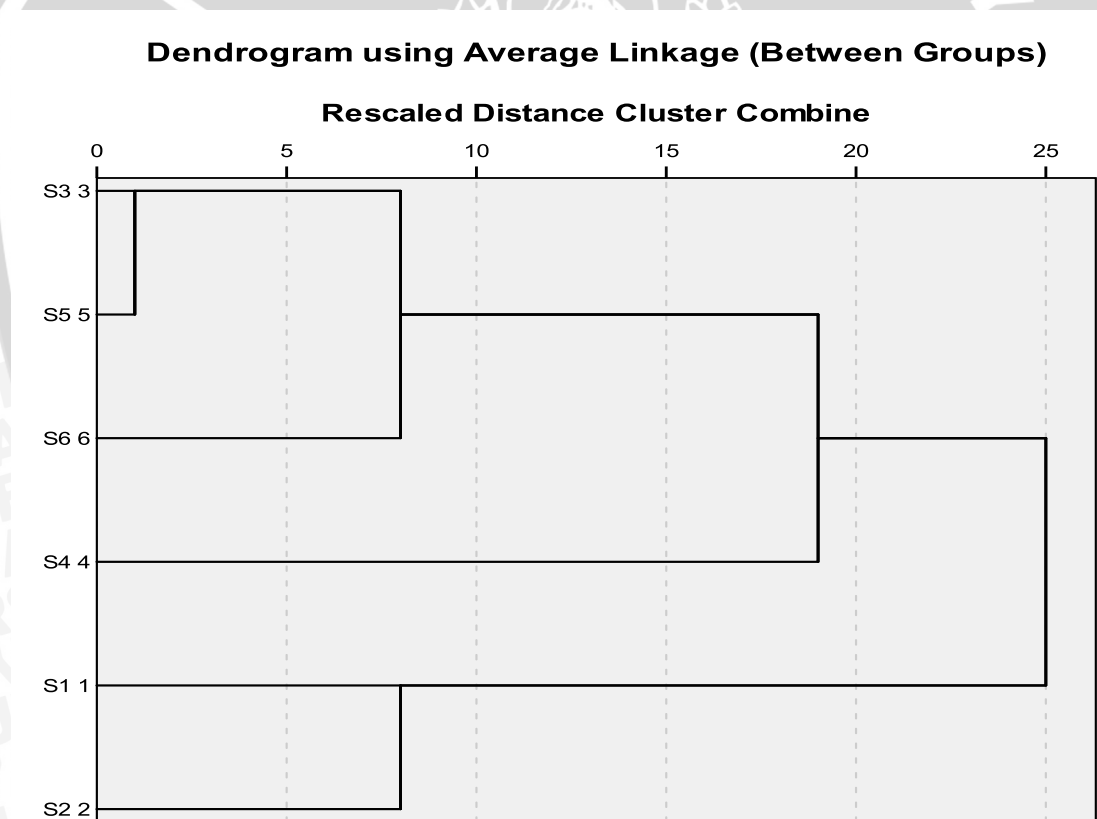
Dapat dilihat pada peta arus tersebut, aliran arus yang mengalir pada perairan Gresik menuju ke arah tenggara. Aliran arus perairan Gresik menuju ke arah laut lepas tetapi condong mengarah pada stasiun 6, 5, 4 lalu berubah menjadi ke arah tenggara. Pengambilan sampel dilakukan pada waktu pagi menuju siang hari pada saat air akan pasang. Pada pengukuran arus menggunakan current meter

terlihat bahwa aliran arus masih dalam keadaan normal, sehingga diasumsikan partikel-partikel yang ada pada perairan mengendap pada dasar perairan.

4.4 Hasil Analisis Clustering

4.4.1 Analisis Clustering Parameter Lingkungan Perairan

Analisis clustering parameter lingkungan perairan pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kesamaan karakteristik parameter lingkungan baik parameter fisika maupun kimia yang menunjang dari parameter biologi yaitu plankton. Adapun dendrogram hasil clustering parameter lingkungan perairan yang dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Clustering Parameter Lingkungan Perairan

Berdasarkan Gambar 14 diatas merupakan gambar dendogram clustering dari software SPSS. Dendogram Clustering tersebut menggambarkan dan menjelaskan mengenai tingkat kesamaan karakteristik parameter lingkungan dari 6 stasiun lokasi penelitian. Pada gambar terdapat cluster pertama dengan nilai distance cluster atau jarak similarity paling jauh kemudian dibagi menjadi dua kelompok dimana kelompok pertama adalah gabungan antara stasiun 3, 5, 6 dengan stasiun 4 dan kelompok kedua adalah gabungan antara stasiun stasiun 1 dan 2.

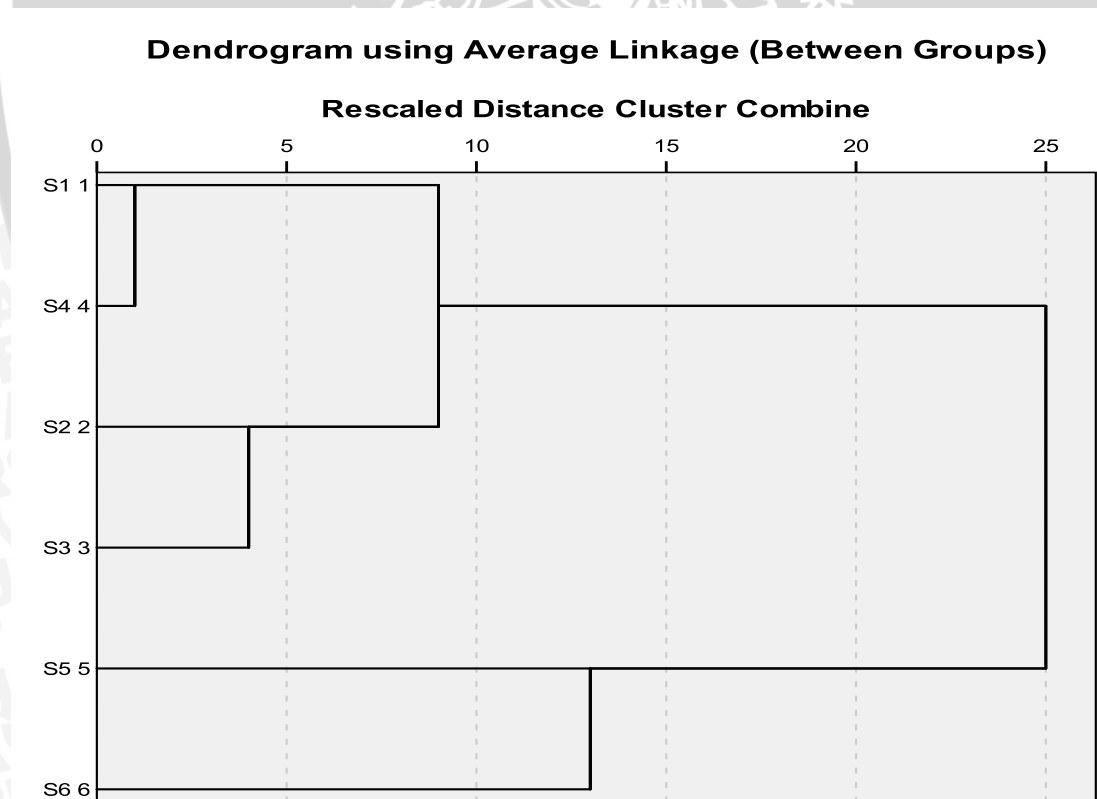
Secara keseluruhan pada Parameter Lingkungan Perairan diatas dapat dilihat bahwa terdapat 5 model cluster. Semakin tinggi nilai koefisien similarity (jarak *Euclidean*) diatas maka semakin tinggi pula perbedaan (semakin rendah nilai kesamaannya). Cluster kedua adalah dengan nilai koefisien similarity tertinggi kedua adalah stasiun 3, 5, dengan stasiun 6. Model dendogram ketiga adalah koefisien nilai similarity stasiun 1 dan 2. Cluster keempat adalah koefisien nilai similarity stasiun 3, 5, dan 6, dengan stasiun 4. Cluster yang kelima adalah koefisien nilai similarity stasiun 3, 5, 6, dan 4 dengan 1 dan 2.

Pertama stasiun yang memiliki nilai koefisien similarity tertinggi adalah pada stasiun 3 dan 5 yakni sebesar 4,656. Hal ini dikarenakan lokasi keduanya tidak terlalu jauh dan sama-sama berada di dekat pabrik kapal. Selain itu kesamaan kedua stasiun ini juga karena ada beberapa nilai parameter lingkungan yang hampir sama atau memiliki selisih yang tidak beda jauh yakni hasil pengukuran dari nilai suhu (stasiun 2 sebesar 32°C dan stasiun 3 sebesar $32,7^{\circ}\text{C}$) dan nilai pH (stasiun 2 sebesar 7,7 dan stasiun 3 sebesar 7,4). Pada nilai Z-Score clustering dengan menggunakan sofwarer SPSS ini juga menunjukkan bahwa adanya kesamaan nilai pada parameter lingkungan antara stasiun 3 dan 5 yaitu suhu perairan sebesar -

0,221. Tingkat similarity tertinggi kedua adalah antara stasiun 3 dan 5 dengan stasiun 6 dimana adanya karakteristik nilai kecepatan arus dan salinitas yang dapat dilihat dari nilai Z-score (Lampiran 3). Selain itu juga stasiun 1 dan 2 juga memiliki nilai similarity yang sama dengan pada cluster gabungan stasiun 3,5, dan 6. Pada kedua stasiun tersebut memiliki nilai kecepatan arus yang sama dimana juga dikarenakan jarak lokasi penelitian ini yang berdekatan.

4.4.2 Analisis Parameter Logam Berat

Analisis clustering logam berat pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kesamaan karakteristik logam berat pada tiap stasiun penelitian. Adapun dendrogram hasil clustering logam berat dapat dilihat pada Gambar 18. dibawah ini.



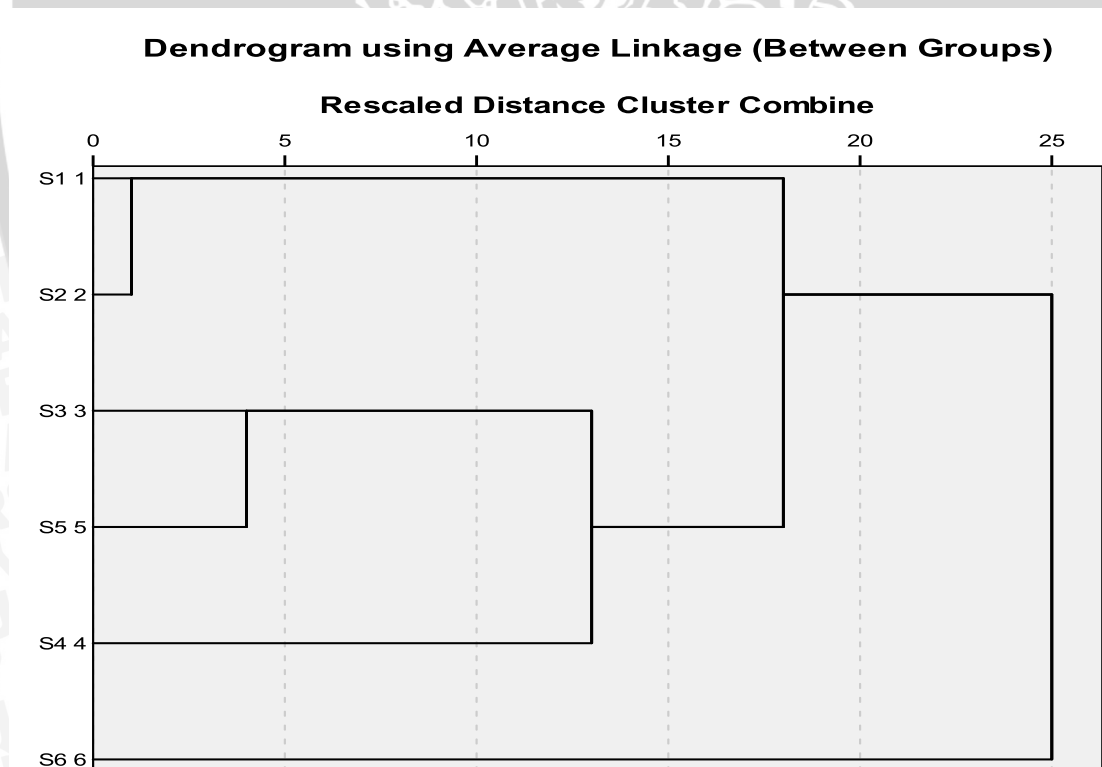
Gambar 15. Clustering Parameter Logam Berat

Berdasarkan Gambar 15 mengenai Dendrogram Clustering Parameter Logam Berat diatas dapat dilihat bahwa terdapat 5 cluster. Semakin tinggi nilai koefisien similarity (jarak *Euclidean*) diatas maka semakin tinggi pula perbedaan (semakin rendah nilai kesamaannya). Pada cluster pertama dengan nilai similarity tertinggi adalah antara stasiun 1 dan 4. Cluster kedua adalah stasiun 2 dengan stasiun 3. Cluster ketiga adalah gabungan antara stasiun 1 dan 4 dengan stasiun 2. Cluster keempat adalah stasiun 5 dan 6 dan cluster kelima adalah gabungan antara semua model dendrogram.

Pertama stasiun yang memiliki nilai koefisien similarity tertinggi adalah pada stasiun 1 dan 4 yakni sebesar 0,133 . Hal ini dikarenakan pada stasiun 1 dan 4 memiliki hasil pengukuran logam berat yakni As baik di air maupun sedimen yang bernilai sama. Hal ini dapat dilihat dari nilai hasil pengukuran yang sama yaitu nilai As di air sama yaitu tidak terdeteksi atau 0 mg/L dan nilai As di sedimen dikedua stasiun yaitu sama sebesar 0,0005 mg/L dan nilai dari Z-Score SPSS yang sama sebesar As Air dan sedimen sebesar -0,817 dan 0,642. Nilai similarity tertinggi kedua adalah stasiun 2 dan 3 karena nilai parameter As pada sedimen sama yaitu 0,5 mg/L dengan nilai Z-Score clustering SPSS sama sebesar 0,642. Cluster ketiga adalah hasil gabungan dendrogram similarity stasiun 1 dan 4 dengan stasiun 2 dan 3 dimana memiliki kesamaan nilai logam berat As di sedimen sebesar 0,5 mg/L dengan nilai z-score sama sebesar 0,642. Cluster keempat adalah stasiun 5 dan 6. cluster yang terakhir atau kelima adalah model gabungan stasiun 1, 4, 2, 3 dengan stasiun 5, 6. Ketidak samaan atau jauhnya jarak similiraity dari model satu, dua dan tiga pada cluster 4 dan 5 ini dikarenakan nilai pengukuran semua logam berat baik As dan Cd pada sedimen dan air memiliki nilai yang berbeda jauh yang diikuti dengan nilai Z-score yang juga berbeda jauh.

4.4.3 Analisis Clustering Parameter Lingkungan Perairan dan Logam Berat

Analisis clustering parameter lingkungan (fisika dan kimia) dan logam berat pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kesamaan karakteristik parameter lingkungan (fisika dan kimia) dengan logam berat pada tiap stasiun. Hasil analisis clustering antara parameter lingkungan (fisika dan kimia) dengan logam berat digunakan untuk melihat adanya pengaruh satu sama lainnya. Parameter lingkungan seperti suhu, kecepatan arus, pH, salinitas dan DO memiliki pengaruh terhadap logam berat seperti kelarutan, toksisitas dan penyebarannya sehingga perlu melakukan analisis clustering untuk mengetahui pengaruh satu sama lainnya. Adapun dendrogram hasil clustering parameter lingkungan (fisika dan kimia) dengan logam berat dapat dilihat pada Gambar 16.



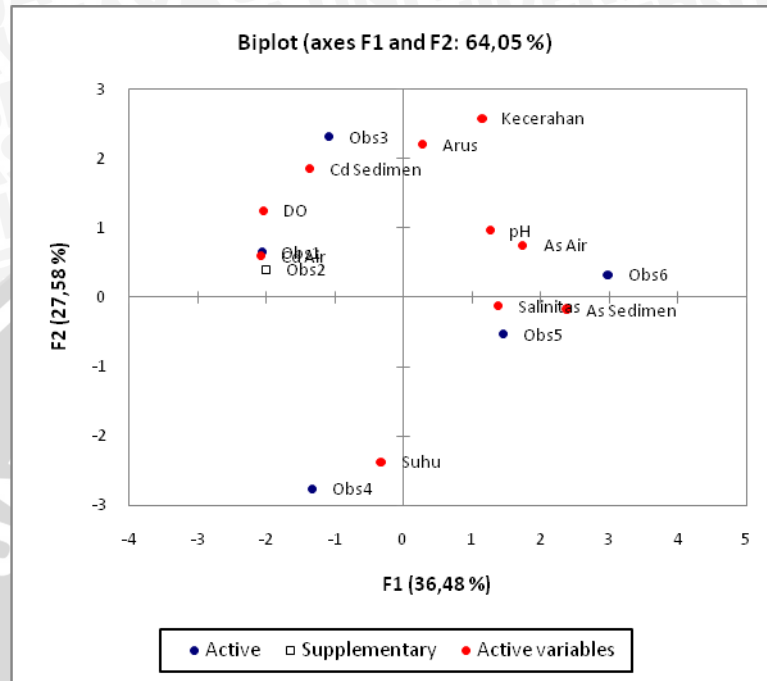
Gambar 16. Clustering Parameter Lingkungan Perairan dengan Logam Berat

Berdasarkan Gambar 16 yang merupakan Dendrogram Clustering Parameter Lingkungan Perairan dengan Parameter logam berat diatas. Terdapat 5 model dendrogram. Semakin tinggi nilai koefisien similarity (jarak *Euclidean*) diatas maka semakin tinggi pula perbedaan (semakin rendah nilai kesamaannya). Pada cluster pertama yakni stasiun 1 dan 2 dengan nilai similarity tertinggi, hal ini karena kedekatan lokasi antar kedua stasiun dan nilai hasil pengukuran serta Z-Score yang hampir sama pada beberapa parameter seperti kecepatan arus, pH, logam berat As pada sedimen dan air yang memiliki nilai yang sama atau tidak beda jauh. Model cluster kedua adalah dengan nilai similarity tertinggi kedua yakni stasiun 3 dan 5 dimana pada kedua stasiun ini dimana memiliki nilai suhu yang sama dan nilai Ph yang tidak beda jauh. cluster ketiga dengan nilai similarity tertinggi ketiga yaitu gabungan antara stasiun stasiun 3 dan 5 dengan stasiun 4 dimana adanya kesamaan pada nilai kecepatan arus, dan nilai yang tidak beda jauh pada salinitas, pH, logam berat As sedimen, Cd pada air dan Cd pada sedimen. Cluster keempat dengan nilai similarity tertinggi keempat yaitu gabungan antara model dendrogram cluster pertama dan cluster ketiga yang mencakup stasiun 1,2,3, 4 dan 5 dan cluster kelima dengan nilai similarity paling jauh yakni gabungan antara cluster keempat dengan stasiun 6.

4.5 Analisis PCA (Principal Component Analysis)

PCA (*Principal Component Analysis*) atau yang sering disebut dengan analisis komponen utama ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara parameter utama yaitu logam berat Arsen (As) dan Cadmium (Cd) dengan parameter lingkungan perairan dan mendeterminasi apakah terdapat pengelompokan stasiun berdasarkan variabel tersebut dengan menggunakan

software SPSS (Statistical Package For The Social Sciences). Adapun hasil analisis dari PCA tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 17 berikut:



Gambar 17. Hasil Analisis PCA (Principal Component Analysis)

Berdasarkan Gambar 17 diatas dapat dilihat bahwa nilai biplot axes antara F1 (36,48 %) dan F2 (27,58%) jadi total biplot axes F1 dan F2 adalah (64,05%). Titik biru (dot) dengan keterangan obs 1, obs 3, obs 4 dan seterusnya menunjukkan lokasi penelitian atau stasiun penelitian, tetapi ada satu titik yakni obs 2 yang titik dotnya tidak berwarna biru yang berarti bersifat supplementary atau memiliki karakteristik yang hampir sama dengan stasiun 1 dan 3 karena terletak dalam satu kuadran (kuadran IV). Titik merah (dot) menunjukkan variable aktif meliputi suhu, DO, pH, kecerahan, Arsen (As) air, Arsen (As) sedimen, Cadmium (Cd) air dan Cadmium (Cd) sedimen. Pembacaan kuadran seperti pada kuadran matematika.

Karakteristik stasiun 1 dipengaruhi oleh variabel/ parameter Cd Air, Cd sedimen dan DO begitu pula dengan stasiun 2 dan stasiun 3 dipengaruhi juga oleh

parameter arus dan kecerahan. Karakteristik perairan stasiun 4 dipengaruhi oleh parameter suhu. Parameter utama logam berat Cd air dan sedimen sudah benar terletak dalam satu kuadran dimana jika Cd air meningkat maka Cd di sedimen yang terakumulasi juga akan meningkat. Karakteristik perairan di stasiun 5 dipengaruhi oleh beberapa parameter konsentrasi As sedimen dan Salinitas sedangkan stasiun 6 dipengaruhi oleh konsentrasi As air dan pH.

Jadi, parameter utama yakni logam berat konsentrasi Arsen pada air dipengaruhi oleh nilai pH dan Arsen sedimen dipengaruhi oleh faktor nilai salinitas. Konsentrasi logam berat Cadmium (Cd) pada air dan sedimen dipengaruhi oleh DO.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

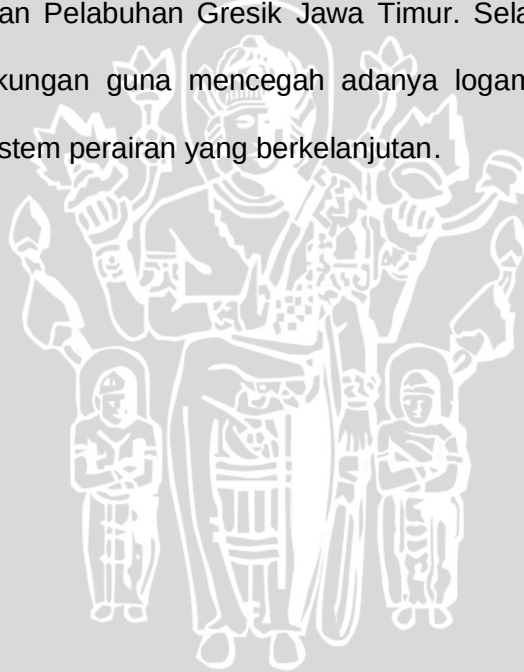
Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian skripsi mengenai Analisis Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) dan Arsen (As) pada Air dan Sedimen di Perairan Pelabuhan Gresik Jawa Timur adalah sebagai berikut:

1. Hasil rata-rata pengukuran parameter lingkungan perairan pada 6 stasiun penelitian yang meliputi nilai suhu ($33,1^{\circ}\text{C}$), kecerahan (42,1 cm), kecepatan arus (0,3 m/s), salinitas (29,2), DO (5,9 mg/L) dan pH (7,5). Secara keseluruhan rata-rata nilai hasil pengukuran di semua stasiun setelah dibandingkan dengan baku mutu Perairan Laut, di wilayah Perairan Pelabuhan Gresik Jawa Timur masih tergolong baik dan hanya ada satu parameter yang berindikasi negatif yaitu nilai kecerahan yang rendah dibawah baku mutu.
2. Hasil pengukuran parameter logam berat menunjukkan nilai Arsen (As) pada air dan sedimen setelah dibandingkan dengan baku mutu perairan laut pada Lampiran 1, 2 dan 3 dan nilai standar baku mutu lingkungan IADC secara keseluruhan tidak melebihi baku mutu. Hasil pengukuran kandungan logam berat Cd yang melebihi baku mutu, pada Lampiran II wilayah wisata bahari semua stasiun melebihi baku mutu kecuali pada stasiun 5 dan 6 .
3. Hasil analisis clustering menunjukkan ada 3 dendogram clustering yaitu parameter lingkungan dengan Z-score tertinggi antara stasiun 3 dan 5 sebesar 0,221, logam berat dengan Z-Score tertinggi antara stasiun 1 dan 4 sebesar 0,642 dan gabungan antara parameter lingkungan dan logam berat dengan nilai Z-score tertinggi pada stasiun 1 dan 2. Model dendogram

parameter lingkungan dengan gabungan antara parameter lingkungan dan logam berat memiliki model yang sama, dimana stasiun 2 dan 3 memiliki nilai similarity yang tinggi. Nilai Z-Score clustering

5.2 Saran

Pada tulisan skripsi ini, penulis memberikan sedikit saran yaitu perlunya penelitian lebih lanjut dengan periode waktu penelitian yang lebih lama untuk mengkaji dan mengetahui lebih lanjut distribusi dan analisis kandungan logam berat tidak hanya jeni kadmium (Cd) dan arsen (As) tetapi logam berat lainnya pada air dan sedimen di Perairan Pelabuhan Gresik Jawa Timur. Selain itu perlu adanya kajian pendekatan lingkungan guna mencegah adanya logam berat di Perairan untuk kelestarian ekosistem perairan yang berkelanjutan.



DAFTAR PUSTAKA

Aliandi, Anam. 2009. Peta dan Penjelasan Kawasan Strategis Kabupaten Gresik.

Amin, B., Ismail, A., Arshad, A., Yap, C.K., & Kamarudin, M.S. 2009. Anthropogenic impacts on heavy metal concentrations in the coastal sediments of Dumai, Indonesia. *Environ. Monit. Assess.*, 148:291–305.

Amin B., E. Afriyani. M. dan A. Saputra. 2011. Distribusi Spasial Logam Pb dan Cu pada Sedimen dan Air Laut Permukaan di Perairan Tanjung Buton Kabupaten Siak Provinsi Riau. *Jurnal Teknobiologi*, II 2011: 1–8. Laboratorium Kimia Laut Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Riau.

Aron, Raymond, 1999 *The Industrial Society. Three Essay On Ideology And Development* New York Frederick A. Preger, Publisher.

Arikunto, S. 1996. *Prosedur Penelitian. Suatu Pendekatan Praktek*. Rhineka Cipta. Jakarta

Armita D, 2011. Analisis Perbandingan Kualitas Air Di Daerah Budidaya Rumput Laut Dengan Daerah Tidak Ada Budidaya Rumput Laut, Di Dusun Malelaya, Desa Punaga, Kecamatan Mangarabombang, Kabupaten Takalar. Fakultas Ilmu Kelautan Dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Bryan GW. 1976. *Heavy Metal Contamination in The Sea*. Marine pollution. London: Academic press. Hlm: 185 – 302.

Chen, J. P., Chen, W. R., & Chi R. H. (1996). Biosorption of copper from aqueous solution by plant root tissues. *J. of Ferment. and Bioeng*, 81(5), 458–463.

Darmono. 1995. Logam dalam sistem mahluk hidup. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.

Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup Dan Pencemaran Hubungannya Dengan Toksikologi Senyawa Logam*. UI Press : Jakarta.

Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air. Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

Festri Istarani dan Ellina S. Pandebesie , 2014 JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 3, No. 1, (2014) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print). Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS}. Surabaya

Fitriyah K. R., 2007. Studi Pencemaran Logam Berat Kadmium (Cd), Merkuri (Hg) Dan Timbal (Pb) Pada Air Laut, Sedimen Dan Kerang Bulu (Anadara Antiquata) Di Perairan Pantai Lekok Pasuruan. Jurusan Biologi, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri: Malang.

Greenwood, N. N., Earnshaw, A., 1989. Chemistry of the Elements. New York: Pergamon Press.

Hutabarat, S dan Evans. 2008. Pengantar Oseanografi. Jakarta: Universitas Indonesia.

Hutagalung, Horas P, Deddy Setiapermana, dan Hadi Riyono. 1997. Metode Analisis Air Laut, Sedimen, dan Biota. Jakarta : Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

Hutagalung, H. P. dan A. Rozak. 1997. Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota. Buku 2. LIPI. Jakarta.182 hal.

Kristanto, Philip. 2002. *Ekologi Industri*. Andi offset : Yogyakarta.

Kriyantono, Rachmat. 2010. Teknis Praktis Riset Komunikasi Jakarta:Kencana

Leiwakabessy, F. 2005. Logam berat di perairan pantai Pulau Ambon dan korelasinya dengan kerusakan cangkang, rasio seks, ukuran cangkang, kepada individu dan indeks keragaman jenis siput Nerita (Neritidae: Gastropoda). Disertasi. Program Pascasarjana Universitas Airlangga. Surabaya.

Makmur, R., Emiyarti dan L.O.A Afu. 2013. Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Sedimen di Kawasan Mangrove Perairan Teluk Kendari. Universitas Haluoleo.

Manahan, Stanley E. 2000. *Environmental Chemistry*. Seventh Edition. Lewis Publisher. CRC Press Library of Congress Cataloging . New York.

Marzuki. 1993. *Metodologi Riset*. Fakultas Ekonomi. Universitas Islam Indonesia.Yogyakarta.

MenKLH, 2004. Kriteria Baku Mutu Biota Dan Perikanan Dalam Perairan.

Monoarfa, W., 2002. Dampak Pembangunan Bagi Kualitas Air Di Kawasan Pesisir Pantai Losari, Makassar. Jurnal Sci & Tech, Vol. 3 No. 3 Desember 2002: 37 - 44 . Universitas Hasanudin : Makasar.

Nazir, M. 1983. Metode Ilmiah. PT Ghalia Indonesia. Jakarta.

Nybakken, J. W. 1992. Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis. Alih bahasa H.M. Eidman, Koesoebiono, D. G. Bengen, M. Hutomo dan S. Sukardjo.PT Gramedia Jakarta. 459 hal.

Putra S.E dan Putra J.A. 2005. *Bioremoval Metode Alternatif Untuk Menanggulangi Pencemaran Logam Berat*. www.Che-istry. Org

Palar, H. 1994. Pencemaran dan toksikologi logam berat. Rineka cipta, Jakarta.

Palar, H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.

Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.

Rajagopal, S.; J. Azariah and K. V.K. Nair 1994. Heat Treatment As A Fouling Control Method For Indian Coastal Power Plants. In *Recent Advances In Biofouling Control*. (M. F. Thompson, R. Nagabhushanam, R. Sarojini, and M. Fingerman, eds.). Oxford And IBH Publishing Company Pvt. Ltd, New Delhi: 391-396.

Rennika., Aunurohim., dan N. Abdulgani. 2013. Konsentrasi dan Lama Paparan Senyawa Organik dan Inorganik pada Jaringan Insang Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) pada Kondisi *Sub Lethal*. Jurnal Sains Dan Seni Pomits Vol. 2, No.2., Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Salmin, 2005. Oksigen Terlarut (DO) Dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. Jurnal Oseana, Volume XXX, Nomor 3, 2005 : 21 – 26. Bidang Dinamika Laut, Pusat Penelitian Oseanografi - LIPI, Jakarta.

Sugiyono. 2008. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta. Bandung. hal. 224-234

Sanusi, H. S. 2006. Kimia Laut Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan. Bogor: Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.

Sarjono, A. 2009. Analisis Kandungan Logam Berat Cd, Pb, Hg Pada Air dan Sedimen di Perairan Kamal Muara, Jakarta Utara. Jurnal Penelitian : ITB. Bogor.

S Elfinurfajri F., 2009. Struktur Komunitas Fitoplankton Serta Keterkaitannya Dengan Kualitas Perairan Di Lingkungan Tambak Intensif. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Waykar, Bhalthandra., and Deshmukh, Gajanan. 2012. *Evaluation of Bivalves as Bioindicators of Metal Pollution in Freshwater*. Journal Bull Environ Contam Toxicol 88:48-53.

Wibisono, M.S, 2005. Pengantar Ilmu Kelautan. Grasindo, Jakarta.

Widowati, W., Astiana S., Raymond J, R., 2008, *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto Dokumentasi Kegiatan Lapang



Lampiran 2. Hasil Pengukuran Lapang Parameter Fisika dan Kimia

1. Mulut muara									4. Peairan PJB Gresik										
Stasiun	Koordinat Lokasi		Waktu	Suhu	Kecerahan	pH	Salinitas	DO	Arus	Stasiun	Koordinat Lokasi		Waktu	Suhu	Kecerahan	pH	Salinitas	DO	Arus
	Lintang	Bujur									Lintang	Bujur							
1	07°11'33,5"	112°39'59,1"	WIB	(°C)	(cm)		(‰)	(mg/L)	m/s	4	07°09'36,1"	112°39'52,0"	WIB	(°C)	(cm)		(‰)	(mg/L)	m/s
	Pengukuran 1		08.30	31	43	7,5	25	7,5	0,1		Pengukuran 1		10.23	35	35	7,2	29	5,3	0,3
	Pengukuran 2		08.42	32	54	7,8	26	7,8	0,5		Pengukuran 2		10.41	36	35	7,2	31	5,6	0,2
	Pengukuran 3		08.59	32	34	7,5	24	6,2	0,1		Pengukuran 3		10.57	38	32	7,4	29	5,5	0,3
Rata - rata				31,7	43,7	7,6	25,0	7,2	0,2	Rata - rata				36,3	34,0	7,3	29,7	5,5	0,3
Standart Deviasi				0,577	10,017	0,173	1,000	0,850	0,231	Standart Deviasi				1,528	1,732	0,115	1,155	0,153	0,058
2. Prabrik minyak goreng									5. Pelabuhan Ikan										
Stasiun	Koordinat Lokasi		Waktu	Suhu	Kecerahan	pH	Salinitas	DO	Arus	Stasiun	Koordinat Lokasi		Waktu	Suhu	Kecerahan	pH	Salinitas	DO	Arus
	Lintang	Bujur									Lintang	Bujur							
2	07°11'15,4"	112°11'04,9"	WIB	(°C)	(cm)		(‰)	(mg/L)	m/s	5	07°08'52,2"	112°39'27,2"	WIB	(°C)	(cm)		(‰)	(mg/L)	m/s
	Pengukuran 1		09.10	31	38	7,8	30	6,8	0,1		Pengukuran 1		11.26	33	43	7,4	30	4,9	0,4
	Pengukuran 2		09.22	33	35	7,8	29	6	0,2		Pengukuran 2		11.32	32	40	7,2	30	5,2	0,2
	Pengukuran 3		09.31	32	35	7,5	30	6,5	0,4		Pengukuran 3		11.50	33	45	7,4	30	4,9	0,2
Rata - rata				32,0	36,0	7,7	29,7	6,4	0,2	Rata - rata				32,7	42,7	7,3	30,0	5,0	0,3
Standart Deviasi				1,000	1,732	0,173	0,577	0,404	0,153	Standart Deviasi				0,577	2,517	0,115	0,000	0,173	0,115
3. Doking Kapal									6. Pabrik pupuk										
Stasiun	Koordinat Lokasi		Waktu	Suhu	Kecerahan	pH	Salinitas	DO	Arus	Stasiun	Koordinat Lokasi		Waktu	Suhu	Kecerahan	pH	Salinitas	DO	Arus
	Lintang	Bujur									Lintang	Bujur							
3	07°10'12,5"	112°40'02,4"	WIB	(°C)	(cm)		(‰)	(mg/L)	m/s	6	07°08'41,3"	112°39'18,8"	WIB	(°C)	(cm)		(‰)	(mg/L)	cm/s
	Pengukuran 1		09.38	32	54	7,2	31	6	0,5		Pengukuran 1		12.10	33	56	7,9	31	4,8	0,3
	Pengukuran 2		09.50	33	49	7,5	30	6,2	0,3		Pengukuran 2		12.26	33	40	8,1	31	5,1	0,4
	Pengukuran 3		10.09	33	39	7,4	31	6,4	0,5		Pengukuran 3		12.44	33	50	7,6	29	5,4	0,3
Rata - rata				32,7	47,3	7,4	30,7	6,2	0,4	Rata - rata				33,0	48,7	7,9	30,3	5,1	0,3
Standart Deviasi				0,577	7,638	0,153	0,577	0,200	0,115	Standart Deviasi				0,000	8,083	0,252	1,155	0,300	0,058

Lampiran 3. Hasil Z Score Data Parameter Lingkungan Dan Logam Berat

Stasiun	Z_Score Gabungan Parameter Lingkungan dan Logam Berat									
	Parameter Lingkungan						Parameter Logam Berat			
	suhu	kecerahan	arus	salinitas	DO	Ph	Arsen Air	Arsen Sedimen	Cd Air	Cd Sedimen
S1	-0,825	0,268	-1,107	-2,008	1,524	0,275	-0,817	0,642	0,285	-0,316
S2	-0,644	-1,018	-1,107	0,221	0,586	0,688	-0,817	0,642	0,611	1,307
S3	-0,221	0,894	1,550	0,696	0,352	-0,550	0,408	0,642	0,937	1,172
S4	1,951	-1,357	0,221	0,221	-0,469	-0,963	-0,817	0,642	0,041	-0,586
S5	-0,221	0,099	0,221	0,364	-1,055	-0,963	1,633	-1,108	0,041	-0,451
S6	-0,040	1,114	0,221	0,506	-0,938	1,514	0,408	-1,458	-1,914	-1,127

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lampiran 4. Hasil Analisis Clustering

1. Parameter Lingkungan

Proximities

Case Processing Summary^a

Cases					
Valid		Missing		Total	
N	Percent	N	Percent	N	Percent
6	100.0%	0	.0%	6	100.0%

a. Squared Euclidean Distance used

Cluster

Proximity Matrix

Case	Squared Euclidean Distance					
	1:S1	2:S2	3:S3	4:S4	5:S5	6:S6
1:S1	.000	7.704	17.177	22.580	15.962	17.005
2:S2	7.704	.000	12.708	12.451	8.631	9.760
3:S3	17.177	12.708	.000	12.618	4.656	7.805
4:S4	22.580	12.451	12.618	.000	7.200	16.507
5:S5	15.962	8.631	4.656	7.200	.000	7.234
6:S6	17.005	9.760	7.805	16.507	7.234	.000

This is a dissimilarity matrix

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	5	4.656	0	0	2
2	3	6	7.520	1	0	4
3	1	2	7.704	0	0	5
4	3	4	12.109	2	0	5
5	1	3	14.534	3	4	0

Cluster Membership

Case	5 Clusters	4 Clusters	3 Clusters	2 Clusters
1:S1	1	1	1	1
2:S2	2	2	1	1
3:S3	3	3	2	2
4:S4	4	4	3	2
5:S5	3	3	2	2
6:S6	5	3	2	2

2. Parameter Logam Berat

Proximities

Case Processing Summary^a

Cases					
Valid		Missing		Total	
N	Percent	N	Percent	N	Percent
6	100.0%	0	.0%	6	100.0%

a. Squared Euclidean Distance used

Cluster

Proximity Matrix

Case	Squared Euclidean Distance					
	1:S1	2:S2	3:S3	4:S4	5:S5	6:S6
1:S1	.000	2.740	4.138	.133	9.139	11.404
2:S2	2.740	.000	1.624	3.911	12.478	18.212
3:S3	4.138	1.624	.000	5.394	7.998	17.823
4:S4	.133	3.911	5.394	.000	9.080	10.023
5:S5	9.139	12.478	7.998	9.080	.000	5.902
6:S6	11.404	18.212	17.823	10.023	5.902	.000

This is a dissimilarity matrix

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	4	.133	0	0	3
2	2	3	1.624	0	0	3
3	1	2	4.046	1	2	5
4	5	6	5.902	0	0	5
5	1	5	12.020	3	4	0

Cluster Membership

Case	5 Clusters	4 Clusters	3 Clusters	2 Clusters
1:S1	1	1	1	1
2:S2	2	2	1	1
3:S3	3	2	1	1
4:S4	1	1	1	1
5:S5	4	3	2	2
6:S6	5	4	3	2

3. Parameter Lingkungan dan Logam Berat

Proximities

Case Processing Summary^a

Cases					
Valid		Missing		Total	
N	Percent	N	Percent	N	Percent
6	100.0%	0	.0%	6	100.0%

a. Squared Euclidean Distance used

Cluster

Proximity Matrix

Case	Squared Euclidean Distance					
	1:S1	2:S2	3:S3	4:S4	5:S5	6:S6
1:S1	.000	10.445	21.315	22.713	25.101	28.409
2:S2	10.445	.000	14.333	16.361	21.108	27.972
3:S3	21.315	14.333	.000	18.012	12.654	25.629
4:S4	22.713	16.361	18.012	.000	16.280	26.530
5:S5	25.101	21.108	12.654	16.280	.000	13.136
6:S6	28.409	27.972	25.629	26.530	13.136	.000

This is a dissimilarity matrix

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	10.445	0	0	4
2	3	5	12.654	0	0	3
3	3	4	17.146	2	0	4
4	1	3	20.155	1	3	5
5	1	6	24.335	4	0	0

Cluster Membership

Case	5 Clusters	4 Clusters	3 Clusters	2 Clusters
1:S1	1	1	1	1
2:S2	1	1	1	1
3:S3	2	2	2	1
4:S4	3	3	2	1
5:S5	4	2	2	1
6:S6	5	4	3	2

Lampiran 5. Hasil Analisis PCA

Correlation matrix (Pearson (n)):

Variables	Suhu	Kecerahan	Arus	Salinitas	DO	pH	As Air	As Sedimen	Cd Air	Cd Sedimen
Suhu	1	-0,794	-0,229	0,395	-0,419	-0,390	-0,343	-0,227	-0,048*	-0,228
Kecerahan	-0,794	1	0,661	0,099	0,079	0,642	0,429	0,353	-0,277	0,218
Arus	-0,229	0,661	1	0,510	0,031	0,219	0,200	-0,129	0,085	0,652
Salinitas	0,395	0,099	0,510	1	-0,798	-0,163	0,566	0,389	-0,188	0,138
DO	-0,419	0,079	0,031*	-0,798	1	0,043*	-0,621	-0,750	0,531	0,431
pH	-0,390	0,642	0,219	-0,163	0,043*	1	-0,117	0,301	-0,779	-0,448
As Air	-0,343	0,429	0,200	0,566	-0,621	-0,117	1	0,791	-0,114	0,066
As Sedimen	-0,227	0,353	-0,129	0,389	-0,750	0,301	0,791	1	-0,652	-0,541
Cd Air	-0,048*	-0,277	0,085	-0,188	0,531	-0,779	-0,114	-0,652	1	0,809
Cd Sedimen	-0,228	0,218	0,652	0,138	0,431	-0,448	0,066	-0,541	0,809	1

Keterangan : * $P < 0,05$

Lampiran 6. Hasil Analisis Konsentrasi Logam Berat



LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkonng Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 333370
E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

No : 2113 S/LKA MLG/VI/2014

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Ext. 319 - 324 /PC/V/2014/ 377 - 382

Kode Contoh Uji

Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji

Sampling Method

Tempat Analisa

Place of Analysis

Tanggal Analisa

Testing Date(s)

: Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

: 11 Juli - 08 Agustus 2014

HASIL ANALISA Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
St 1					
1	Arsen	ppm	<0,0005	SNI 06-6989.54-2005	-
2	Kadmium	ppm	0,003	APHA. 3111 B-2005	-
St 2					
1	Arsen	ppm	<0,0005	SNI 06-6989.54-2005	-
2	Kadmium	ppm	0,0042	APHA. 3111 B-2005	-
St 3					
1	Arsen	ppm	<0,0005	SNI 06-6989.54-2005	-
2	Kadmium	ppm	0,0041	APHA. 3111 B-2005	-
St 4					
1	Arsen	ppm	<0,0005	SNI 06-6989.54-2005	-
2	Kadmium	ppm	0,0028	APHA. 3111 B-2005	-
St 5					
1	Arsen	ppm	0,0035	SNI 06-6989.54-2005	-
2	Kadmium	ppm	0,0029	APHA. 3111 B-2005	-
St 6					
1	Arsen	ppm	0,0032	SNI 06-6989.54-2005	-
2	Kadmium	ppm	<0,0024	APHA. 3111 B-2005	-

Keterangan :

(ND) = Tidak terdeteksi

MDL = Methode Detection Limit



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced or published without any approval from
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation



LABORATORIUM KUALITAS AIR
 Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkok Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 333370
 E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id



No : 2112 S/LKA MLG/VI/2014

Halaman 2 dari 2
 Page 2 of 2

Kode Contoh Uji
Sample Code
 Metode Pengambilan Contoh Uji
Sampling Method
 Tempat Analisa
Place of Analysis
 Tanggal Analisa
Testing Date(s)

Ext. 313 - 318 /PC/V/2014/ 371 - 376

-

: Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

: 11 Juli - 08 Agustus 2014

HASIL ANALISA
Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
1	Arsen	mg/L	tt*)	SNI 06-6989.54-2005	MDL <0,0005
2	Kadmium	mg/L	0,0027	APHA. 3111 B-2005	-
2	Arsen	mg/L	tt*)	SNI 06-6989.54-2005	MDL <0,0005
2	Kadmium	mg/L	0,0031	APHA. 3111 B-2005	-
3	Arsen	mg/L	tt*)	SNI 06-6989.54-2005	MDL <0,0005
2	Kadmium	mg/L	0,0035	APHA. 3111 B-2005	-
4	Arsen	mg/L	tt*)	SNI 06-6989.54-2005	MDL <0,0005
2	Kadmium	mg/L	<0,0024	APHA. 3111 B-2005	-
5	Arsen	mg/L	0,002	SNI 06-6989.54-2005	-
2	Kadmium	mg/L	<0,0024	APHA. 3111 B-2005	-
6	Arsen	mg/L	0,001	SNI 06-6989.54-2005	-
2	Kadmium	mg/L	tt*)	APHA. 3111 B-2005	MDL <0,0024

Keterangan :
 tt*) = Tidak terdeteksi
 MDL = Methode Detection Limit



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
 Laboratorium Kualitas Air Perum JASA TIRTA 1

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum JASA TIRTA 1
 This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from
 Water Quality Laboratory of JASA TIRTA 1 Public Corporation
 This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of JASA TIRTA 1 Public Corporation

