

**ANALISIS KONSENTRASI LOGAM BERAT (As, Cd, Cr, dan Ni) PADA  
KUPANG PUTIH (*Corbula faba*) SEBAGAI BIOINDIKATOR KUALITAS  
PERAIRAN JABON, KABUPATEN SIDOARJO**

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

Oleh:  
**LANA PRAMANNA  
NIM. 105080601111065**



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

**ANALISIS KONSENTRASI LOGAM BERAT (As, Cd, Cr, dan Ni) PADA  
KUPANG PUTIH (*Corbula faba*) SEBAGAI BIOINDIKATOR KUALITAS  
PERAIRAN JABON, KABUPATEN SIDOARJO**

**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 :  
LANA PRAMANNA  
NIM. 105080601111065**



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

SKRIPSI

ANALISIS KONSENTRASI LOGAM BERAT (As, Cd, Cr, dan Ni) PADA KUPANG PUTIH (*Corbula faba*) SEBAGAI BIOINDIKATOR KUALITAS PERAIRAN JABON, KABUPATEN SIDOARJO

Oleh :  
LANA PRAMANNA  
NIM. 105080601111065

Telah dipertahankan didepan pengujian pada tanggal 15 Juli 2014 dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Penguji I

Dr. Ir. Guntur, MS  
NIP. 19580605 198601 1 001  
Tanggal :

Dosen Penguji II

Syarifah Hikmah J.S, S.Pi, M.Sc  
NIK. 84072008120153  
Tanggal :

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing I

Dr. H. Rudianto, MA  
NIP. 19570715 198603 1 024  
Tanggal :

Dosen Pembimbing II

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

Mengetahui  
Ketua Jurusan

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

**PERNYATAAN ORISINALITAS**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

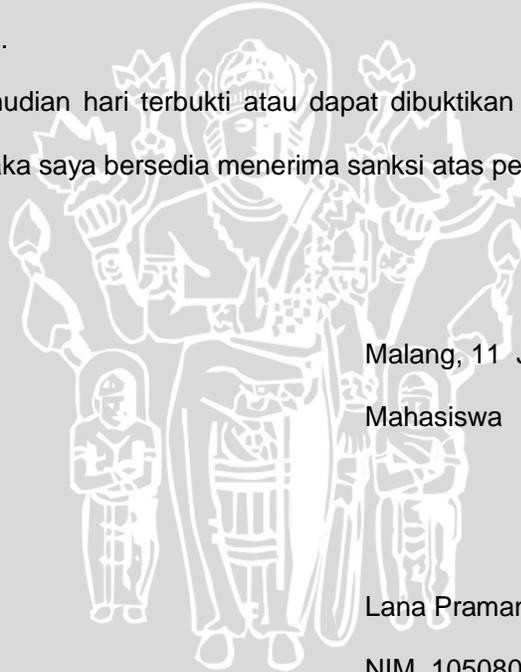
**Nama : Lana Pramanna**

**NIM : 105080601111065**

**Prodi : Ilmu Kelautan**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Laporan Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya yang pernah ditulis, pendapat, atau bentuk lain orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan laporan ini hasil jiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut



Malang, 11 Juni 2014

Mahasiswa

Lana Pramanna

NIM. 105080601111065



## UCAPAN TERIMAKASIH

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

1. Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya.
2. Ayah, Ibu, Adek dan keluarga tercinta yang selalu memberikan kasih sayang, perhatian, dukungan, motivasi, doa restu dan selalu bersedia menjadi tempat berkeluh kesah.
3. Bapak Dr. H. Rudianto, MA selaku Dosen Pembimbing I Skripsi atas bimbingannya.
4. Ibu Dwi Candra Pratiwi, S.Pi, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing II Skripsi atas kesempatan, kesediaan waktu, kesabaran yang tidak pernah habis, motivasi, bimbingan, ilmu dan wawasan selama proses penyusunan laporan.
5. Bapak Imam, Tahta dan Ibu Mulyati selaku Laboran Jasa Tirta yang banyak membantu dalam hal teknis maupun ilmu serta keramahannya dalam pengukuran di laboratorium.
6. Teman hati, Fazri Ariza yang selalu memberikan dukungan, doa, motivasi, canda tawa, penyemangat dan setia selalu ada menemani dalam cobaan demi cobaan dari awal hingga akhir.
7. Sahabat-sahabat seperjuangan yang selalu memberikan motivasi dan semangatnya: Dita, Ersa, Yoyok, Ridwan, Adhim, Pipit Sapit, dan Pipit Faiz.
8. Resti Prabawati M, teman yang tanpa sengaja disusahkan namun selalu berhati besar dan selalu bersama-sama menyelesaikan masalah.
9. Rekan 1 Tim Tugas Akhir, Elma dan Aris.
10. Sahabat-sahabat di TA 89, sahabat super star yang mampu mengalihkan kepenatan. Terima kasih Devi Lyana, Devy Ika, Runi, Tika, Novi dan Diana.
11. Keluargaku di Ilmu Kelautan, terutama Ilmu Kelautan 2010 atas dukungan, kekompakan, dan rasa kekeluargaan. *Blue Sky, Blue Ocean, Solidarity forever.*

Malang, 11 Juni 2014

Penulis

## RINGKASAN

**LANA PRAMANNA (NIM. 105080601111065).** Skripsi yang berjudul Analisis Konsentrasi Logam Berat (As, Cd, Cr, Dan Ni) Pada Kupang Putih (*Corbula Faba*) Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Jabon, Kabupaten Sidoarjo (dibawah Bimbingan **Rudianto** dan **Dwi Candra Pratiwi**).

---

Pesisir Jabon merupakan tempat berakhirnya aliran Sungai Porong yang merupakan anak sungai dari DAS Brantas dan mengalir di sepanjang Kabupaten Sidoarjo. Adanya kegiatan antropogenik atau beban masukan limbah yang berasal dari domestik rumah tangga, perikanan dan industri serta, kegiatan eksplorasi dan eksploitasi sumber daya alam (ekstraksi mineral, minyak dan gas) ke Sungai Porong tanpa adanya *treatment* akan menyebabkan penurunan kualitas perairan seperti logam berat. Logam berat dapat masuk ke perairan, mengendap di sedimen dan terakumulasi dalam tubuh biota.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui konsentrasi, distribusi spasial dan temporal, mengelompokkan dan mengetahui pengaruh dan hubungan logam berat pada air laut, sedimen dan kupang putih yang ada di Pesisir Jabon.

Penelitian ini dilakukan sebanyak 2 kali yaitu Agustus 2013 dan April 2014. Teknik pengambilan data primer dilakukan partisipasi aktif berupa observasi di lapang, seperti pengukuran nilai parameter fisika (suhu, kecepatan arus, kecerahan dan TSS), konsentrasi parameter kimia (pH, salinitas, DO, BOD) dan konsentrasi logam berat arsen, kadmium, kromium dan nikel pada air laut, sedimen dan kupang putih (*Corbula faba*) di 5 stasiun serta pengamatan secara visual karakteristik setiap stasiun dan didokumentasikan. Pengumpulan data sekunder menggunakan metode studi kepustakaan atau *library research*. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah baku mutu air laut berdasarkan KepMen LH No.51 Thn 2004, standar *International Association of Dredging Companies (IADC)* Tahun 1997 dan sumber lain berasal dari buku, jurnal penelitian sebelumnya, media informasi, dokumen, artikel, wawancara kepada pihak terkait.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pada Agustus 2013 nilai konsentrasi nikel di air laut berkisar 0.037-0.126 mg/L, kromium dan nikel di sedimen berkisar 0.375-0.870 mg/L dan 3.405-5.280 mg/L, kromium dan nikel di kupang putih berkisar 0.705-1.035 mg/L dan 8.815-9.645 mg/L. Pada April 2014 nilai konsentrasi kromium di sedimen berkisar 0.098-0.143 mg/L, kromium dan nikel di kupang putih berkisar 0.358-1.183 mg/L dan 2.141-4.97 mg/L, selain yang disebutkan tidak terdeteksi. Nilai konsentrasi logam berat mengalami perubahan yang tidak signifikan dari Agustus 2013 sampai April 2014 karena adanya keadaan musim yang berbeda sehingga mempengaruhi kecepatan arus dan proses pelarutan logam berat. Konsentrasi logam berat lebih banyak terakumulasi pada sedimen daripada air laut dan terakumulasi pada kupang putih (*Corbula faba*). Hubungan Ni dan Cr pada sedimen dan kupang putih menunjukkan hubungan yang kuat sekali dengan arah korelasi positif atau hubungan lurus. Hasil analisis clustering pada gabungan parameter lingkungan dengan logam berat didapatkan hasil hampir mirip dengan clustering parameter lingkungan yaitu 2 cluster yaitu cluster 1 adalah stasiun 5 dan cluster 2 terdiri dari stasiun 1, 2, 3 dan 4. Diduga parameter lingkungan berpengaruh pada logam berat.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia yang telah dilimpahkan, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Praktek Kerja Lapang yang berjudul “Pengukuran Nilai Konsentrasi Logam Berat Arsen (As), Cadmium (Cd), Kromium (Cr) dan Nikel (Ni) Sebagai Salah Satu Indikator Pencemaran Perairan di Muara Sungai Porong, Kecamatan Jabon, Sidoarjo” dengan baik dan tepat waktu.

Dalam laporan ini akan dijelaskan cara pengukuran dan nilai konsentrasi logam berat arsen (As), kadmium (Cd), kromium (Cr) dan nikel (Ni) dalam air laut, sedimen dan kupang putih (*Corbula faba*) serta kualitas air yang dapat mempengaruhi toksisitas logam berat seperti parameter fisika meliputi suhu, kecepatan arus, kecerahan, dan TSS (*Total Suspended Solid*) dan parameter kimia meliputi pH, salinitas, DO (*Dissolved Oxygen*) dan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) serta analisa dari setiap parameter dan keterkaitannya dengan lokasi pengamatan. Data diambil sebanyak 2 kali untuk mengetahui distribusi temporal dari masing-masing logam berat. Data hasil penelitian ini akan dibandingkan dengan baku mutu untuk menentukan kualitas perairan di Pesisir Jabon, Sidoarjo dan dilakukan analisis statistik. Diharapkan data ini dapat menjadi data informasi sebagai acuan dalam pengelolaan dan pemanfaatan daerah yang lebih efektif dan berkelanjutan.

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

Malang, 11 Juni 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

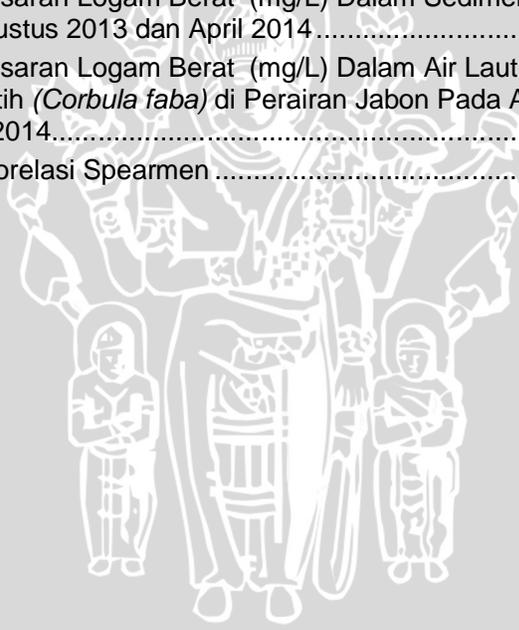
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	<b>iii</b>
<b>UCAPAN TERIMAKASIH</b> .....	<b>iv</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xii</b>
<b>1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Kegunaan.....	5
1.5 Jadwal Pelaksanaan.....	6
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2.1 Keadaan Umum Kecamatan Jabon.....	7
2.1.1 Keadaan Geografis.....	7
2.1.2 Keadaan Topografi.....	8
2.1.3 Kondisi Oseanografi.....	8
2.1.4 Kondisi Batimetri.....	9
2.1.5 Kondisi Meteorologi.....	10
2.1.6 Penggunaan Lahan Industri Kabupaten Sidoarjo.....	11
2.2 Sumber Logam Berat.....	12
2.3 Pencemaran Logam Berat di Perairan.....	15
2.3.1 Logam Berat Arsen (As).....	17
2.3.1.1 Karakteristik Arsen.....	17
2.3.1.2 Arsen di Lingkungan dan Sumber Pencemaran.....	18
2.3.1.3 Toksisitas Arsen.....	18
2.3.1.4 Siklus Arsen.....	20
2.3.2 Logam Berat Kadmium (Cd).....	21
2.3.2.1 Karakteristik Kadmium.....	21
2.3.2.2 Kadmium di Lingkungan dan Sumber Pencemaran.....	22
2.3.2.3 Toksisitas Kadmium.....	23
2.3.2.4 Siklus Kadmium.....	23
2.3.3 Logam Berat Kromium (Cr).....	24
2.3.3.1 Karakteristik Kromium.....	24
2.3.3.2 Kromium di Lingkungan dan Sumber Pencemaran.....	24
2.3.3.3 Toksisitas Kromium.....	25
2.3.4 Logam Berat Nikel (Ni).....	25
2.3.4.1 Karakteristik Nikel.....	25
2.3.4.2 Nikel di Lingkungan dan Sumber Pencemaran.....	26
2.3.4.3 Toksisitas Nikel.....	26
2.4 Akumulasi Logam Berat Pada Sedimen.....	27
2.5 Akumulasi Logam Berat pada Kupang Putih ( <i>Corbula faba</i> ).....	28
2.6 Kupang Putih ( <i>Corbula faba</i> ).....	29
2.6.1 Deskripsi dan Klasifikasi Kupang Putih.....	29

2.6.2	Habitat Kupang Putih .....	30
2.6.3	Siklus Hidup Kupang.....	31
2.7	Parameter Lingkungan Perairan.....	31
2.7.1	Suhu .....	32
2.7.2	Arus .....	32
2.7.3	Kecerahan .....	33
2.7.4	<i>Total Suspended Solid (TSS)</i> .....	34
2.7.5	pH.....	34
2.7.6	Salinitas .....	35
2.7.7	<i>Dissolved Oxygen (DO)</i> .....	35
2.7.8	<i>Biological Oxygen Demand (BOD)</i> .....	36
2.8	Penelitian Pendukung .....	37
<b>3.</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>39</b>
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian .....	39
3.2	Materi Penelitian .....	39
3.3	Teknik Pengambilan Data .....	40
3.3.1	Data Primer.....	40
3.3.1.1	Pengambilan Sampel .....	41
3.3.1.2	Dokumentasi .....	41
3.3.2	Data Sekunder .....	42
3.4	Alat dan Bahan Penelitian .....	43
3.4.1	Alat.....	43
3.4.2	Bahan .....	44
3.5	Prosedur Penelitian.....	45
3.5.1	Survey Lapangan.....	47
3.5.2	Penentuan Stasiun Pengamatan .....	47
3.6	Metode Pengambilan Sampel .....	49
3.6.1	Sampel Air Laut .....	50
3.6.2	Sampel Sedimen.....	51
3.6.3	Sampel Kupang Putih ( <i>Corbula faba</i> ).....	52
3.7	Metode Analisis Sampel.....	53
3.7.1	Sampel Air Laut .....	53
3.7.2	Sampel Sedimen.....	54
3.7.3	Sampel Kupang Putih ( <i>Corbula faba</i> ).....	54
3.8	Analisis Data .....	55
3.8.1	Perbandingan dengan Baku Mutu .....	55
3.8.2	Analisis Korelasi.....	55
3.8.3	Analisis Pengelompokan ( <i>Clustering Analysis</i> ).....	57
<b>4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>58</b>
4.1	Keadaan Umum Lokasi Penelitian .....	58
4.2	Data Hasil Pengamatan Parameter Lingkungan.....	59
4.2.1	Parameter Fisika .....	59
4.2.1.1	Suhu .....	61
4.2.1.2	Kecepatan Arus.....	64
4.2.1.3	Kecerahan.....	67
4.2.1.4	<i>Total Suspended Solid (TSS)</i> .....	70
4.2.2	Parameter Kimia .....	74
4.2.2.1	pH .....	76
4.2.2.2	Salinitas .....	79
4.2.2.3	<i>Dissolved Oxygen (DO)</i> .....	82

4.2.2.4	<i>Biological Oxygen Demand (BOD)</i> .....	85
4.3	Data Hasil Pengamatan Konsentrasi Logam Berat.....	87
4.3.1	Air Laut.....	89
4.3.1.1	Arsen (As) .....	89
4.3.1.2	Kadmium (Cd) .....	91
4.3.1.3	Kromium (Cr).....	93
4.3.1.4	Nikel (Ni) .....	95
4.3.1.5	Distribusi Temporal Konsentrasi Logam Berat Pada Air Laut.....	98
4.3.2	Sedimen.....	100
4.3.2.1	Arsen (As) .....	100
4.3.2.2	Kadmium (Cd) .....	101
4.3.2.3	Kromium (Cr).....	103
4.3.2.4	Nikel (Ni) .....	106
4.3.2.5	Distribusi Temporal Konsentrasi Logam Berat Pada Sedimen.....	108
4.3.3	Kupang Putih ( <i>Corbula faba</i> ).....	109
4.3.3.1	Arsen (As) .....	109
4.3.3.2	Kadmium (Cd) .....	112
4.3.3.3	Kromium (Cr).....	113
4.3.3.4	Nikel (Ni) .....	116
4.3.4	Distribusi Logam Berat Pada Air Laut, Sedimen dan Kupang Putih ( <i>Corbula faba</i> ).....	119
4.3.4.1	Distribusi Secara Vertikal .....	120
4.3.4.2	Distribusi Secara Horizontal dan Pola Distribusi.....	121
4.4	Hubungan Konsentrasi Logam Berat pada Air Laut, Sedimen dan Kupang Putih Berdasarkan Analisis Korelasi.....	123
4.5	Hubungan Konsentrasi Logam Berat dengan Parameter Lingkungan Berdasarkan Uji Pengelompokan ( <i>Clustering Analysis</i> ).....	126
<b>5.</b>	<b>PENUTUP</b> .....	<b>131</b>
5.1	Kesimpulan .....	131
5.2	Saran .....	131
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>132</b>
	<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>139</b>

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Periode musiman di Perairan Jabon .....	11
2. Daftar Industri dan Perusahaan di Kabupaten Sidoarjo .....	11
3. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian.....	43
4. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian .....	44
5. Titik koordinat stasiun pengamatan .....	47
6. Nilai koefisien korelasi (r) dan interpretasi .....	56
7. Data Hasil Pengamatan Parameter Fisika dan Perbandingan Dengan Standart Baku Mutu Lingkungan.....	60
8. Data Hasil Pengamatan Parameter Kimia dan Perbandingan Dengan Standart Baku Mutu Lingkungan.....	75
9. Data Hasil Pengamatan Konsentrasi Logam Berat dan Perbandingan Dengan Standart Baku Mutu Lingkungan .....	88
10. Hasil Analisis Kisaran Logam Berat (mg/L) Dalam Air Laut di Perairan.....	99
11. Hasil Analisis Kisaran Logam Berat (mg/L) Dalam Sedimen di Perairan Jabon Pada Agustus 2013 dan April 2014.....	109
12. Hasil Analisis Kisaran Logam Berat (mg/L) Dalam Air Laut, Sedimen dan Kupang Putih ( <i>Corbula faba</i> ) di Perairan Jabon Pada Agustus 2013 dan April 2014.....	119
13. Hasil Analisis Korelasi Spearmen .....	123

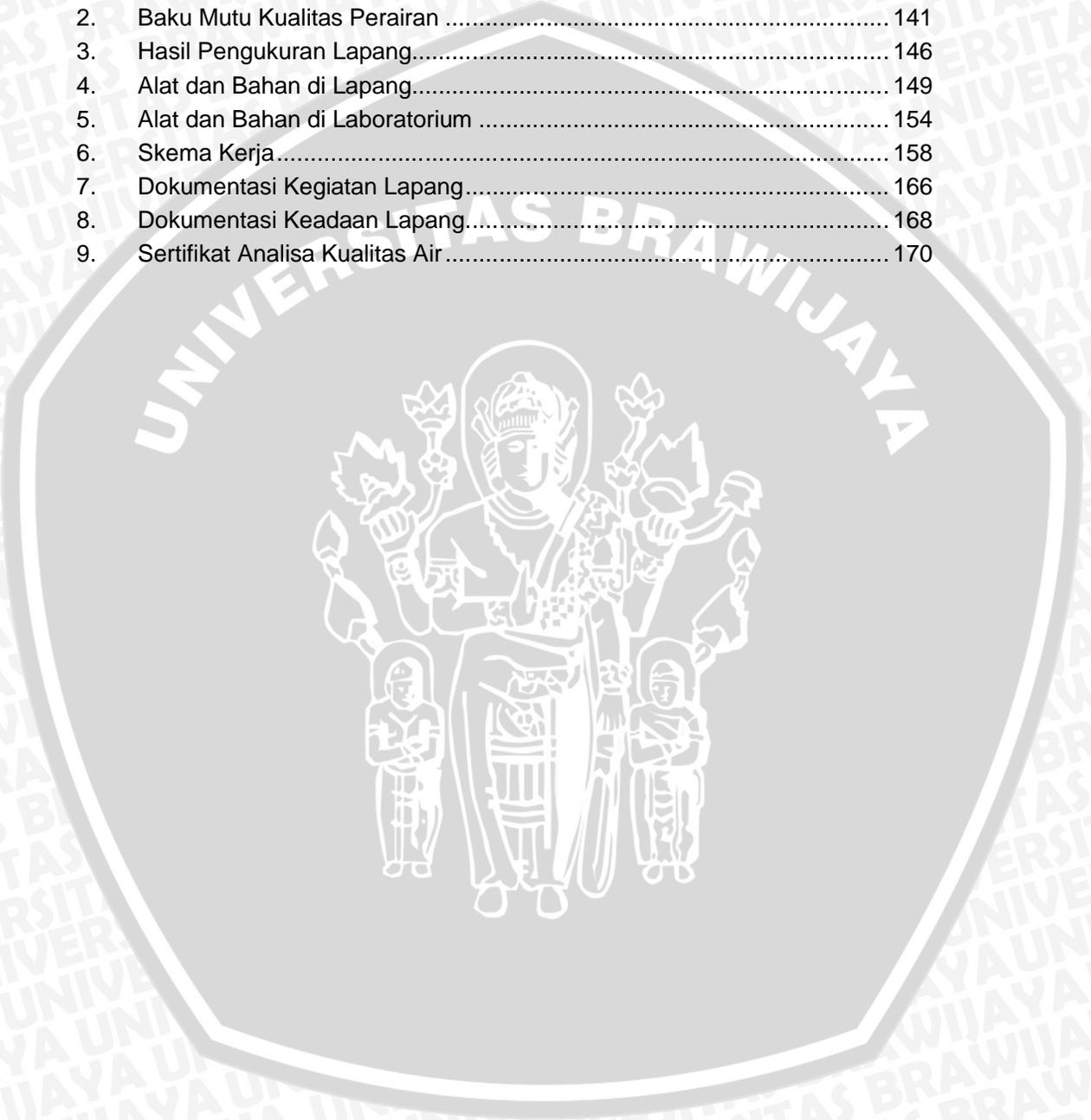


## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta Kecamatan Jabon, Sidoarjo.....	7
2. Siklus biogeokimia logam berat .....	13
3. Skema proses masuknya unsur logam berat ke ekosistem laut.....	14
4. Transfer arsen dalam rantai makanan akuatik .....	21
5. Kupang Putih ( <i>Corbula faba</i> ) .....	30
6. Peta Stasiun Pengamatan .....	39
7. Langkah – langkah prosedur penelitian .....	46
8. Grafik pengukuran suhu di Perairan Jabon, Sidoarjo .....	62
9. Grafik pengukuran kecepatan arus di Perairan Jabon, Sidoarjo.....	65
10. Pola Arus Perairan Muara Sungai Porong .....	67
11. Grafik pengukuran kecerahan di Perairan Jabon, Sidoarjo .....	68
12. Grafik pengukuran <i>Total Suspended Solid</i> (TSS) di Perairan Jabon, Sidoarjo .....	71
13. Grafik pengukuran pH di Perairan Jabon, Sidoarjo .....	77
14. Grafik pengukuran salinitas di Perairan Jabon, Sidoarjo .....	80
15. Grafik pengukuran nilai konsentrasi oksigen terlarut di Perairan Jabon, Sidoarjo .....	83
16. Grafik pengukuran nilai konsentrasi BOD di Perairan Jabon, Sidoarjo.....	86
17. Grafik pengukuran kadar logam berat arsen (As) di air laut .....	89
18. Grafik pengukuran kadar logam berat kadmium (Cd) di air laut .....	91
19. Grafik pengukuran kadar logam berat kromium (Cr) di air laut.....	93
20. Grafik pengukuran kadar logam berat nikel (Ni) di air laut.....	95
21. Peta Batimetri Perairan Jabon, Sidoarjo .....	97
22. Grafik pengukuran kadar logam berat arsen (As) di sedimen .....	100
23. Grafik pengukuran kadar logam berat kadmium (Cd) di sedimen.....	102
24. Grafik pengukuran kadar logam berat kromium (Cr) di sedimen .....	104
25. Grafik pengukuran kadar logam berat nikel (Ni) di sedimen.....	106
26. Grafik pengukuran kadar logam berat arsen (As) di kupang putih.....	110
27. Grafik pengukuran kadar logam berat kadmium (Cd) di kupang putih.....	112
28. Grafik pengukuran kadar logam berat kromium (Cr) di kupang putih .....	114
29. Grafik pengukuran kadar logam berat nikel (Ni) di kupang putih.....	117
30. Hasil clustering parameter lingkungan berdasarkan 5 stasiun .....	126
31. Hasil clustering logam berat berdasarkan 5 stasiun pengamatan .....	127
32. Hasil clustering parameter lingkungan dengan logam berat.....	129

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Uji Statistik.....	139
2. Baku Mutu Kualitas Perairan .....	141
3. Hasil Pengukuran Lapang.....	146
4. Alat dan Bahan di Lapang.....	149
5. Alat dan Bahan di Laboratorium .....	154
6. Skema Kerja.....	158
7. Dokumentasi Kegiatan Lapang.....	166
8. Dokumentasi Keadaan Lapang.....	168
9. Sertifikat Analisa Kualitas Air .....	170



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Laut merupakan tempat bermuaranya berbagai sungai sehingga laut menjadi tempat terkumpulnya zat-zat pencemar yang dibawa aliran air. Banyak industri yang membuang limbah industrinya tanpa penanganan terlebih dahulu dan kegiatan domestik yang membuang limbahnya ke sungai. Limbah-limbah ini terbawa ke laut dan dapat menyebabkan penurunan kualitas air (Yanney, 2001).

Penurunan kualitas air diakibatkan oleh adanya zat pencemar, baik berupa komponen-komponen organik maupun anorganik. Komponen-komponen anorganik diantaranya adalah logam berat yang berbahaya (Fardiaz, 1992). Keberadaan logam berat di perairan laut dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain kegiatan pertambangan, rumah tangga, limbah pertanian dan buangan industri. Dari jenis-jenis limbah tersebut, limbah yang umumnya paling banyak mengandung logam berat adalah limbah industri. Hal ini disebabkan senyawa logam berat banyak digunakan baik sebagai bahan baku, bahan tambahan, katalisator, fungisida maupun sebagai additive. Oleh karena itu, limbah industri merupakan sumber pencemar logam berat yang potensial bagi perairan laut (Hutagalung, 1984). Peningkatan kadar logam berat pada air laut akan mengakibatkan logam berat yang semula dibutuhkan untuk berbagai proses metabolisme dapat berubah menjadi racun bagi organisme laut. Selain racun, logam berat juga akan terakumulasi dalam sedimen dan biota melalui proses gravitasi (Rochyatun, 2006).

Logam berat dapat terakumulasi ke lingkungan, terutama mengendap di dasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi (Djuangsih *et al*, 1982). Pada umumnya logam-logam berat yang terdekomposisi pada sedimen tidak terlalu

berbahaya bagi biota perairan, tetapi oleh adanya pengaruh kondisi akuatik yang dinamis seperti pH, akan menyebabkan logam-logam yang terendapkan dalam sedimen terionisasi ke perairan. Hal inilah yang merupakan bahan pencemar dan akan bersifat toksik terhadap organisme apabila dalam jumlah yang berlebih (Connel and Miller, 1995). Logam berat yang mempunyai waktu tinggal (*residence time*) sampai ribuan tahun, akan terkonsentrasi dalam tubuh makhluk hidup dengan proses bioakumulasi dan biomagnifikasi melalui saluran pernafasan, makanan dan melekat pada kulit (Darmono, 1995).

Makin tinggi kandungan logam dalam perairan akan semakin tinggi pula kandungan logam berat yang terakumulasi dalam tubuh hewan tersebut (Rai *et al*, 1981). Logam berat yang terakumulasi di dalam tubuh organisme tidak dapat dikeluarkan lagi sehingga cenderung menumpuk dan dapat mempengaruhi rantai makanan. Sebagai akibatnya logam berat ini akan terus ada di sepanjang rantai makanan karena konsumen tingkat rendah pada tropik level telah tercemar (Hutabarat, 1984).

Logam berat dapat terakumulasi pada hewan air jenis kerang-kerangan (bivalvia) atau jenis binatang lunak (moluska). Jenis kerang dapat mengakumulasi logam berat lebih besar daripada hewan air lainnya karena organisme ini bersifat menetap, lambat untuk dapat menghindarkan diri dari pengaruh polusi, mempunyai toleransi yang tinggi terhadap konsentrasi logam berat tertentu dan cara mencari makanan dengan menyaring substrat-substrat yang ada (*filter feeder*). Selain itu kerang juga banyak dikonsumsi oleh manusia. Sifat bioakumulatif ini menyebabkan jenis kerang merupakan indikator yang sangat baik untuk memonitor suatu pencemaran lingkungan (Darmono, 2001).

Faktor lingkungan perairan juga dapat mempengaruhi kelarutan dan toksisitas logam berat. Kelarutan logam berat dapat menjadi lebih tinggi atau lebih rendah tergantung pada kondisi lingkungan perairan, seperti salinitas, pH

dan suhu (Palar, 2004). Penurunan pH akan menyebabkan toksisitas logam berat semakin besar (Rochyatun, 2007).

Berkaitan dengan hal tersebut, penelitian ini dilakukan di sekitar daerah yang diduga sebagai tempat terakumulasinya logam berat, misalnya daerah pesisir. Dilihat dari keberadaannya, Pesisir Jabon merupakan tempat berakhirnya aliran Sungai Porong (Mardika, 2013). Sungai ini merupakan anak sungai dari Das Brantas dan mengalir di sepanjang Kabupaten Sidoarjo (Putra, 2013). Berdasarkan jenis-jenis industri yang ada pada suatu daerah dapat diramalkan jenis pencemaran logam berat yang mungkin akan terjadi (Supriana, 1978). Kurang lebih terdapat 30 jenis industri yang berdiri di sepanjang Muara Sungai Porong. Banyaknya industri-industri seperti industri bahan kimia, industri elektronik, dan industri penambangan mineral dan bahan alam dapat diduga potensial ditemukan As, Cd, Cr dan Ni di lingkungan (Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Sidoarjo, 2012). Perkembangan industri yang pesat di Kabupaten Sidoarjo menyebabkan banyaknya limbah industri dibuang ke aliran Sungai Porong. Hal ini mengindikasikan bahwa kemungkinan besar terdapat kandungan logam berat (Yuniar *et al*, 2010).

Penelitian ini menjelaskan mengenai distribusi spasial logam berat pada air laut, sedimen dan biota untuk mengetahui dimana logam berat lebih banyak terakumulasi dan hubungan atau keterkaitan konsentrasi logam berat antara air laut, sedimen dan biota sehingga dapat digunakan untuk memonitor kualitas perairan di Pesisir Jabon dan sebagai pedoman untuk mencegah terjadinya toksisitas kronis maupun akut pada biota dan manusia. Menurut Putra (2013), biota yang banyak ditemukan di Pesisir Jabon adalah golongan bivalvia. Salah satu bivalvia yang sering ditangkap dan dikonsumsi oleh masyarakat di Kabupaten Sidoarjo adalah kupang putih (*Corbula faba*). Kupang putih bersifat *filter feeder* sehingga memungkinkan adanya akumulasi logam berat yang ada di

perairan seperti As, Cd, Cr dan Ni. Sehingga biota yang digunakan pada penelitian ini adalah kupang putih (*Corbula faba*). Untuk mengetahui distribusi spasial, terlebih dahulu dilakukan pengukuran konsentrasi logam berat pada air laut, sedimen dan kupang putih. Selain itu juga dilakukan pengukuran faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi konsentrasi logam berat. Faktor lingkungan tersebut meliputi parameter fisika (suhu, kecerahan, kecepatan arus dan TSS) dan parameter kimia (pH, salinitas, DO dan BOD). Penelitian ini akan memfokuskan pada analisis konsentrasi logam berat (As, Cd, Cr dan Ni) pada kupang putih (*Corbula faba*) sebagai bioindikator kualitas perairan Jabon.

## 1.2 Rumusan Masalah

Pesisir Jabon merupakan tempat berakhirnya aliran Sungai Porong yang merupakan Das Brantas dan mengalir di sepanjang Kabupaten Sidoarjo dimana terdapat kurang lebih 30 jenis industri yang berdiri di sepanjang Muara Sungai Porong seperti industri bahan dan mineral alam yang diduga menghasilkan arsen dan kadmium, industri bahan kimia yang memproduksi pewarna keramik dan industri elektronik yang diduga menghasilkan kadmium dan kromium, industri yang memproduksi pupuk dan aluminium foil yang diduga menghasilkan nikel serta adanya berbagai aktivitas antropogenik seperti penambangan pasir, pengerukan tanggul sungai, pengerukan untuk reklamasi pantai, dan pembuangan lumpur.

Adanya berbagai industri dan masukan dari aktivitas antropogenik diduga mengandung logam berat arsen (As), kadmium (Cd), kromium (Cr) dan nikel (Ni) yang dapat menurunkan kualitas perairan. Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang dapat diambil adalah:

1. Bagaimana konsentrasi logam berat arsen (As), kadmium (Cd), kromium (Cr) dan nikel (Ni) pada air laut, sedimen dan kupang putih (*Corbula faba*)?
2. Bagaimana hubungan konsentrasi logam berat pada air laut, sedimen dan kupang putih?
3. Bagaimana pengelompokan dari hasil konsentrasi logam berat pada air laut, sedimen dan kupang putih?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengukur konsentrasi logam berat pada air laut, sedimen dan kupang putih (*Corbula faba*) di Pesisir Jabon, Sidoarjo.
2. Menganalisis hubungan konsentrasi logam berat pada air laut, sedimen dan kupang putih di Pesisir Jabon, Sidoarjo.
3. Mengelompokan dari hasil konsentrasi logam berat pada air laut, sedimen dan kupang putih di Pesisir Jabon, Sidoarjo.

### 1.4 Kegunaan

Kegunaan penelitian ini adalah:

1. Mahasiswa

Meningkatkan wawasan dan kemampuan untuk menganalisis data, memahami permasalahan yang ada dan menemukan solusinya dengan cara memadukan teori yang diperoleh dengan keadaan di lapang.
2. Masyarakat Umum

Memberikan informasi tentang kandungan logam berat pada air laut, sedimen dan kupang putih (*Corbula faba*) di wilayah pesisir Kecamatan Jabon, Sidoarjo dan memberikan kesadaran kepada masyarakat sekitar

untuk turut serta dalam menjaga, mengelola dan meningkatkan mutu perairan tersebut.

### 3. Pemerintah

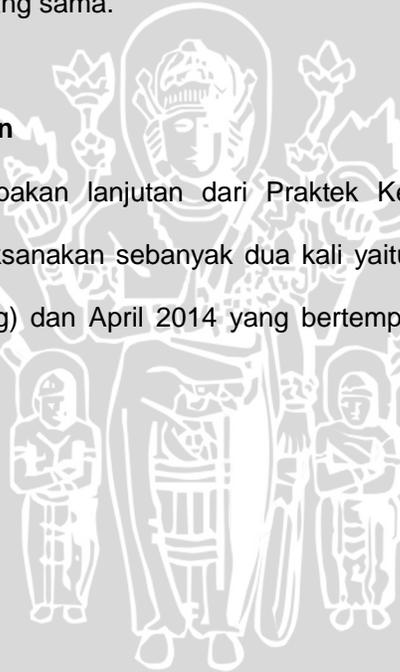
Sebagai informasi tambahan dalam proses pengelolaan sumberdaya secara berkelanjutan dan peningkatan mutu perairan di wilayah pesisir Kecamatan Jabon, Sidoarjo.

### 4. Akademisi

Sebagai referensi bagi mahasiswa lain yang ingin melakukan penelitian serupa dan dapat menjadi pembanding dengan lokasi lain dalam penelitian yang sama.

## 1.5 Jadwal Pelaksanaan

Penelitian ini merupakan lanjutan dari Praktek Kerja Lapang, dimana pengambilan sampel dilaksanakan sebanyak dua kali yaitu pada Agustus 2013 (saat Praktek Kerja Lapng) dan April 2014 yang bertempat di perairan Jabon, Sidoarjo.



## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Keadaan Umum Kecamatan Jabon

#### 2.1.1 Keadaan Geografis

Menurut Rochmana (2012), wilayah Sidoarjo merupakan sebuah delta yang diapit oleh dua sungai besar, yaitu Sungai Surabaya dan Sungai Porong. Selain itu, kawasan ini berbatasan langsung dengan kota Surabaya, sebagai daerah penyangga, daerah industri, dan permukiman. Secara geografis, Kabupaten Sidoarjo terletak pada koordinat  $112.5^{\circ}$  -  $112.9^{\circ}$  E dan  $7.3^{\circ}$  -  $7.5^{\circ}$  S. Kabupaten Sidoarjo mempunyai 18 kecamatan, salah satunya adalah Kecamatan Jabon yang terletak di sebelah selatan Kabupaten Sidoarjo dengan luas wilayah 8.09976 Ha. Peta Kecamatan Jabon dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Kecamatan Jabon, Sidoarjo  
(Sumber: Pemkab Sidoarjo, 2012)

Berdasarkan Peta Kecamatan Jabon pada gambar di atas, batas-batas

wilayah Kecamatan Jabon adalah:

1. Sebelah Utara : Kecamatan Tanggulangin
2. Sebelah Selatan : Kabupaten Pasuruan
3. Sebelah Timur : Selat Madura
4. Sebelah Barat : Kecamatan Porong

### 2.1.2 Keadaan Topografi

Topografi Kabupaten Sidoarjo merupakan suatu delta yang terbentuk oleh sedimen dari muara Kali Brantas. Sehingga Kabupaten Sidoarjo terletak diantara dua aliran sungai yaitu Kali Surabaya dan Kali Porong yang merupakan cabang dari Kali Brantas yang berhulu di Kabupaten Malang (Setiawati, 2011).

Dari bentuk topografi yang dimilikinya, wilayah Sidoarjo merupakan delta dengan ketinggian antara 0-25 meter dari permukaan laut yang dibagi menjadi tiga wilayah berdasarkan tutupan lahanya yaitu wilayah bagian timur dengan ketinggian 0-3 meter dengan luas sekitar 29,99% merupakan daerah pertambakan, wilayah bagian tengah dengan ketinggian 3-10 meter dari permukaan laut dengan luas sekitar 40,81% merupakan pemukiman, perdagangan, dan pusat pemerintahan, dan wilayah bagian barat dengan ketinggian 10-25 meter dari permukaan laut dengan luas sekitar 29,20% merupakan daerah pertanian (Alfath, 2012).

### 2.1.3 Kondisi Oseanografi

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). Pasang surut merupakan

suatu gaya eksternal utama yang membangkitkan pergerakan massa air (arus) serta perilaku perubahan tinggi muka air secara periodik pada daerah estuari. Ketika pasang terjadi, seluruh massa air di estuari bergerak ke arah darat dan pada saat surut bergerak ke laut dalam periode tertentu (Dyer, 1979). Adanya arus pasut menyebabkan terjadinya gesekan antara massa air dengan dasar estuari yang menghasilkan pergerakan yang memiliki kecenderungan untuk mencampur kolom air dengan lebih efektif sehingga pasang surut dapat menjadi media bagi logam berat untuk tersuspensi ke badan air, pengendapan ke sedimen atau pengadukan kembali dalam badan air. Logam berat dapat berikatan dengan materi organik bebas atau partikel-partikel sedimen sehingga mengendap di dasar perairan atau apabila massa jenis logam berat tersebut lebih kecil dari sedimen maka logam berat tersebut akan mengalami pengadukan dan berikatan dengan senyawa lain membentuk senyawa kompleks di badan air. Percampuran/pengadukan terkuat akan terjadi pada selama periode pasang (Jay and Smith, 1990).

Berkenaan dengan distribusi/perDistribusi 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).

#### **2.1.4 Kondisi Batimetri**

Perairan Sidoarjo sampai Selat Madura memiliki rata-rata kedalaman 15 meter. Pesisir Jabon sendiri merupakan perairan dangkal dengan kedalaman

berkisar antara 2 - 8 meter dengan rata-rata kedalaman 5 meter. Kedalaman muara berkisar antara 0,5 - 3 meter saat pasang dan 0,5 – 2 saat surut (Pemerintahan Kab. Sidoarjo, 2012). Muara Sungai Porong melandai ke arah timur sampai mencapai 150 meter yaitu pada batas barat Laut Bali (Ranawijaya, 2006).

### 2.1.5 Kondisi Meteorologi

Perairan Indonesia terletak diantara benua Asia dan Australia sehingga berada dalam suatu pola angin yang disebut sistem angin Muson. Angin Muson bertiup ke arah tertentu pada suatu periode. Angin Muson terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara antara daratan Asia dan Australia. Pada bulan Desember sampai Februari di Belahan Bumi Utara (BBU) terjadi musim dingin sedangkan di Belahan Bumi Selatan (BBS) terjadi musim panas sehingga pusat tekanan tinggi di daratan Asia dan pusat tekanan rendah di daratan Australia. Keadaan ini menyebabkan angin berhembus dari daratan Asia menuju Australia. Angin ini dikenal di sebelah selatan khatulistiwa sebagai angin Muson Barat. Sebaliknya pada bulan Juli sampai Agustus berhembus angin Muson Timur dari daratan Australia yang bertekanan tinggi ke daratan Asia yang bertekanan rendah (Wyrтки, 1961 in Tubalawony, 2001).

Cuaca dan iklim di Perairan Jabon sangat dipengaruhi oleh angin Muson Timur dan angin Muson Barat yang menyebabkan periode musiman. Musim Barat ditandai dengan curah hujan yang tinggi, cuaca mendung atau berawan, dan angin lebih kencang sehingga disebut juga sebagai musim hujan. Musim Timur ditandai dengan curah hujan yang rendah sehingga disebut musim kemarau. Periode musiman di Perairan Jabon dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Periode musiman di Perairan Jabon

Periode Musim	Curah Hujan	Kalender Samariah	Arah Arus
Musim Barat	Tinggi	Desember-Februari	Barat
Musim Peralihan I	Sedang	Maret-Mei	Berubah-ubah
Musim Timur	Rendah	Juni-Agustus	Timur
Musim Peralihan II	Sedang	September-Nopember	Berubah-ubah

Sumber: BMKG Maritim Perak Surabaya, 2014.

### 2.1.6 Penggunaan Lahan Industri Kabupaten Sidoarjo

Menurut Rochmana (2012), tutupan lahan wilayah Sidoarjo berupa, tambak, hutan bakau, sawah (irigasi dan tadah hujan), dan permukiman (padat dan renggang), industri, kebun, dan lahan kosong. Berdasarkan tutupan lahan tersebut, faktor industri berperan penting dalam menghasilkan logam berat dalam aktivitasnya baik sebagai hasil sampingan produksinya maupun limbah industri yang dihasilkan. Menurut Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Sidoarjo (2012) dalam Putra (2013), industri di Kabupaten Sidoarjo dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Daftar Industri dan Perusahaan di Kabupaten Sidoarjo

No.	Jenis Industri	Produksi	Jumlah
1.	Industri Elektronik	Alat pendinginan, perlengkapan listrik, mekanik	9
2.	Industri Pertanian	Penggilingan padi, selep padi	2
3.	Industri bahan Kimia	Pewarna keramik, damar buatan, resin, cat sintesis, material coating dan tinta	8
4.	Rumah sakit	Klinik, puskesmas, laboratorium	5
5.	Industri Bahan dan Mineral Alam	Eksplorasi gas alam, pengecoran emas	6
Total			30

Sumber: Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Sidoarjo, 2012 dalam Putra, 2013.

Berdasarkan daftar nama industri dan perusahaan di atas, terdapat industri yang diduga menggunakan maupun menghasilkan logam berat arsen, kadmium, kromium dan nikel dalam kegiatannya. Untuk memastikan hal tersebut, diperlukan adanya informasi tentang ketersediaan sistem *Water Treatment Plan* (WTP) pada masing-masing industri dalam pengolahan limbah sebelum dibuang

ke perairan. Data tersebut dapat diperoleh dari Badan Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Timur.

## 2.2 Sumber Logam Berat

Menurut Libes (1992), logam berat masuk ke perairan laut melalui *run off* air sungai, angin, proses hidrotermal, difusi dari sedimen dan kegiatan antropogenik.

### 1. Sungai.

Sungai adalah sumber utama pemasok logam berat baik dalam bentuk partikel maupun terlarut yang berasal dari pelapukan batuan granit dan basalt. Beberapa partikel *trace metal* hadir dalam bentuk kation yang dapat diabsorpsi oleh permukaan mineral liat.

### 2. Pasokan atmosfer.

Beberapa logam berat seperti Pb dan As yang dideposit di permukaan laut berasal dari debu yang terbawa oleh angin.

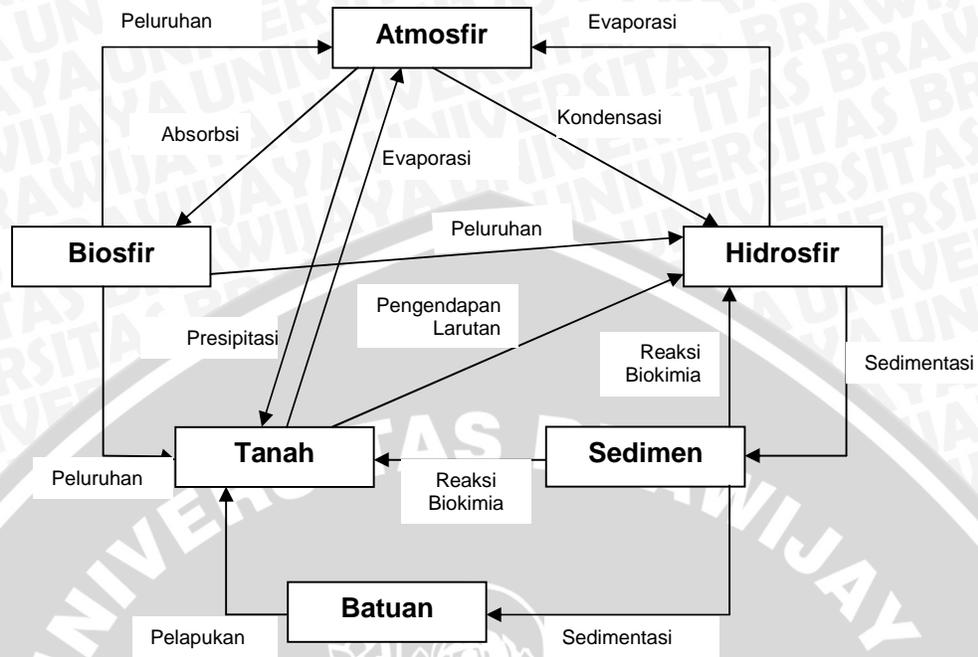
### 3. Proses hidrotermal.

Proses hidrotermal yang berasosiasi dengan proses tektonik akan semakin menambah konsentrasi logam berat dalam air laut. Konsentrasi logam berat akan meningkat saat air laut yang panas mengalami kontak dengan magma yang berada beberapa kilometer di bawah permukaan bumi. Kemudian kelarutan yang panas ini akan melepaskan logam berat dari batuan basalt.

### 4. Aktivitas antropogenik.

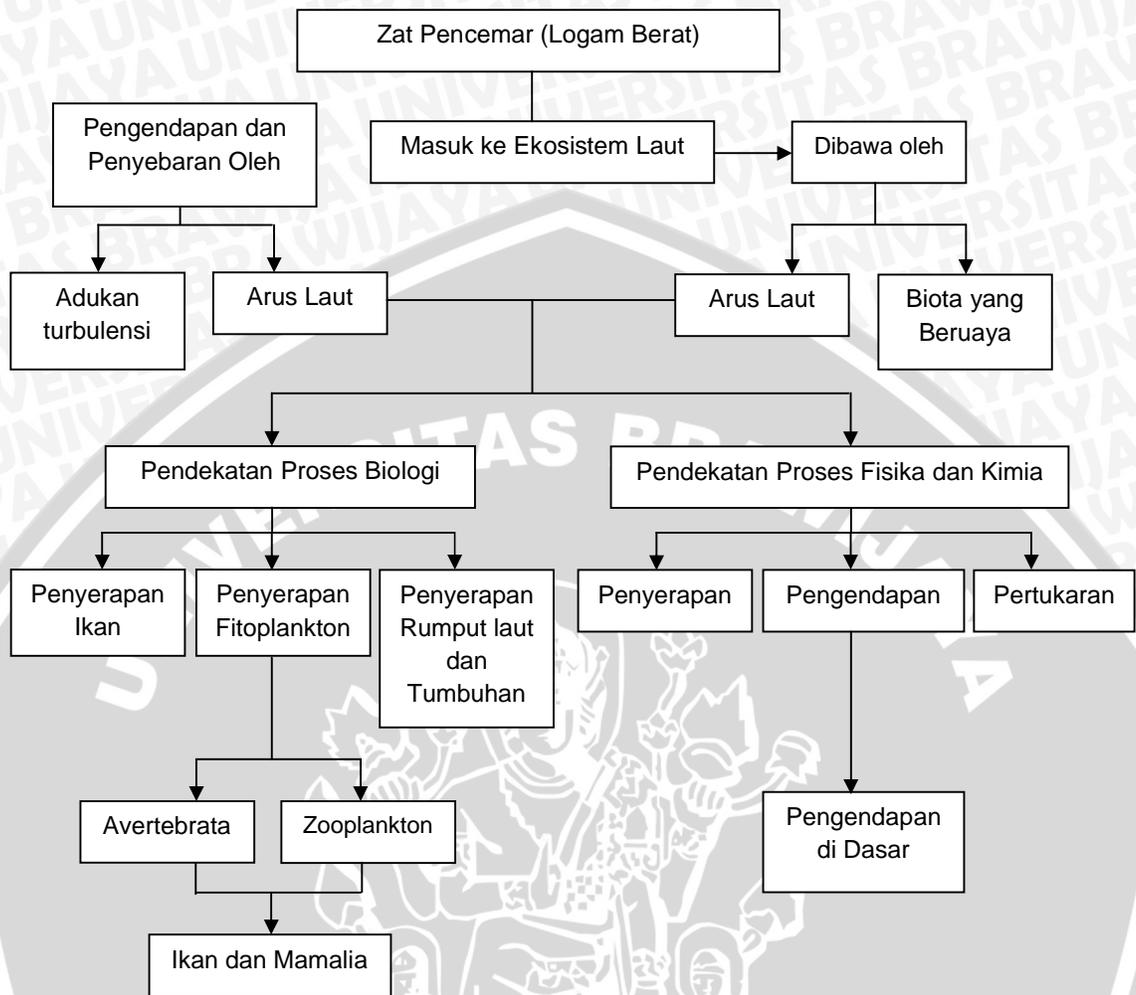
Pada umumnya limbah antropogenik berasal dari pupuk atau pestisida dari kegiatan pertanian yang terbuang ke perairan sungai.

Jalur-jalur tersebut akan berinteraksi membentuk suatu pola yang disebut dengan siklus biogeokimia logam berat seperti pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Siklus biogeokimia logam berat (Paasivirta, 1991)

Unsur logam berat yang mencemari suatu perairan khususnya perairan laut mengalami beberapa tahapan. Proses masuknya logam berat ke suatu ekosistem laut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema proses masuknya unsur logam berat ke ekosistem laut (Fauzan, 1995).

### 2.3 Pencemaran Logam Berat di Perairan

Pencemaran suatu perairan merupakan salah satu gejala pengotoran suatu perairan sehingga menyebabkan perairan tersebut mengalami degradasi lingkungan (Hamidah,1980). Secara alami di laut terdapat kandungan logam berat tetapi dalam kadar yang sangat rendah berkisar antara  $10^{-5}$  –  $10^{-2}$  ppm (Bernhard, 1978). Logam berat adalah istilah yang digunakan secara umum untuk kelompok logam berat dan metalloid yang densitasnya lebih besar dari  $5 \text{ g/cm}^3$ , terutama pada unsur seperti Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pd dan Zn (Hutagalung *et al.*, 1997).

Pencemaran air terhadap logam berat bersumber dari batu-batuan dan tumpahan lahar gunung merapi yang meletus, aktivitas industri biji logam, ekskresi manusia dan hewan serta sampah-sampah atau padatan yang dibuang ke perairan (Harahap, 1991). Dalam perairan, logam berat biasanya berikatan dengan senyawa kimia atau dalam bentuk ion, bergantung pada kompartemen tempat logam berada. Selain itu, tingkat kandungan logam pada setiap kompartemen sangat bervariasi bergantung pada lokasi dan tingkat pencemarannya (Lu, 1995).

Logam-logam di perairan ditemukan dalam 2 bentuk antara lain terlarut yaitu ion logam bebas dalam air dan logam yang membentuk kompleks dengan senyawa organik dan anorganik; dan tidak terlarut yaitu partikel yang berbentuk koloid dan senyawa kompleks metal yang terabsorpsi pada zat tersuspensi. Logam berat yang terdapat dalam perairan biasanya dalam bentuk ion seperti  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ , jarang sekali yang berbentuk molekul (Darmono, 1995).

Sebagian dari logam berat bersifat *essensial* bagi organisme air untuk pertumbuhan dan perkembangan hidupnya, antara lain dalam pembentukan haemosianin dalam sistem darah dan enzimatik pada biota (Darmono, 1995). Akan tetapi bila jumlah dari logam berat masuk ke dalam tubuh dengan jumlah

berlebih, maka akan berubah fungsi menjadi racun bagi tubuh seperti raksa (Hg), kadmium (Cd), nikel (Ni), arsen (As), kromium (Cr) dan timbal (Pb) (Palar, 2004).

Menurut Bryan (1976), beberapa faktor yang dapat mempengaruhi toksisitas logam berat terhadap biota perairan adalah bentuk ikatan kimia dari logam yang terlarut dalam air, pengaruh interaksi antara logam, pengaruh lingkungan seperti temperatur, kadar garam, pH, dan kadar oksigen terlarut. Daya toksisitas logam berat dalam perairan terhadap makhluk hidup di dalamnya dipengaruhi oleh kemampuan organisme beraklimatisasi terhadap bahan toksik logam (Lu, 1995). Selain itu, juga bergantung pada spesies, lokasi, umur (fase siklus hidup), daya tahan (detoksikasi) dan kemampuan individu untuk menghindarkan diri dari pengaruh polusi (Palar, 2004). Logam berat yang bersifat toksik tinggi terdiri dari Hg, Cd, Pb, Cu, As, dan Zn, bersifat toksik sedang terdiri dari Cr, Ni, dan Co, sedangkan bersifat toksik rendah terdiri dari Mn dan Fe (Sanusi, 2006).

Menurut Darmono (2001), kelompok logam berat yang berpotensi memiliki daya racun tinggi terhadap kehidupan biota laut dan kerusakan lingkungan adalah: Hg, Cd, Pb, Cu, Ni, Cr, Zn, dan As. Secara umum logam berat toksik memiliki sifat sebagai berikut:

- a. Persisten, sulit mengalami degradasi,
- b. Akumulasi dan magnifikasi dalam jaringan tubuh biota laut,
- c. Memiliki  $EC_{10}$  dan  $LC_{50}$ -96 jam yang rendah,
- d. Memiliki waktu paruh yang tinggi dalam tubuh biota laut,
- e. Memiliki nilai faktor konsentrasi yang besar dalam tubuh biota laut.

Kadar logam berat yang ada di perairan akan terus meningkat dengan bertambahnya volume limbah yang dibuang ke sungai dan bermuara ke laut. Meningkatnya volume limbah yang dibuang ke sungai dan terakumulasi di muara dan organisme perairan menimbulkan dampak yang sangat serius. Konsentrasi

logam berat di atas ambang batas akan bersifat racun sehingga dapat merusak kondisi biologis suatu organisme yang mengakumulasi logam berat tersebut dan rusaknya ekologi perairan akibat banyaknya konsentrasi logam berat yang ada di perairan tersebut (Pulumahury, 1989 dalam Putra, 2013).

### 2.3.1 Logam Berat Arsen (As)

#### 2.3.1.1 Karakteristik Arsen

Unsur arsen memiliki nomor atom 33, massa atom 74,9216 g/mol dan titik didih 615 °C. Arsenik memiliki tiga bentuk alotropik: kuning, hitam, dan abu-abu, dengan bentuk stabil berwarna perak abu-abu. Arsen dikenal sebagai racun mematikan, namun arsen merupakan elemen penting pada beberapa jenis hewan, dan bahkan mungkin bagi manusia, meskipun asupan yang diperlukan hanya serendah 0,01 mg/hari (Effendi, 2003).

Arsen dapat terbentuk sebagai unsur semi logam ( $\text{As}^0$ ), dan sebagai senyawa arsenat ( $\text{As}^{5+}$ ), arsenit ( $\text{As}^{3+}$ ), atau arsin ( $\text{As}^{3-}$ ). Karakter kimia Arsen didominasi oleh fakta bahwa arsen merupakan senyawa yang labil, bilangan oksidasi atau bentuk senyawa kimianya mudah berubah, baik melalui reaksi kimia maupun biologi yang umum terjadi di lingkungan (Rosyid, 2009).

Menurut Darmono (2001), konsentrasi logam toksik seperti Cd, Pb, Hg dan As dalam lingkungan perairan secara alamiah biasanya sangat kecil sekali. Macam-macam bentuk senyawa kimia dari arsen adalah sebagai berikut:

1. Arsen trioksida ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ), ialah bentuk garam anorganik dan bentuk trivalen dari asam arsenat ( $\text{H}_4\text{AsO}_4$ ) berwarna putih dan padat seperti gula.
2. Arsen pentaoksida ( $\text{As}_2\text{O}_5$ )
3. Arsenat (misalnya  $\text{PbHAsO}_4$ ), ialah bentuk garam dari asam arsenat, merupakan senyawa arsen yang banyak dijumpai di alam dan bersifat kurang toksik.

4. Arsen organik, arsen berikatan kovalen dengan rantai karbon alifatik atau struktur cincin, dimana arsen terikat dalam bentuk trivalen ataupun pentavalen. Bentuk senyawa ini kurang toksik dibandingkan dengan bentuk senyawa arsen inorganik trivalen.

#### **2.3.1.2 Arsen di Lingkungan dan Sumber Pencemaran**

Arsen dapat ditemukan secara alami di bumi dalam konsentrasi kecil. Arsen di atmosfer berasal dari berbagai sumber seperti gunung berapi melepaskan sekitar 3000 ton per tahun dan mikroorganisme melepaskan methylarsines stabil dengan volume sekitar 20.000 ton per tahun. Selain secara alami, arsen juga dihasilkan akibat adanya aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil (Sanusi, 2006).

Arsen merupakan salah satu hasil sampingan dari proses pengolahan bijih logam non-besi terutama emas, yang mempunyai sifat sangat beracun dengan dampak merusak lingkungan. Arsen ditemukan pada cebakan cebakan (produk sampingan pemurnian) bijih logam, diantaranya cebakan Cu-Zn-Pb mengandung mineral enargit, cebakan Cu-pirit-As, cebakan Ag murni dan arsenide Ni-Co, Au mengandung As, cebakan sulfida As dan sulfida Au-As, cebakan Sn mengandung As (Effendi, 2003). Industri yang mengeluarkan Arsen ialah pabrik metalurgi, pabrik gelas, produksi bahan warna (pigmen), dan pabrik yang memproduksi bahan kimia arsen (Darmono, 2001).

#### **2.3.1.3 Toksisitas Arsen**

Arsen adalah salah satu unsur paling beracun. Ikatan arsen anorganik terjadi di alam secara alami dalam jumlah kecil. Manusia dapat terpapar arsen melalui makanan, air, dan udara. Paparan juga terjadi melalui kontak kulit dengan tanah atau air yang mengandung arsen. Tingkat arsen dalam makanan

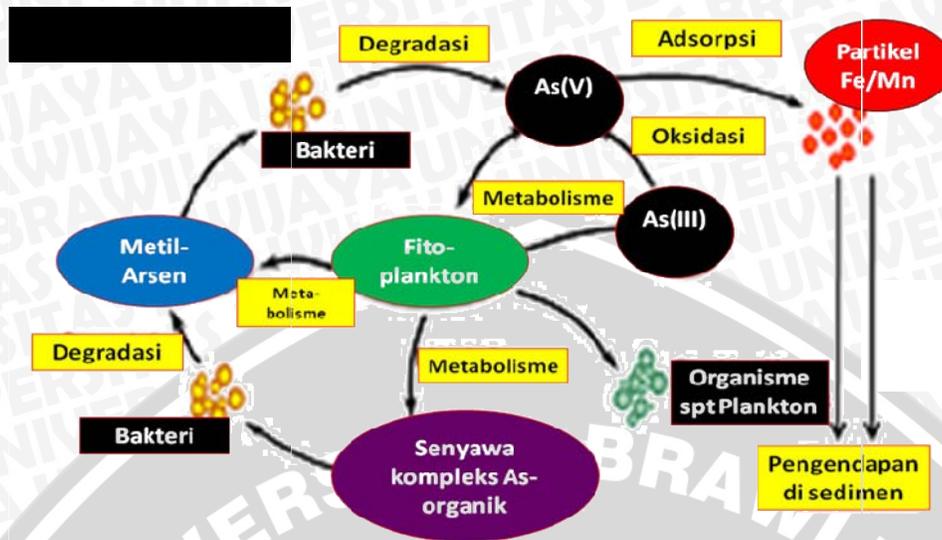
umumnya cukup rendah sehingga tidak membahayakan, dalam ikan dan seafood mungkin tinggi karena mampu menyerap arsen dari air. Arsen dalam ikan terutama dari jenis organik tidak terlalu berbahaya. Namun, ikan yang mengandung arsen anorganik dapat membahayakan kesehatan manusia. Paparan arsen mungkin lebih tinggi pada orang yang bekerja dengan arsen atau yang tinggal di rumah kayu yang diawetkan dengan senyawa arsen. Paparan pada arsen anorganik akan memicu berbagai efek kesehatan, seperti iritasi lambung dan usus, penurunan produksi sel darah merah dan putih, perubahan kulit, dan iritasi paru-paru. Penyerapan sejumlah besar arsen anorganik juga dikaitkan dengan peningkatan resiko perkembangan kanker, terutama kanker kulit, kanker paru-paru, kanker hati, dan kanker getah bening. Paparan arsenik yang sangat tinggi bisa menyebabkan kemandulan dan keguguran pada perempuan, gangguan kulit, gangguan jantung, dan kerusakan otak baik pada pria maupun wanita. Dosis mematikan arsenik oksida umumnya adalah 100 mg (Sanusi, 2006).

Batas konsentrasi arsen yang terdapat pada algae dalam air segar adalah 2-46 ppm. Nilai LC50 untuk tiram amerika adalah 7,5 ppm, selama jangka waktu 48 jam dan nilai LC50 untuk *rats* adalah 20mg/kg berat badan. Harga ini untuk karsinogenik arsen(III)oksida. Senyawa ini menghambat proses enzimatik, sehingga meningkatkan toksisitasnya. Pada tikus-tikus kecil, *hamster* dan *rats*, senyawa ini adalah *embryo toxic* dan *teratogenic*. Tanaman pakis merupakan bioakumulasi arsen dalam jumlah yang sangat besar. Namun hanya 1 isotop arsen yang stabil, namun sekarang sudah ditemukan 19 isotop arsen yang tidak stabil (Rosyid, 2009).

#### 2.3.1.4 Siklus Arsen

Arsen yang dilepaskan ke udara dapat berasal dari proses peleburan atau penambangan, proses industri dan akibat pembuangan atau limbah. Sedimen mengandung senyawa arsenat yang sebagian dapat larut dalam air kemudian diserap kembali oleh sedimen. Dengan bantuan bakteri terdekomposisi menjadi senyawa arsenit. Selanjutnya arsenit dirubah menjadi senyawa asam metil arsenit. Sebagian asam metil arsenit larut dalam air dan sebagian lainnya dirubah oleh bakteri menjadi asam dimetilarsenit. Asam dimetilarsenit dalam air dirubah menjadi trimetilarsenit dan dimetilarsin. Di udara, asam trimetilarsenit bereaksi dengan dimetilarsin menghasilkan senyawa asam dimetilarsenit yang dapat terserap kembali kedalam sedimen. Dalam sedimen, level paparan arsen akan meningkat apabila ada kontaminasi arsenik yang bersumber dari manusia atau sumber alamiah (Rosyid, 2009).

Peran mikroorganisme (misalnya, fitoplankton dan bakteri) dalam biotransformasi dan siklus biogeokimia spesies arsen dalam sistem perairan. Fitoplankton, produsen utama yang paling penting dan sumber makanan bagi tingkat trofik yang lebih tinggi dari rantai makanan dalam sistem perairan, bioakumulasi arsen-anorganik (IAS), biotransformasi menjadi senyawa kompleks methyl-arsenik dan organo-arsenik di dalam sel plankton, dan kemudian melepaskan kembali ke air. Pelepasan Arsen dalam air dapat terjadi dari pelepasan fitoplankton yang dimediasi oleh virus, bakteri dan “pemangsaan” oleh mikroorganisme plankton lainnya. Bakteri terlibat dalam demineralisasi senyawa organik metil-arsen dan organo-arsen, menghasilkan spesies IAS dalam sistem perairan. Seperti digambarkan di sini fitoplankton dan bakteri memainkan peran penting dalam spesiasi arsen dan bersiklus di sistem perairan (Rahman *et al.*, 2012). Siklus dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Transfer arsenik dalam rantai makanan akuatik (Rahman *et al.*, 2012)

### 2.3.2 Logam Berat Kadmium (Cd)

#### 2.3.2.1 Karakteristik Kadmium

Kadmium adalah logam berwarna putih perak, lunak, mengkilap, tidak larut dalam basa, mudah bereaksi, serta menghasilkan Kadmium Oksida bila dipanaskan. Kadmium (Cd) umumnya terdapat dalam kombinasi dengan klor (Cd Klorida) atau belerang (Cd Sulfid). Kadmium membentuk  $Cd^{2+}$  yang bersifat tidak stabil. Cd memiliki nomor atom 40, berat atom 112,4, titik leleh  $321^{\circ}C$ , titik didih  $767^{\circ}C$  dan memiliki masa jenis  $8,65 \text{ g/cm}^3$  (Widowati *et al*, 2008).

Berdasarkan sifat-sifat fisiknya, kadmium (Cd) merupakan logam yang lunak ductile, berwarna putih seperti putih perak. Logam ini akan kehilangan kilapnya bila berada dalam udara yang basah atau lembab serta cepat akan mengalami kerusakan bila dikenai uap amoniak ( $NH_3$ ) dan sulfur hidroksida ( $SO_2$ ). Berdasarkan pada sifat kimianya, logam kadmium (Cd) didalam persenyawaan yang dibentuknya umumnya mempunyai bilangan valensi 2+, sangat sedikit yang mempunyai bilangan valensi 1+. Bila dimasukkan ke dalam larutan yang mengandung ion  $OH^-$ , ion-ion  $Cd^{2+}$  akan mengalami proses

pengendapan. Endapan yang terbentuk dari ion-ion  $\text{Cd}^{2+}$  dalam larutan OH biasanya dalam bentuk senyawa terhidrasi yang berwarna putih (Palar, 2004).

Kadmium di suatu perairan terdapat dalam jumlah yang sangat sedikit, bersifat tidak larut dalam perairan, dan mudah terakumulasi di sedimen (Rachmawatie, 2009). Logam Cd ditemukan dalam perairan sebagai ion  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cd}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CdCO}_3$ , dan senyawa kompleks; berikatan dengan material organik. Perpindahan logam Cd ke dalam sedimen bergantung pada jumlah pengendapan serta terjadinya ikatan logam dengan mineral, logam hidroksida dan material organik yang meningkat jumlahnya ketika pH meningkat (Dani, 2012).

#### 2.3.2.2 Kadmium di Lingkungan dan Sumber Pencemaran

Sumber Cd dalam laut terutama berasal dari alam yaitu letusan gunung berapi, debu yang terbawa angin, kebakaran hutan menyebabkan Cd yang terkandung di dalam pohon terlepas, lahan pertanian yang menggunakan pupuk berkadungan cadmium dan aliran sungai yang berasal dari lahan tersebut. Sumber lainnya merupakan hasil buangan manusia berasal dari pertambangan, ekstraksi dan pengolahan Zn (Dani, 2012).

Kadmium banyak digunakan dalam industri pelapisan logam, metalurgi, peralatan fotografi, gelas dan campuran perak, produksi foto-elektrik, foto-konduktor dan fosforus, porselen dan keramik (sebagai pigmen pada keramik), penyepuhan listrik, pelumas, tekstil, plastik serta dalam pembuatan alloy dan baterai alkali (Darmono, 2001).

Kadmium merupakan bahan alami yang terdapat dalam kerak bumi. Kadmium murni berupa logam berwarna putih perak dan lunak, namun bentuk ini tak lazim ditemukan di lingkungan. Umumnya cadmium terdapat dalam kombinasi dengan elemen lain seperti Oksigen (Cadmium Oxide), Clorine (Cadmium Chloride) atau belerang (Cadmium Sulfide). Kebanyakan Cadmium

(Cd) merupakan produk samping dari pengecoran seng, timah atau tembaga cadmium yang banyak digunakan berbagai industri, terutama plating logam, pigmen, baterai dan plastik (Hutagalung, 1984).

### 2.3.2.3 Toksisitas Kadmium

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

Kadmium dalam konsentrasi 0,5-0,75 mL dalam air dapat menyebabkan nekrosis insang dan nekrosis fokal serta hipertropi pada hepatopankreas dan mukosa usus pada udang putih (Darmono, 1990). Toksisitas akut kadmium pada ikan dapat menyebabkan hypocalcaemia (rendahnya kalsium dalam darah) (Dani, 2012). Toksisitas kadmium pada manusia dapat menyebabkan penyakit ouch-ouch, itai-itai yaitu kontraksi otot karena kehilangan sejumlah kalsium dan dapat berdampak pada kematian seperti yang terjadi di Jepang (Uhlmann, 1979).

### 2.3.2.4 Siklus Kadmium

Logam berat tidak dapat dihancurkan (*non degradable*) oleh organisme hidup dan terakumulasi ke lingkungan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi (Rochyatun, 2007). Dinamika oseanografi yang terjadi di perairan laut, kadmium akan mengalami hidrolisis, teradsorpsi oleh padatan tersuspensi dan membentuk ikatan kompleks dengan bahan organik dan mengendap dalam sedimen. Proses adsorpsi ini akan diikuti pula oleh proses desorpsi yang mengembalikan kadmium kembali terlarut dalam badan air (Sanusi, 2006).

Logam kadmium (Cd) akan mengalami proses biotransformasi dan bioakumulasi dalam organisme hidup (tumbuhan, hewan dan manusia). Dalam tubuh biota perairan jumlah logam yang terakumulasi akan terus mengalami peningkatan (biomagnifikasi) dan dalam rantai makanan biota yang tertinggi akan mengalami akumulasi kadmium (Cd) yang lebih banyak (Palar, 2004).

### **2.3.3 Logam Berat Kromium (Cr)**

#### **2.3.3.1 Karakteristik Kromium**

Kromium murni tidak pernah ditemukan di alam. Logam ini ditemukan dalam bentuk persenyawaan padat atau mineral dengan unsur-unsur lain. Sebagai bahan mineral, Cr paling banyak ditemukan dalam bentuk Chromite ( $\text{FeOCr}_2\text{O}_3$ ). Pada perairan air laut, sekitar 50% kromium merupakan kromium trivalent (Effendi, 2003).

#### **2.3.3.2 Kromium di Lingkungan dan Sumber Pencemaran**

Kromium dapat masuk ke badan perairan dengan dua cara, yaitu alamiah dan non alamiah. Secara alamiah dapat disebabkan adanya erosi atau pengikisan pada batuan mineral dan debu-debu atau partikel kromium yang ada di udara akan dibawa turun oleh air hujan, sedangkan secara non alamiah dapat disebabkan adanya aktivitas manusia seperti membuang limbah industri dan rumah tangga ke badan air (Depkes, 2009). Logam kromium dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, baik perairan, tanah maupun udara. Sumber-sumber masukan logam kromium ke dalam lingkungan yang umum dan diduga paling banyak adalah dari kegiatan-kegiatan perindustrian, kegiatan rumah tangga dan dari pembakaran serta mobilitas bahan-bahan bakar (Palar, 2008).

Kromium terdapat dalam bijih tambang. Penambangan, peleburan dan penggunaan industri cenderung meningkatkan kadarnya dalam lingkungan.

Logam ini digunakan untuk membuat baja baja antikarat, berbagai aloi dan pigmen. Pabrik yang berbahan bakar fosil dan pabrik semen juga menjadi sumber pencemaran lingkungan. Kadar kromium dalam udara, air dan makanan biasanya sangat rendah (Lu, 1995).

### **2.3.3.3 Toksisitas Kromium**

Kromium termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi yang dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan kronis. Keracunan akut pada manusia dapat ditandai dengan kecenderungan terjadinya pembengkakan pada hati. Kristal asam khromat juga digunakan sebagai obat kulit, akan tetapi penggunaan senyawa tersebut seringkali mengakibatkan keracunan yang fatal (Palar, 2004).

### **2.3.4 Logam Berat Nikel (Ni)**

#### **2.3.4.1 Karakteristik Nikel**

Nikel merupakan logam berwarna putih keperak-perakan yang tidak berubah bila terkena udara, tahan terhadap oksidasi dan kemampuan mempertahankan sifat aslinya di bawah suhu yang ekstrim (Cotton dan Wilkinson, 1976).

Di perairan, nikel ditemukan dalam bentuk koloid. Garam - garam nikel misalnya nikel amonium sulfat, nikel nitrat, dan nikel klorida bersifat larut dalam air. Pada kondisi aerob dan pH kurang dari 9, nikel membentuk senyawa kompleks dengan hidroksida, karbonat, dan sulfat dan selanjutnya mengalami presipitasi. Demikian juga pada kondisi anaerob, nikel bersifat tidak larut. Di muara sungai, nikel menunjukkan konsentrasi yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kekeruhan. Peningkatan konsentrasi nikel terlarut pada

tingkat kekeruhan yang tinggi terjadi karena proses desorpsi dari partikel - partikel yang ada di muara sungai dan proses resuspensi (Darmono, 1995).

#### **2.3.4.2 Nikel di Lingkungan dan Sumber Pencemaran**

Sumber utama Ni berasal dari erosi berbagai batuan di sungai (Bryan, 1976). Sumber pencemaran nikel di perairan juga berasal dari limbah industri pelapisan nikel (electroplating), industri kertas, industri pupuk dan industri baja, limbah rumah tangga dan pupuk pertanian. Limbah industri ini mengandung senyawa nikel berbahaya seperti  $\text{NiSO}_4^-$  dan  $\text{NiCl}_2^-$ . Untuk industri pelapisan nikel, logam berat yang terkandung dalam limbah cairnya adalah logam nikel (Dani, 2012).

Berbagai jenis pupuk pertanian baik organik maupun anorganik juga mengandung logam berat termasuk nikel. Kadar logam berat pada pupuk P, pupuk N, pupuk kandang dan kompos berturut-turut 7-225 ppm, 227 ppm, 1,1-27 ppm, dan 1,3-2,24 ppm. Pupuk organik dan kompos dibuat dari bahan organik seperti bahan hijau tanaman, sampah kota dan lain-lain. Pupuk organik yang berasal dari sampah kota dapat tercemar limbah B3 atau logam berat karena berbagai macam limbah rumah tangga dan sampah kota yang terdiri atas sisa sayur-sayuran tercampur dengan baterai bekas, kaleng, seng, aluminium foil, yang tercemar B3. Pupuk pertanian dengan kandungan nikel ini bisa mencemari air tanah dan sungai di sekitar areal pertanian (Setyorini, 2003).

#### **2.3.4.3 Toksisitas Nikel**

Ketika konsentrasi nikel lebih tinggi dibandingkan logam yang lain, nikel dinyatakan sebagai logam beracun. Nikel termasuk unsure yang memiliki toksisitas rendah (Effendi 2003).

Dampak limbah pertambangan nikel yang mengandung Cu, nolin, dan garson dapat menyebabkan penurunan daya hidup dan depresi tingkat hormon testosterone ikan *Creek chub* dan *Pearl dace*. Kemampuan hidup berkurang dari 60% pada limbah yang mengandung Cu dan garson, juga terjadi penurunan bobot badan (U.S Environmental, 1986). Dampak toksisitas nikel terhadap manusia dapat meracuni darah, mengganggu sistem pernapasan, merusak jaringan, selaput lender dan mengubah sistem sel dan kromosom (Dani, 2012).

#### 2.4 Akumulasi Logam Berat Pada Sedimen

Sedimen terutama terdiri dari partikel-partikel yang berasal dari hasil pembongkaran batu-batuan dan potongan-potongan kulit (*shell*) serta sisa rangka-rangka dari organism laut. Ukuran partikel-partikel ini sangat ditentukan oleh sifat-sifat fisik mereka (Hutabarat dan Evans, 2008).

Sedimen berperan utama dalam pengangkutan bahan pencemar lingkungan dengan cara menyediakan permukaan penyerapan, bertindak sebagai penyangga dan sebagai pencuci zat pencemar. Dalam hal ini melibatkan air sebagai pembawa zat pencemar tersebut (Connell dan Miller, 1995).

Kekuatan ionik yang terdapat di air laut disebabkan adanya berbagai kandungan anion dan kation pada air laut seperti anion karbonat, hidroksil dan klorida, sehingga memungkinkan terjadinya proses koagulasi (penggumpalan) senyawa logam berat yang ada dan memungkinkan terjadinya proses sedimentasi (pengendapan). Jika kapasitas angkut sedimen cukup besar, maka sedimen di dasar perairan akan terangkat dan terpindahkan (Bryan, 1976).

Konsentrasi logam berat tertinggi terdapat dalam sedimen yang berupa lumpur, tanah liat, pasir berlumpur dan campuran dari ketiganya dibandingkan dengan yang berupa pasir murni. Hal ini akibat dari adanya gaya tarik elektro

kimia partikel sedimen dengan partikel mineral, pengikatan oleh partikel organik dan pengikatan oleh sekresi lendir organisme (Bernhard, 1978).

## 2.5 Akumulasi Logam Berat pada Kupang Putih (*Corbula faba*)

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 tinggi dan kemampuan biota untuk menimbun logam bahan pencemar mengakibatkan bahan pencemar langsung terakumulasi secara fisik dan kimia lalu mengendap di dasar laut. Metabolisme bahan berbahaya secara biologis terjadi melalui rantai makanan dan akhirnya akan mempengaruhi kesehatan manusia. Akumulasi melalui proses biologis ini disebut bioakumulasi (Hutagalung, 1984).

Seperti hewan air lainnya, logam berat juga dapat terakumulasi pada jaringan kerang seperti kupang putih (*Corbula faba*). Akumulasi logam berat pada kupang putih (*Corbula faba*) tinggi pada jaringan insang (Darmono, 2001). Logam berat yang masuk ke dalam tubuh hewan umumnya tidak dikeluarkan lagi dari tubuh mereka sehingga cenderung menumpuk di dalam tubuh. Sebagai akibatnya logam berat ini akan terus ada di sepanjang rantai makanan. Hal ini disebabkan adanya predator pada satu tropik level yang memakan mangsa dari tropik level lebih rendah yang telah tercemar (Hutabarat dan Evans, 2008).

Logam berat masuk ke dalam jaringan tubuh organisme melalui saluran pernafasan, pencernaan dan penetrasi melalui kulit. Di dalam tubuh hewan, logam berat akan diabsorpsi (proses perpindahan zat toksik dari tempat absorpsinya ke dalam sirkulasi darah). Kemudian zat toksik akan berikatan dengan protein darah dan didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh (Lu, 1995).

Adanya kecenderungan logam berat yang terakumulasi dalam tubuh organisme, akan membentuk senyawa kompleks dengan zat-zat organik yang

ada di dalam tubuh organisme itu sendiri sehingga akan terfiksasi tetapi tidak disekresikan secara langsung. Logam berat tersebut akan ditimbun dalam tubuh sehingga menimbulkan kandungan logam berat pada tubuh organisme lebih tinggi dibandingkan dengan lingkungan (Ramayani, 1995).

## 2.6 Kupang Putih (*Corbula faba*)

### 2.6.1 Deskripsi dan Klasifikasi Kupang Putih

Kupang putih (*Corbula faba*) merupakan salah satu jenis kerang yang masuk dalam *phylum molusca*. Jenis kupang ini berbentuk cembung lateral dan mempunyai cangkang dengan dua belahan serta engsel dorsal yang menutup seluruh tubuh. Kupang ini mempunyai bentuk kaki seperti bagian tubuh lainnya yaitu cembung lateral sehingga disebut *pelecypoda* atau kaki kapak. Panjang dari cangkang kupang berkisar antara 1-2 cm dan lebar 5-12 mm. Kupang menempati sebagian dari cangkangnya, yaitu menempel pada kulit bagian tepi dekat bagian *hinge ligament* (Prayitno, Susanto, 2000).

Menurut Fakhruddin (2009), klasifikasi kupang putih (*Corbula faba*) sebagai berikut:

- Filum : Molusca
- Kelas : Bivalvia
- Ordo : Myoida
- Famili : Corbulidae
- Genus : *Corbula*
- Spesies : *Corbula faba* Hinds



Gambar 5. Kupang Putih (*Corbula faba*)  
(Prayitno, 2000)

### 2.6.2 Habitat Kupang Putih

Kupang putih (*Corbula faba*) termasuk organisme perairan yang banyak ditemukan di pantai atau muara sungai, hidupnya menetap di dasar perairan yang berlumpur dan berpasir. Kupang putih (*Corbula faba*) hidup menetap di lumpur dengan kedalaman kurang lebih 5 mm dengan posisi tegak pada ujung kulitnya yang berbentuk oval. Ketika air muara sedang surut dan suhu perairan relative dingin biasanya kupang putih menancap di dalam lumpur lebih dalam. Kupang putih relatif cepat menyesuaikan diri dengan lingkungannya. Kupang putih memiliki daya tahan hidup kurang lebih 24 jam di udara bebas. Apabila telah mati, cangkangnya akan tetap tertutup sehingga tidak menimbulkan bau. Kupang putih ini biasa juga disebut dengan kupang beras yang banyak ditemukan di daerah Sidoarjo, Surabaya, Pasuruan dan dimanfaatkan sebagai bahan makanan (Prayitno, Susanto, 2000).

Kupang putih banyak ditemukan sekitar 2-4 mil dari pantai dan lebih sering dijumpai di pantai yang landai. Ketika surut kedalaman air berkisar antara 0.3-0.75 m sedangkansaat pasang mencapai 3-4 m. suhu perairan pantai yang banyak ditemukan kupang berkisar antara 28<sup>0</sup>-29<sup>0</sup> C dan dengan kadar salinitas 24‰-29‰ (Subani *et al.*, 1983).

### 2.6.3 Siklus Hidup Kupang

Kupang termasuk dalam golongan bivalvia yang hidupnya menetap di sedimen. Kupang bereproduksi dengan cara fertilisasi eksternal dimana pada kupang betina setiap bereproduksi mengeluarkan 137.000 sel telur di kolom air untuk dibuahi oleh sel sperma. Sel telur yang telah dibuahi biasanya akan mengalami fase *planktonic* atau fase dimana larva kupang akan hidup melayang-layang selama 14-55 hari hingga akan memasuki fase perkembangan embrio dari larva kupang itu sendiri. Ketika larva mengalami fase perkembangan maka akan menempel pada suatu substrat dimana larva tersebut akan berkembang menjadi kupang muda. Fase ini biasanya berlangsung selama 55 hari. Kupang biasanya melakukan masa reproduksinya pada bulan September-November atau saat musim panas. Kupang dewasa yang siap melakukan reproduksi biasanya berumur sekitar 9 bulan. Kupang memiliki masa hidup yang relative pendek sekitar 2 tahun (Galil, 2006).

### 2.7 Parameter Lingkungan Perairan

Walaupun terjadi peningkatan sumber logam berat, namun konsentrasinya dalam air dapat berubah setiap saat. Hal ini terkait dengan berbagai macam proses yang dialami oleh senyawa tersebut selama dalam kolom air (Rochyatun, 1997). Faktor yang dapat mempengaruhi perilaku logam berat dalam air yaitu:

- a. Menurut Libes (1992), adanya presipitasi, adsorpsi oleh partikel yang berada di laut, dan absorpsi serta redistribusi oleh proses-proses biologi.
- b. Menurut Nanty (1999), parameter lingkungan perairan seperti suhu, salinitas, arus, pH, dan padatan tersuspensi total atau seston.

Interaksi dari faktor-faktor tersebut akan berpengaruh terhadap fluktuasi konsentrasi logam berat dalam air dan sedimen. Berikut akan dibahas pengaruh parameter lingkungan terhadap toksisitas logam berat.

### 2.7.1 Suhu

Suhu adalah salah satu faktor penting bagi kehidupan organisme di lautan, karena suhu mempengaruhi baik aktifitas metabolisme maupun perkembangbiakan dari organisme-organisme tersebut (Hutabarat, 1985). Suhu dapat mempengaruhi fotosintesa di laut baik langsung maupun tidak langsung. Pengaruh secara langsung yakni suhu berperan untuk mengontrol reaksi kimia enzimatis dalam proses fotosintesa. Tinggi suhu dapat menaikkan laju maksimum fotosintesa, sedangkan pengaruh tidak langsung yakni dalam merubah struktur hidrologi perairan yang dapat mempengaruhi distribusi fitoplankton (Tomasik *et al*, 1997).

Kenaikan suhu dapat berpengaruh pada toksisitas logam berat. 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. Sedangkan 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.

### 2.7.2 Arus

Arus ditimbulkan oleh adanya angin yang bertiup di atas permukaan laut, dan juga oleh proses konveksi panas/suhu (Kaswadji, 1982). Arus dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain Gaya Coriolis, pasang surut, densitas, pergerakan angin dan topografi perairan. Adanya debit air tawar di wilayah muara dapat mempengaruhi laju pergerakan arus di wilayah tersebut. Selain itu,

pasang surut juga berperan penting terhadap laju arus di daerah muara sungai (Nontji, 2007).

Arus sangat berperan dalam pertukaran massa air, penyebaran kandungan fisika-kimia air laut (misalnya suhu, salinitas, polutan) dan penyebaran ikan dan sumber hayati lainnya (Kaswadji, 1982). Arus dapat mempengaruhi proses pengendapan logam berat dalam sedimen. Jumlah logam berat dalam bentuk partikel yang diendapkan ke dasar perairan pada daerah yang mempunyai arus tenang jauh lebih banyak daripada di perairan yang arusnya kuat. Arus yang kuat juga memungkinkan terjadinya resuspensi dan desolusi logam berat dari sedimen ke kolom air (Hutagalung, 1994).

### 2.7.3 Kecerahan

Kecerahan merupakan ukuran tranparansi perairan yang ditentukan secara visual dengan menggunakan alat berupa *sechii disk*. Nilai kecerahan sangat dipengaruhi oleh keadaan cuaca, kekeruhan dan padatan tersuspensi (Wissel, 2003).

Kecerahan biasanya digunakan sebagai salah satu parameter dalam penentuan kualitas air. Faktor yang mempengaruhi kecerahan yaitu keadaan cuaca, waktu pengukuran, kekeruhan dan padatan tersuspensi serta ketelitian dalam pengukuran (Effendi, 2003). Curah hujan yang tinggi juga menyebabkan terjadinya turbulensi serta membawa lumpur-lumpur dari darat melalui aliran sungai di sekitarnya, hal ini mengakibatkan kecerahan menurun.

Tingkat kecerahan dipengaruhi oleh kedalaman, volume air dan keberadaan bahan organik terlarut yang nantinya akan berpengaruh terhadap proses dekomposisi bahan organik di perairan. Intensitas cahaya matahari mampu meningkatkan atau menurunkan suhu suatu perairan sehingga proses penguraian bahan organik akan meningkat atau menurun dan oksigen

terlarutnya. Jika kecerahan meningkat proses fotosintesis akan menghasilkan  $O_2$  tinggi maka  $O_2$  dapat digunakan untuk proses dekomposisi bahan organik (Sugiarti, 2002).

#### **2.7.4 Total Suspended Solid (TSS)**

Padatan tersuspensi merupakan padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat langsung mengendap, terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen. Mengendapnya logam berat bersama-sama dengan padatan tersuspensi akan mempengaruhi kualitas sedimen di dasar perairan dan juga perairan sekitarnya (Nontji, 2007).

Kekuatan ionik yang terdapat di air laut disebabkan adanya berbagai kandungan anion dan kation pada air laut, sehingga memungkinkan terjadinya proses koagulasi (penggumpalan) senyawa logam berat yang ada dan memungkinkan terjadinya proses sedimentasi (pengendapan). Jika kapasitas angkut sedimen cukup besar, maka sedimen di dasar perairan akan terangkat dan berpindahkan. Sesuai teori gravitasi, apabila partikulat memiliki massa jenis lebih besar dari massa jenis air laut maka partikulat akan mengendap di dasar laut atau terjadi proses sedimentasi (Bryan, 1976).

#### **2.7.5 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  $CO_2$ , konsentrasi garam-garam karbonat dan bikarbonat, proses dekomposisi bahan organik di dasar perairan adalah faktor yang mempengaruhi tinggi atau rendahnya nilai pH air (Nontji, 2007).

Logam berat yang masuk ke sistem perairan, baik di sungai maupun lautan akan dipindahkan dari badan airnya melalui tiga proses yaitu pengendapan, adsorpsi, dan absorpsi oleh organisme-organisme perairan (Bryan, 1976). Dalam lingkungan perairan, bentuk logam antara lain berupa ion-ion bebas, pasangan ion organik, dan ion kompleks. Kelarutan logam berat dalam air dikontrol oleh pH air. Kenaikan pH menurunkan kelarutan logam berat dalam air. Kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada perairan, sehingga akan mengendap membentuk lumpur (Palar, 2004).

### **2.7.6 Salinitas**

Salinitas secara umum dapat disebut sebagai jumlah kandungan garam dari suatu perairan, yang dinyatakan dalam permil. Air di daerah estuaria merupakan pencampuran antara air sungai dan air laut, sehingga menyebabkan daerah ini memiliki air yang bersalinitas lebih rendah daripada perairan laut terbuka (Hutabarat, 1985). Salinitas merupakan gambaran jumlah garam dalam suatu perairan (Dahuri, *et al*, 1996). Distribusi salinitas di air laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai (Nontji, 1987).

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).

### **2.7.7 Dissolved Oxygen (DO)**

Kadar oksigen terlarut yang ada di suatu perairan biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu, salinitas, turbulensi air dan tekanan. Kadar

oksigen terlarut ada di suatu perairan juga dapat berfluktuasi secara harian dan musiman bergantung pada pencampuran masa air, aktivitas fotosintesis, respirasi dan limbah-limbah yang ada di perairan (Nontji, 2007).

Daya larut logam berat dapat menjadi tinggi seiring dengan meningkatnya kandungan oksigen terlarut. Pada daerah yang kekurangan oksigen, misalnya akibat kontaminasi bahan-bahan organik, daya larut logam berat akan menjadi lebih rendah dan mudah mengendap. Logam berat seperti Cd, Pb, dan Hg akan sulit terlarut dalam kondisi perairan yang anoksik (Ramlal, 1987). Logam berat yang terlarut dalam air akan berpindah ke dalam sedimen jika berikatan dengan materi organik bebas atau materi organik yang melapisi permukaan sedimen dan penyerapan langsung oleh permukaan partikel sedimen (Wilson, 1988).

### **2.7.8 Biological Oxygen Demand (BOD)**

Jumlah oksigen yang digunakan untuk mendegradasi bahan organik secara biokimia adalah BOD, sehingga juga dapat diartikan sebagai ukuran bahan yang dapat dioksidasi melalui proses biokimia (Monoarfa, 2002). Jika konsumsi oksigen tinggi akan ditunjukkan dengan semakin kecilnya sisa oksigen terlarut, maka kandungan bahan-bahan buangan yang membutuhkan oksigen tinggi (Togatorop, 2009).

BOD (*Biological Oxygen Demand*) merupakan kebutuhan  $O_2$  secara biologis yang digunakan untuk memecah bahan buangan di dalam air oleh mikroorganisme (Wardhana, 2004). Kebutuhan oksigen biologis (*Biological Oxygen Demand / BOD*) adalah gambaran suatu kebutuhan  $O_2$  oleh mikroorganisme atau jasad renik dalam melakukan kegiatan metabolisme bahan organik terlarut dan sebagian bahan organik tersuspensi serta bahan anorganik yang masuk ke dalam perairan (Wibisono, 2005). Kandungan bahan organik yang tinggi di perairan disebabkan aktivitas manusia dan dijadikannya lokasi

pemabuangan limbah sehingga berpotensi menimbulkan limbah organik. Jika kandungan BOD terlalu tinggi pada perairan menyebabkan  $O_2$  menjadi menurun serta berdampak langsung terhadap peningkatan COD (Effendi 2003).

## 2.8 Penelitian Pendukung

Beberapa penelitian tentang logam berat yang telah dilakukan dan dapat digunakan sebagai penelitian pendukung sebagai berikut:

<p><b>1. Penulis:</b> Endang Rochyatun, M. Taufik Kaisupy dan Abdul Rozak (2006).</p> <p><b>2. Judul :</b> Distribusi Logam Berat Dalam Air Dan Sedimen Di Perairan Muara Sungai Cisdane.</p> <p><b>3. Latar Belakang:</b> Adanya peningkatan jumlah industri yang membuang limbah padat, cair maupun gas yang mengandung logam berat ke perairan Teluk Jakarta.</p> <p><b>4. Tujuan:</b> Mengetahui kadar dan Distribusi logam berat (Pb, Cd, Cu dan Zn) di perairan muara sungai Cisdane.</p> <p><b>5. Metode:</b> Penelitian dilakukan pada bulan Juli dan Nopember 2005. Sampel air laut diambil dengan botol <i>water sampler</i> dan sampel sedimen menggunakan <i>Grab</i> kemudian dianalisis dengan AAS.</p> <p><b>6. Hasil:</b> Kadar logam berat dalam air laut pada bulan Juli umumnya lebih rendah dibandingkan Nopember 2005 karena keadaan gelombang pada bulan Juli cukup besar sehingga logam berat mengalami</p>	<p><b>1. Penulis:</b> Bintal Amin, evy Afriyani, Mikel Adi Saputra (2011).</p> <p><b>2. Judul :</b> Distribusi Spasial Logam Pb dan Cu Pada sedimen dan Air Laut Permukaan di Perairan Tanjung Buton Kabupaten Siak Provinsi Riau.</p> <p><b>3. Latar Belakang:</b> Meningkatnya aktivitas dan pembangunan di kawasan Tanjung Buton sebagai pelabuhan internasional diduga berpengaruh pada konsentrasi logam berat dan dapat menurunkan kualitas perairan.</p> <p><b>4. Tujuan:</b> Menganalisis konsentrasi logam Pb dan Cu pada air laut dan lapisan sedimen yang berbeda serta mengetahui status pencemaran logam berat.</p> <p><b>5. Metode:</b> Penelitian dilakukan pada Oktober-November 2010 dengan metode survei terhadap empat stasiun berdasarkan kondisi perairan. Analisis statistik menggunakan SPSS 16.</p> <p><b>6. Hasil:</b> Konsentrasi Pb pada air laut dan sedimen umumnya lebih tinggi dibandingkan Cu karena adanya sumber</p>	<p><b>1. Penulis:</b> Surahmi Usman, Nursiah La Nafie, Musa Ramang (2013)</p> <p><b>2. Judul :</b> Distribusi Kuantitatif Logam Berat Pb dalam Air, Sedimen dan Ikan Merah (<i>Lutjanus erythropterus</i>) di Sekitar Perairan Pelabuhan Parepare.</p> <p><b>3. Latar Belakang:</b> Perairan Parepare merupakan pelabuhan, bongkar muat barang, pendistribusian minyak, pengembangan industri dan budidaya sistem pemukiman yang berpotensi menyebabkan pencemaran Pb di perairan.</p> <p><b>4. Tujuan:</b> Menganalisis konsentrasi Pb pada air laut, sedimen dan ikan merah.</p> <p><b>5. Metode:</b> Sampel yang diperoleh dianalisis menggunakan AAS dan dilakukan pengukuran parameter kualitas air.</p> <p><b>6. Hasil:</b> Pb pada air laut berkisar antara 0.0380-0.8240 ppm, sedimen berkisar antara 38.9663-60.8982 mg/kg dan ikan merah berkisar antara 4.0580-8.4590 mg/kg. Logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat</p>
--	--	---

<p>pengendapan oleh pasang surut cukup besar. Kadar logam berat dalam sedimen pada bulan Juli umumnya juga lebih rendah dibandingkan Nopember 2005, namun perbedaannya tidak signifikan karena waktunya berdekatan dan belum terjadi pengendapan ke dalam sedimen.</p> <p><b>7. Kesimpulan:</b> Kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan air laut karena adanya proses pengendapan dalam air yang dipengaruhi pola arus pasang surut dan kandungan logam berat menunjukkan distribusi yang seragam.</p>	<p>pencemar Pb melalui aktivitas kapal dan diperkirakan masih terjadi transfer logam berat yang berada dalam sedimen sebagai akumulasi saat pelabuhan masih beroperasi dulu. Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa konsentrasi logam Pb pada air laut dan sedimen berkorelasi lemah positif sedangkan Cu berkorelasi sangat lemah negatif.</p> <p><b>7. Kesimpulan:</b> Logam Pb dan Cu pada sedimen lebih tinggi dibanding air laut karena dipengaruhi sirkulasi pasang surut dan arus. Kawasan pesisir Buton dapat dikategorikan sebagai kawasan belum tercemar.</p>	<p>dan mengendap di dasar perairan kemudian bersatu dengan sedimen dan adanya perpindahan konsentrasi logam berat ke dalam tubuh ikan merah yang hidup di sekitar perairan yang telah tercemar menyebabkan logam berat dalam air cenderung lebih rendah yang juga dipengaruhi oleh arus dan gelombang.</p> <p><b>7. Kesimpulan:</b> Distribusi logam berat Pb di sekitar pelabuhan Parepare paling banyak terdapat dalam sedimen kemudian ikan merah dan paling sedikit dalam air laut.</p>
--	---	---

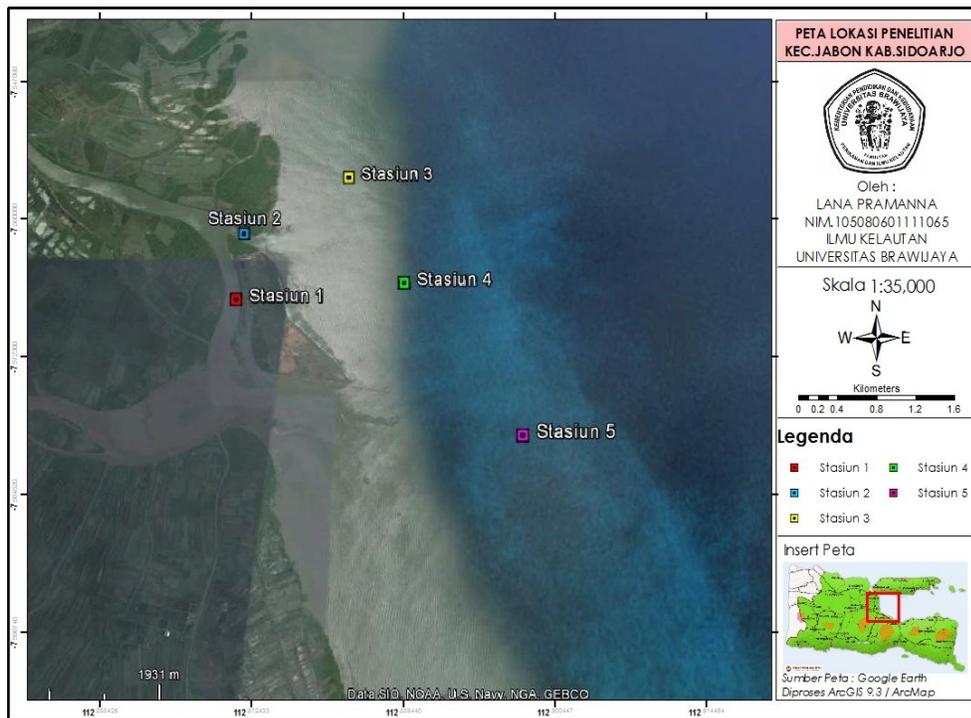
**Terkait dengan Penelitian:**

Adanya peningkatan jumlah industri yang membuang limbah padat, cair maupun gas ke perairan dapat menyebabkan terjadinya pencemaran logam berat. Begitu juga dengan perkembangan industri yang pesat di Kabupaten Sidoarjo yang membuang limbah industri ke aliran Sungai Porong. Pesisir Jabon merupakan tempat berakhirnya aliran Sungai Porong sehingga diduga terjadi pencemaran logam berat di kawasan ini. Logam berat yang masuk ke perairan akan mengalami pengendapan, pengendapan dan dispersi dan akan terakumulasi ke dalam sedimen. Logam berat juga dapat mengalami perpindahan konsentrasi ke dalam tubuh biota yang hidup di sekitar perairan yang telah tercemar. Biota yang banyak ditemukan di Pesisir Jabon adalah golongan bivalvia yaitu kupang putih (*Corbula faba*). Penelitian ini menjelaskan mengenai distribusi logam berat pada air laut, sedimen dan kupang putih (*Corbula faba*).

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan sebanyak dua kali yaitu pada bulan Agustus 2013 bersamaan dengan Praktek Kerja Lapang dan bulan April 2014 di pesisir Jabon, Sidoarjo. Analisis kandungan logam berat pada sampel dilaksanakan di Laboratorium Dinas Jasa Tirta, Malang. Lokasi penelitian dibagi menjadi 5 titik stasiun berdasarkan kondisi perairan yang ada di wilayah pesisir Kecamatan Jabon, Sidoarjo. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta Stasiun Pengamatan

#### 3.2 Materi Penelitian

Materi yang digunakan pada penelitian ini adalah air laut, sedimen dan kupang putih (*Corbula faba*) untuk mengetahui nilai konsentrasi logam berat (As, Cd, Cr dan Ni) di Pesisir Jabon, Kabupaten Sidoarjo.

### 3.3 Teknik Pengambilan Data

Dalam penelitian ini, jenis pengumpulan dan sumber data dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu data primer dan sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara mencatat hasil observasi dan dokumentasi, sedangkan data sekunder diperoleh dari literatur penunjang.

#### 3.3.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dengan mengamati keadaan di lapang. Data primer yang diambil terdiri dari 3 macam yaitu parameter logam berat meliputi logam berat arsen (As), kadmium (Cd), kromium (Cr) dan nikel (Ni); parameter fisika meliputi suhu, kecepatan arus, kecerahan dan TSS (*Total Suspended Solid*); dan parameter kimia meliputi pH, salinitas, DO (*Dissolved Oxygen*) dan BOD (*Biological Oxygen Demand*) yang akan dilakukan secara *in-situ* dan *ex-situ*. Pengambilan data primer dilaksanakan sebanyak dua kali yaitu pada Agustus 2013 ketika Praktek Kerja Lapang dan April 2014.

Pengambilan data yang dilakukan secara *in-situ* adalah parameter fisika meliputi suhu perairan dengan menggunakan termometer digital, kecepatan arus dengan menggunakan *current meter*, kecerahan dengan menggunakan *sechii disk* dan parameter kimia meliputi pH dengan menggunakan pH meter, salinitas dengan menggunakan salinometer dan kadar oksigen terlarut dengan menggunakan DO meter. Pada pengambilan data secara *in-situ* ini dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali dengan selang waktu 10 menit. Pengambilan data yang dilakukan secara *ex-situ* adalah parameter logam berat dengan mengambil sampel air laut, sedimen dan kupang putih (*Corbula faba*), parameter fisika yaitu TSS (*Total Suspended Solid*) dan parameter kimia yaitu BOD (*Biological Oxygen Demand*) dengan mengambil sampel air laut .

### 3.3.1.1 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel yang dilakukan pada penelitian ini meliputi sampel air untuk data parameter logam berat, parameter fisika dan parameter kimia, serta pengambilan sampel sedimen dan kupang putih (*Corbula faba*) untuk data parameter logam berat.

Pengambilan data untuk mengetahui konsentrasi logam berat, parameter fisika dan parameter kimia meliputi pengambilan sampel air laut, sedimen dan kupang putih (*Corbula faba*). Pengambilan sampel dimulai pada pukul 07.30-15.00 WIB. Pengambilan sampel air laut dilakukan secara komposit untuk mendapatkan perwakilan sampel pada tiap pengulangan yang diambil. Pengambilan sampel dilakukan pada kedalaman  $\pm 5$  cm menggunakan botol *polyetilen* 500 ml sebanyak 3 kali pengulangan dengan selang waktu 10 menit kemudian dikomposit pada botol *polyetilen* 1 liter. Pengambilan sampel sedimen dilakukan sebanyak 1 kali menggunakan ekman grab untuk mendapatkan sedimen permukaan dengan kedalaman pengambilan sampling  $\pm 30$  cm dari permukaan sedimen sebanyak  $\pm 500$  gram. Pengambilan sampel kupang putih (*Corbula faba*) dilakukan sebanyak 1 kali menggunakan jaring sebanyak  $\pm 250$  gram.

### 3.3.1.2 Dokumentasi

Dokumentasi dapat diartikan sebagai catatan peristiwa yang sudah berlalu. Tulisan, gambar, atau karya-karya monumental dari seseorang merupakan bentuk dari dokumen (Sugiyono, 2010). Dokumentasi sangat penting dikarenakan sebagai pemberi bukti dan pemberi keterangan dalam sebuah penelitian.

Dalam penelitian ini menggunakan dokumentasi berupa pengambilan gambar dari perairan tiap stasiun pengamatan, pengukuran parameter secara *in*

situ di stasiun pengamatan dan pengambilan sampel air laut, sedimen dan kupang putih (*Corbula faba*) di stasiun pengamatan.

### 3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang telah lebih dahulu dikumpulkan dan dilaporkan oleh orang di luar dari penyelidik sendiri, walaupun yang dikumpulkan itu sesungguhnya adalah data asli. Sumber sekunder berisi data dari tangan ke dua atau dari tangan ke sekian, yang bagi penyelidik tidak mungkin berisi data yang seasli sumber data primer (Surakhmad, 1985).

Pada penelitian ini, data sekunder diperoleh dengan cara studi literatur dari buku-buku yang berhubungan dengan distribusi logam berat, jurnal-jurnal dari penelitian sebelumnya tentang distribusi logam berat pada air laut dan kupang putih dibandingkan dengan Standart Baku Mutu Lingkungan Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Lampiran III tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Biota Laut sedangkan konsentrasi logam berat pada sedimen dibandingkan dengan standar *International Association of Dredging Companies (IADC)* Tahun 1997. Terdapat data tentang keadaan oseanografi seperti angin, gelombang, arus dan pasang surut pada 5 titik stasiun pengamatan di Pesisir Jabon saat pelaksanaan penelitian yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Perak II Surabaya dan data tentang industri di Kabupaten Sidoarjo, khususnya Kecamatan Jabon serta informasi mengenai ketersediaan *Water Treatment Plan (WTP)* dari masing-masing industri tersebut yang diperoleh dari Badan Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Timur.

### 3.4 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.4.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini baik pengambilan sampel di lapangan maupun analisis di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian

LAPANGAN			
No	Alat	Merk	Fungsi
1.	Global Positioning Sistem (GPS)	Garmin 76CSx	Menentukan titik koordinat lokasi pengamatan
2.	Botol Polyetilen	-	Wadah sampel air
3.	Cool box	-	Wadah sementara penyimpanan sampel
4.	Termometer digital	DEKO	Mengukur suhu perairan
5.	Secchi disk	-	Mengukur kecerahan perairan
6.	Roll meter	-	Mengukur panjang tali <i>secchi disk</i> pada kedalaman D1 dan D2
7.	pH meter	EUTECH	Mengukur pH perairan
8.	Salinometer	ATAGO PAL-06S	Mengukur salinitas perairan
9.	DO meter	LUTRON DO-5510	Mengukur kadar oksigen terlarut dalam perairan
10.	Washing bottle	-	Wadah aquades
11.	Ember 5 liter	Lion Star	Wadah mencampur sampel untuk dikomposit
12.	Beaker glass	Pyrex	Wadah air sampel sementara untuk pengukuran pH dan salinitas
13.	Pipet tetes	-	Mengambil sampel air laut dalam skala 1 ml
14.	Ekman grab	Pylov	Mengambil sampel sedimen
15.	Nampan	Lion Star	Wadah sampel sedimen sementara
16.	Cetok	-	Memindahkan sampel sedimen dari nampan ke plastic
17.	Jaring	-	Mengambil sampel kupang putih ( <i>Corbula faba</i> )
18.	Alat tulis	-	Mencatat hasil pengukuran <i>in situ</i>
19.	Kamera digital	Sony Cybershot W570	Mendokumentasikan kegiatan penelitian
20.	Current meter	Flowatch FL-03	Mengukur kecepatan arus
LABORATORIUM			
No.	Alat	Merk	Fungsi
1.	Timbangan analitik	Degthon	Mengukur massa sampel/bahan maks. 500 gram

2.	Gelas ukur 50 ml	Pyrex	Mengukur volume sampel yang telah dilarutkan
3.	Oven	Maspion	Memanaskan kertas saring, mengeringkan sampel sedimen dan kupang
4.	AAS (Atomic Absorption Spectrophotometry)	Philips PU-9100 X	Mengukur konsentrasi logam berdasarkan pada penyerapan absorpsi radiasi oleh atom bebas
5.	Kompresor	-	Mensuplai kebutuhan udara saat pembakaran atom
6.	Erlenmeyer	Pyrex	Wadah air suling dsn mereaksikan larutan kimia dengan sampel
7.	Labu ukur 100 ml	Pyrex	Mengukur volume sampel yang akan dilarutkan dan wadah sampel setelah dipanaskan
8.	Hotplate	Brodhet	Memanaskan sampel
9.	Gelas Piala 500 ml	Pyrex	Mereaksikan sampel dengan beberapa larutan pelarut
10.	Beaker Glass 100 ml	Pyrex	Mengukur aquadest yang akan digunakan
11.	Pipet tetes	-	Mengambil sampel dalam skala 1 ml
12.	Cuvet	-	Wadah sementara sampel
13.	Spatula	-	Menghomogenkan larutan
14.	Mortar dan Alu	-	Menghaluskan sampel sedimen dan kupang
15.	Mikro pipet	-	Mengambil larutan dalam skala 10 $\mu$ l
16.	HVG ( <i>Hydrde Vapour Generator</i> )	Philips PU-9100 X	Mengikat logam berat dengan uap dingin
17.	Komputer	LG PT 10SX	Mengubah nilai absorban menjadi nilai konsentrasi logam berat

### 3.4.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini baik pengambilan sampel di lapangan maupun analisis di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian

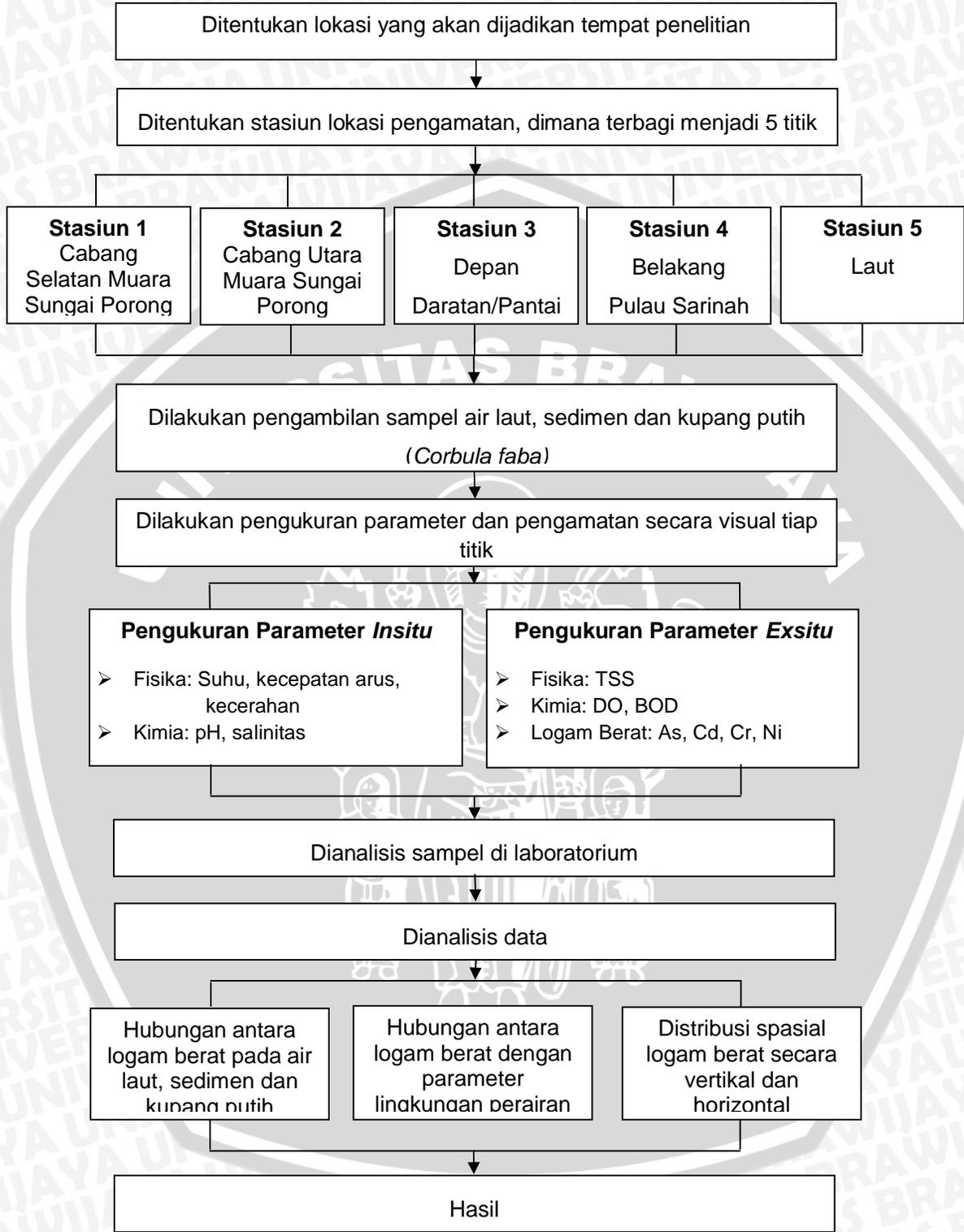
LAPANGAN		
No.	Bahan	Fungsi
1.	Sampel (air laut, sedimen, kupang putih)	Sampel yang akan diukur kandungan logam beratnya
2.	Aquadest	Mengkalibrasi alat sebelum digunakan
3.	Spidol permanen	Menulis identitas sampel
4.	Kertas label dan isolasi	Memberi tanda pada botol <i>polyetilen</i> dan plastik
5.	Kantung plastik 1 liter dan kantung plastic flip	Wadah sampel sedimen dan kupang putih ( <i>Corbula faba</i> )

6.	Tisu	Membersihkan alat setelah digunakan
7.	Karet gelang	Menandai tali pada <i>secchi disk</i>
8.	Es balok	Pengawetan sampel sementara
<b>LABORATORIUM</b>		
1.	Sampel (air laut, sedimen, kupang putih)	Sampel yang akan diukur kandungan logam beratnya
2.	Gas AAS (Argon, <i>Nitrous Oxide</i> , <i>Syntethic Air</i> )	Pengoperasian AAS
3.	Aquades	Mengkalibrasi alat sebelum digunakan
4.	Kertas saring 0,45 $\mu\text{m}$	Menyaring sampel air laut yang akan diukur TSS dan kadar logamnya

### 3.5 Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dari survey, penentuan titik stasiun, pengambilan sampel dan analisis data. Langkah – langkah prosedur penelitian secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 7.





Gambar 7. Langkah – langkah prosedur penelitian

### 3.5.1 Survey Lapangan

Survey lapangan dilakukan sebelum melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui kondisi lingkungan sekitar dan penentuan stasiun pengambilan sampel. Pemilihan lokasi penelitian di wilayah pesisir Kecamatan Jabon, Sidoarjo karena perairan ini merupakan Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas yang panjang dan diduga membawa banyak polutan dari berbagai aliran sungai. sebelumnya serta banyaknya industri yang menghasilkan logam berat baik dalam produksinya maupun hasil sampingan (limbah) yang masuk ke badan perairan sehingga ada indikasi penurunan kualitas perairan.

### 3.5.2 Penentuan Stasiun Pengamatan

Penentuan stasiun pengamatan didasarkan pada hasil survey dengan menggunakan *Global Positioning Systems* (GPS). Stasiun pengamatan dibagi menjadi 5 titik stasiun. Titik koordinat stasiun pengamatan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Titik koordinat stasiun pengamatan

Stasiun	Titik Koordinat		Lokasi
	S	E	
1	07°34'14.59"	112°52'15.06"	Cabang Selatan Muara Sungai Porong
2	07°33'52.12"	112°52'15.86"	Cabang Utara Muara Sungai Porong
3	07°33'25.3"	112°52'87.7"	Depan Daratan/ Pantai
4	07°34'9.02"	112°53'10.76"	Belakang Pulau Sarinah
5	07°34'57.5"	112°53'49.1"	Laut

Kriteria pemilihan dari 5 titik stasiun pengamatan di Pesisir Jabon, Kabupaten Sidoarjo yaitu:

#### 1. Stasiun 1

Stasiun 1 terletak di bagian Muara Sungai Porong sebelah kanan atau wilayah aliran sungai yang berbelok ke arah selatan Muara Sungai Porong. Muara berhubungan langsung dengan laut sehingga memiliki sifat yang dinamis dan merupakan daerah transisi antara air tawar dan air laut, muara juga sangat

dipengaruhi oleh pasang surut sehingga memiliki salinitas yang rendah. Aliran air di stasiun ini berasal dari stasiun 2 yang terletak di sebelah utara. Di sekitar stasiun 1 ini terdapat mangrove yang berfungsi untuk mendegradasi polutan sebelum dialirkan ke laut. Sehingga diduga pada stasiun ini terjadi akumulasi logam berat. Penentuan stasiun ini bertujuan untuk mengetahui distribusi logam berat pada Muara Sungai Porong sebelum dialirkan ke laut.

## 2. Stasiun 2

Stasiun 2 merupakan percabangan sebelah kiri dari Muara atau wilayah aliran sungai yang berbelok ke arah utara Muara Sungai Porong. Letak stasiun 1 dan 2 ini dipisahkan oleh ujung Pulau Sarinah yang merupakan sedimentasi dari lumpur Lapindo. Stasiun 2 juga merupakan muara dari aliran Sungai Porong yang dipengaruhi oleh berbagai aktivitas antropogenik seperti penambangan pasir, pengerukan tanggul sungai, pembuangan lumpur, pengerukan untuk reklamasi pantai, limbah industri, aktivitas kapal, memancing dan limbah domestik dari pemukiman sekitar. Sehingga diduga pada stasiun ini terjadi akumulasi logam berat.

## 3. Stasiun 3

Stasiun 3 berada di depan daratan/pantai yang merupakan daerah yang dipengaruhi oleh berbagai proses oseanografi secara terus-menerus seperti arus, gelombang dan pasang surut yang berperan penting distribusi polutan termasuk logam berat. Alasan tersebut yang menjadikan stasiun ini penting untuk diteliti.

#### 4. Stasiun 4

Stasiun 4 berada di belakang Pulau Sarinah yang merupakan perbatasan antara muara dan laut. Stasiun ini dipengaruhi oleh limbah domestik dari Pulau Sarinah dan pemukiman sekitar, masukan air dari muara Sungai Porong dari berbagai aktivitas, adanya aktivitas kapal, nelayan mencari kupang dan kegiatan budidaya seperti keramba jaring apung yang diduga mengandung logam berat. Pulau Sarinah merupakan daratan yang terbentuk akibat adanya proses sedimentasi dari pembuangan lumpur Lapindo yang digunakan sebagai wilayah untuk konservasi mangrove. Penentuan stasiun ini bertujuan untuk mengetahui distribusi logam berat di daerah perbatasan antara muara dan laut.

#### 5. Stasiun 5

Stasiun 5 disebut juga sebagai stasiun kontrol berada di laut karena laut merupakan tempat bermuaranya semua sungai sehingga dapat diketahui bagaimana kualitas air akibat berbagai sumber pencemaran yang terakumulasi di laut. Selain itu, laut juga merupakan *dumping site* (tempat akumulasi dari toksisitas logam berat).

#### 3.6 Metode Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dalam penelitian ini dilaksanakan sebanyak dua kali yaitu pada bulan Agustus 2013 bersamaan dengan Praktek Kerja Lapangan dan bulan April 2014 mulai pukul 07.30-15.00 WIB dari arah laut ke Muara Sungai Porong (melawan aliran air) karena diasumsikan tidak terjadi pengambilan sampel air yang sama karena aliran sungai mengarah ke laut. Pengambilan data untuk mengetahui konsentrasi logam berat, parameter fisika dan kimia dilakukan secara *in-situ* dan *ex-situ*. Pengambilan data yang dilakukan secara *in-situ* adalah konsentrasi parameter fisika meliputi suhu, kecepatan arus, kecerahan

dan konsentrasi parameter kimia meliputi pH, salinitas dan DO. Pengukuran ini dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali dengan selang waktu 10 menit. Pengambilan data yang dilakukan secara *ex-situ* adalah konsentrasi logam berat dengan mengambil sampel air laut, sedimen dan kupang putih (*Corbula faba*) serta TSS dan BOD dengan mengambil sampel air laut .

### 3.6.1 Sampel Air Laut

Pengambilan sampel air laut dilakukan secara komposit untuk mendapatkan perwakilan sampel pada tiap pengulangan yang diambil sebanyak 3 kali pengulangan dengan selang waktu 10 menit dengan menggunakan botol *polyetilen* 500 ml kemudian dikomposit pada botol *polyetilen* 1 liter. 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 dikeringkan. Setelah kering, dimasukkan aquades untuk mensterilkan botol *polyetilen*. Setelah itu, botol *polyetilen* dikeringkan kemudian ditutup dan diberi label dengan menggunakan kertas label dan diisolasi agar label tidak rusak terkena air laut.

Botol *polyetilen* yang digunakan terdiri dari 3 botol *polyetilen* 500 ml untuk pengulangan dan 1 botol *polyetilen* 1 liter untuk 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 dan dikomposit dengan menggunakan botol *polyetilen* 1 liter. Sampel air laut dipisahkan dalam dua botol *polyetilen* berbeda untuk pengukuran parameter lingkungan dan logam berat. Sampel air laut untuk pengukuran logam berat ditambahkan 3-5 tetes  $\text{HNO}_3$  yang bertujuan untuk mengikat logam berat yang ada di sampel air laut.

Setelah diperoleh sampel air laut, sampel diawetkan 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 secara visual terhadap kondisi perairan dan dicatat hasilnya. Pengambilan sampel air laut ini dilakukan dengan prosedur yang sama pada setiap lokasi stasiun pengamatan.

### 3.6.2 Sampel Sedimen

Tahapan yang dilakukan untuk mendapatkan sampel sedimen adalah persiapan alat dan bahan dan pengambilan sampel.

Pertama disiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk pengambilan sampel sedimen permukaan. Kemudian diberi label kantong plastik 1 kg dengan menggunakan kertas label dan diisolasi agar label tidak rusak terkena air laut. Misalkan untuk stasiun 1 adalah Sedimen S1, untuk stasiun 2 adalah Sedimen S2 dan seterusnya.

Pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan menggunakan ekman grab. Sampel sedimen yang diambil merupakan sedimen permukaan dengan kedalaman hingga 15-20 cm karena partikel sedimen permukaan berukuran kurang dari 63  $\mu\text{m}$  sehingga dapat lebih banyak mengakumulasi zat-zat pencemar dibandingkan dengan partikel yang berukuran lebih besar. Oleh karena itu, sedimen tersebut dapat dijadikan sebagai prioritas dalam melihat kualitas perairan.

Langkah-langkah pengambilan sampel sedimen yaitu disiapkan ekman grab lengkap dengan tali serta mesenggernya. Lalu dibuka katup bawah ekman grab dan kaitkan kawat katup pada tuas yang ada di bagian atas ekman grab. Selanjutnya dimasukkan ekman grab perlahan dalam air sampai di dasar perairan. Lalu dilepaskan mesenggernya dan katup ekman grab akan tertutup. Diangkat ekman grab ke permukaan secara perlahan dan dikeluarkan sedimen melalui katup atas di nampun. Kemudian diambil sedimen dengan cetok, dimasukkan ke kantong plastik sesuai dengan labelnya sebanyak  $\pm 500$  gram dan diikat dengan karet gelang. Sampel sedimen ditambahkan 3-5 tetes  $\text{HNO}_3$  yang bertujuan untuk mengikat logam berat yang ada di sampel sedimen.

Setelah diperoleh sampel sedimen, sampel diawetkan 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. Pengambilan sampel sedimen ini dilakukan dengan prosedur yang sama pada setiap lokasi stasiun pengamatan.

### 3.6.3 Sampel Kupang Putih (*Corbula faba*)

Tahapan yang dilakukan untuk mendapatkan sampel kupang putih (*Corbula faba*) adalah persiapan alat dan bahan dan pengambilan sampel.

Pertama disiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk pengambilan sampel kupang putih (*Corbula faba*) yaitu jarring dan kantong plastik. Kemudian diberi label kantong plastik dengan menggunakan kertas label dan diisolasi agar label tidak rusak terkena air laut. Misalkan untuk stasiun 1 adalah Kupang S1, untuk stasiun 2 adalah Kupang S2 dan seterusnya.

Pengambilan sampel kupang putih (*Corbula faba*) dilakukan dengan menggunakan jaring. Langkah-langkah pengambilan sampel kupang putih (*Corbula faba*) yaitu jaring dimasukkan ke dasar perairan kemudian dipisahkan dengan sedimen. Kupang putih (*Corbula faba*) yang tersaring dimasukkan ke kantong plastik sesuai dengan labelnya dan direkatkan klipnya. Sampel kupang putih ditambahkan 3-5 tetes  $\text{HNO}_3$  yang bertujuan untuk mengikat logam berat yang ada di sampel.

Setelah diperoleh sampel kupang putih, sampel diawetkan 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. Pengambilan sampel kupang putih ini dilakukan dengan prosedur yang sama pada setiap lokasi stasiun pengamatan.

### **3.7 Metode Analisis Sampel**

#### **3.7.1 Sampel Air Laut**

Analisis konsentrasi logam berat menggunakan metode flame uji nyala dengan AAS. Sebelum dianalisis, dilakukan preparasi sampel agar dapat dilakukan pengukuran dengan AAS. Preparasi menggunakan metode destruksi yaitu menambahkan basa dengan asam hingga volume sampel 100 ml. Metode destruksi berfungsi untuk mengetahui unsure logam secara total baik itu cairan maupun padatnya. Diambil 100 ml sampel air laut kemudian ditambahkan 1 ml

asam nitrat untuk pengawetan dan melarutkan sampel. Dipanaskan hingga volume sampel kurang lebih 10 ml. ditambahkan aquades pada labu ukur hingga 100 ml. Hasil preparasi inilah yang akan diukur konsentrasi logam beratnya pada AAS.

### 3.7.2 Sampel Sedimen

Setiap sampel memiliki cara preparasi yang berbeda-beda. Preparasi untuk sampel sedimen dilakukan dengan cara dikeringkan sedimen. Ditimbang sedimen seberat 5 gram. Sedimen dimasukkan ke beaker glass kemudian ditambahkan 10 ml  $\text{HNO}_3$  pekat dan aquades hingga volume larutan menjadi 100 ml. dipanaskan sampai kira-kira 20 ml. Jika masih terdapat padatan, maka diulangi lagi sampai tidak ada padatan. Bila padatan sudah tidak ada, sampel dimasukkan ke labu ukur 100 ml dan ditambahkan aquades sampai tanda batas. Sampel dimasukkan dalam cuvet kemudian diukur pada AAS.

### 3.7.3 Sampel Kupang Putih (*Corbula faba*)

Preparasi sampel kupang putih yaitu dikupas cangkangnya. Sampel kupang putih dioven selama 45 menit pada suhu  $121^\circ\text{C}$  lalu dihaluskan. Ditambahkan  $\text{HNO}_3$  pekat dan dimasukkan ke dalam gelas piala dengan volume 50 ml. Ditambahkan  $\text{HNO}_3$  5 ml, lalu dipanaskan hingga volumenya menjadi 15-20 ml. Ditambahkan lagi  $\text{HNO}_3$  sebanyak 5 ml, lalu dipanaskan hingga terbentuk endapan putih. Ditambahkan 2 ml  $\text{HNO}_3$  pekat dan panaskan selama 10 menit. Sampel dimasukkan dalam cuvet kemudian diukur pada AAS.

### 3.8 Analisis Data

#### 3.8.1 Perbandingan dengan Baku Mutu

Hasil data dari parameter fisika, kimia dan konsentrasi logam berat akan dibandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Hasil perbandingan data dengan baku mutu digunakan untuk mengetahui kualitas perairan di Pesisir Jabon. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, baku mutu air adalah suatu ukuran batas atau kadar dari makhluk hidup, zat, energi ataupun komponen yang didalam air terdapat unsur pencemar. Baku mutu yang digunakan sebagai pembanding terdiri dari:

1. Standard Baku Mutu Lingkungan Menurut Kepmen Lingkungan Hidup no. 51 Tahun 2004 Lampiran II tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Wisata Bahari digunakan sebagai pembanding hasil data nilai parameter fisika, kimia dan konsentrasi logam berat pada air laut.
2. Standar *International Association of Dredging Companies (IADC)* Tahun 1997 digunakan sebagai pembanding hasil data nilai konsentrasi logam berat pada sedimen.
3. Standard Baku Mutu Lingkungan Menurut Kepmen Lingkungan Hidup no. 51 Tahun 2004 Lampiran III tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Biota Laut sebagai pembanding hasil data nilai konsentrasi logam berat pada kupang putih (*Corbula faba*).

#### 3.8.2 Analisis Korelasi

Menurut Usman dan Akbar (1995), korelasi hanya menunjukkan sekedar hubungan, seberapa erat hubungan antar 2 variabel tersebut. Nilai koefisien korelasi atau nilai  $r$  dan intepretasinya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai koefisien korelasi (r) dan interpretasi

r	Interpretasi
0	Tidak berkorelasi
0,01 - 0,20	Sangat rendah
0,21 - 0,40	Rendah
0,41 - 0,60	Agak rendah
0,61 - 0,80	Cukup
0,81 - 0,90	Tinggi
1	Sangat tinggi

Dalam penelitian ini, terdapat 3 hubungan dari variabel yang akan diuji yaitu air laut-kupang putih, sedimen-kupang putih, dan air laut-sedimen. sehingga digunakan analisis korelasi untuk mengetahui apakah antara variabel-variabel di atas saling berhubungan atau tidak antara satu sama lain dilihat dari nilai r dan nilai signifikansi yang terbentuk. Nilai r apabila mendekati 1 maka ada hubungan yang sangat tinggi antara dua variabel yang diuji. Nilai signifikansi yang terbentuk apabila ( $< 0,05$ ) maka dapat disimpulkan adanya hubungan antara dua variabel tersebut. Analisis korelasi dilakukan dengan menggunakan software SPSS 16.0.

Sebelum melakukan analisis korelasi, sebaiknya dilakukan uji normalitas terlebih dahulu dilakukan dengan menggunakan software SPSS 16.0. Uji normalitas ini bertujuan untuk mengetahui distribusi data dalam variabel yang akan digunakan dalam penelitian. Data yang baik dan layak digunakan dalam penelitian adalah data yang memiliki distribusi normal. Normalitas data dapat dilihat dengan menggunakan uji Normal Kolmogoro-Smirnov. Pengambilan keputusan dari uji normalitas adalah jika  $\text{Sig} > 0,05$  maka data berdistribusi normal dan jika  $\text{Sig} < 0,05$  maka data tidak berdistribusi normal (Sujarweni, 2014). Apabila data berdistribusi normal maka dilanjutkan dengan analisis korelasi Pearson, sedangkan apabila data berdistribusi tidak normal maka dilanjutkan dengan analisis korelasi Spearman.

### 3.8.3 Analisis Pengelompokan (*Clustering Analysis*)

Analisis pengelompokan (*Clustering analysis*) adalah salah satu metode statistik yang berperan untuk mengelompokkan suatu variabel penelitian yang memiliki kedekatan atau kesamaan karakteristik. Dalam analisis ini, digunakan metode hierarki yaitu teknik pengelompokan yang membentuk suatu konstruksi atau kelompok tertentu dan akan menghasilkan suatu dendogram. Dendogram ini dapat menunjukkan hasil analisis clustering dengan melihat anggota kelompok yang ada pada tiap cluster (Santoso, 2010).

Pada penelitian ini, analisis clustering akan digunakan untuk mengelompokkan konsentrasi logam berat arsen, kadmium, kromium dan nikel pada air, sedimen dan kupang putih dari 5 stasiun, konsentrasi parameter lingkungan dari 5 stasiun dan gabungan antara konsentrasi logam berat pada air, sedimen dan kupang putih dengan parameter lingkungan dari 5 stasiun. Hasil cluster akan menunjukkan kesamaan karakteristik berdasarkan jarak *similarity* yang terdapat pada dendogram. dan saling berpengaruh satu sama lain. Semakin kecil jarak *similarity* antar stasiun menunjukkan bahwa stasiun tersebut memiliki karakteristik yang hampir sama/mirip. Analisis clustering dilakukan dengan menggunakan software SPSS 16.0.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Sidoarjo merupakan sebuah delta yang diapit oleh dua sungai besar yaitu Sungai Surabaya dan Sungai Porong (Rochmana, 2012). Kabupaten Sidoarjo beriklim tropis dengan 2 musim yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Musim kemarau berkisar antara bulan Mei sampai September dan musim penghujan berkisar di bulan Oktober sampai April. Kabupaten Sidoarjo memiliki suhu udara berkisar antara 20°C hingga 35°C, suhu ini relatif tinggi karena dipengaruhi oleh letak daerah yang berada di pesisir (BMKG, 2011).

Salah satu pesisir di kabupaten Sidoarjo adalah Jabon. Dilihat dari keberadaannya, Pesisir Jabon merupakan tempat berakhirnya aliran Sungai Porong (Mardika, 2013). Sungai ini merupakan anak sungai dari DAS Brantas dan mengalir di sepanjang Kabupaten Sidoarjo (Putra, 2013). Sungai Brantas merupakan wilayah sungai terbesar kedua di Pulau Jawa, terletak di Propinsi Jawa Timur dan berada dalam wilayah administrasi 9 Kabupaten dan 6 Kota, yaitu Kab. Nganjuk, Kab. Tulungagung, Kab. Malang, Kab. Blitar, Kab. Sidoarjo, Kab. Mojokerto, Kab. Jombang, Kab. Probolinggo, Kab. Lumajang, Kota Surabaya, Kota Sidoarjo, Kota Malang, Kota Blitar, Kota Kediri, dan Kota Pasuruan. DAS brantas terdiri dari 6 Sub DAS dan 32 basin block, mempunyai panjang  $\pm 320$  km dan memiliki luas wilayah sungai  $\pm 11.988$  km<sup>2</sup> yang mencakup  $\pm 25\%$  luas Propinsi Jawa Timur atau  $\pm 9\%$  luas Pulau Jawa (PPE, 2010).

Sungai Porong merupakan salah satu sungai besar yang membelah Kabupaten Sidoarjo dengan panjang kurang lebih 70 km. Hilir Sungai Porong memiliki lebar 100-150 meter dan muara yang memiliki 2 percabangan sungai. Sungai Porong memiliki debit air tawar yang berbeda pada saat musim kemarau

dan musim penghujan. Pada musim kemarau debit air tawar yang masuk ke Sungai Porong lebih kecil yaitu hanya 5-10 m<sup>3</sup>/s, sedangkan pada musim penghujan berkisar 400 m<sup>3</sup>/s dan memiliki rata-rata 200 m<sup>3</sup>/s (Brahmana, 2007).

Penelitian ini dilakukan sebanyak dua kali yaitu pada Agustus 2013 dan April 2014. Saat melakukan sampling pada April 2014, keadaan gelombang air laut sangat berbeda dengan Agustus 2013, dimana keadaan gelombang air laut cukup besar dan debit air didominasi oleh air tawar. Hal ini disebabkan pada April 2014 merupakan musim penghujan sehingga debit air tawar yang berasal dari sungai cukup besar dibandingkan dengan musim kemarau pada Agustus 2013.

#### **4.2 Data Hasil Pengamatan Parameter Lingkungan**

Data parameter lingkungan yang diambil terdiri dari parameter fisika dan parameter kimia. Pengukuran parameter dilakukan secara *in-situ* dan *ex-situ*. Hasil pengukuran rata-rata parameter fisika dan parameter kimia dibandingkan dengan Standart Baku Mutu Lingkungan Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Lampiran II tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Wisata Bahari dan Lampiran III tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Biota Laut.

##### **4.2.1 Parameter Fisika**

Data hasil pengamatan parameter fisika dapat dilihat pada Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7. Data Hasil Pengamatan Parameter Fisika dan Perbandingan Dengan Standart Baku Mutu Lingkungan

Stasiun	Parameter Fisika							
	Agustus 2013				April 2014			
	Suhu (°C)	Kec.Arus (m/s)	Kecerahan (cm)	TSS (mg/L)	Suhu (°C)	Kec.Arus (m/s)	Kecerahan (cm)	TSS (mg/L)
1	33,1±0,64*	0,2±0	56,83±7,59 <sup>#</sup>	31,6	32,2±0,35	0,5±0	6,43±0,81 <sup>#</sup>	63,8
2	32,2±0,6	0,1±0*	57,33±2,75 <sup>#</sup>	45	31,3±0,31	0,93±0,06*	7,67±1,76 <sup>#</sup>	50,1
3	31±0,38	0,1±0*	24,17±3,21 <sup>#</sup>	104,5*	31,3±0,46	0,5±0	3,77±0,7 <sup>#</sup>	127,5*
4	31,1±0,83	0,13±0,06*	70,83±11,77 <sup>#</sup>	63	31,4±0,56	0,2±0	18,17±1,26 <sup>#</sup>	25,7
5	31±0,32	0,25±0,07	28,33±5,51 <sup>#</sup>	167,6*	32,3±0,46	0,83±0,06*	9,5±0,5 <sup>#</sup>	189,4*
Baku Mutu Lampiran II (Wisata Bahari)	Alami <sup>(a)</sup>	-	> 6 m <sup>(b)</sup>	20	Alami <sup>(a)</sup>	-	> 6 m <sup>(b)</sup>	20
Baku Mutu Lampiran III (Biota Laut)	Alami <sup>(a)</sup>	-	-	80	Alami <sup>(a)</sup>	-	-	80

Sumber : Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Lampiran II tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Wisata Bahari dan Lampiran III tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Biota Laut.

Keterangan :

- \* : Di atas baku mutu perairan laut
- # : Di bawah baku mutu perairan laut
- a : Alami adalah kondisi normal suatu lingkungan, bervariasi setiap saat (siang, malam dan musim).
- b : Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <10% kedalaman *euphotic*.
- c : Referensi Lain: 1. Menurut Nybakken (1988), suhu perairan berkisar antara 28-32 °C  
2. Menurut Mayunar, *et al* (1995), kecepatan arus laut berkisar antara 0,2-0,5 m/s  
3. Menurut Wanri (2008), kecerahan untuk biota laut berkisar antara > 5 m

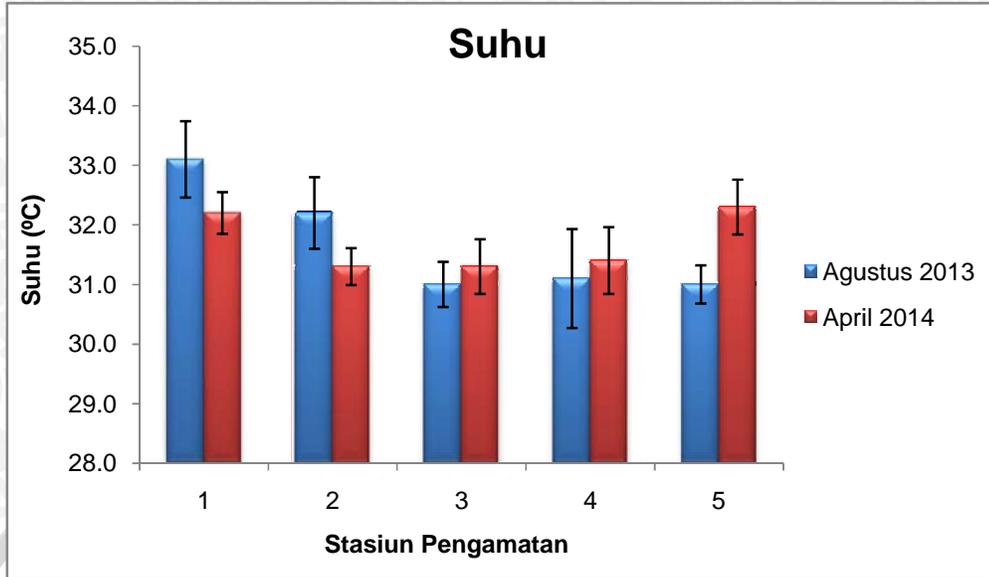
#### 4.2.1.1 Suhu

Suhu perairan dekat pantai biasanya lebih tinggi dibandingkan dengan suhu di lepas pantai. Faktor yang mempengaruhi suhu perairan adalah radiasi matahari, posisi matahari, letak geografis, kondisi awan, serta proses interaksi antara air dan udara seperti alih panas (*heat*), penguapan, dan hembusan angin (Dahuri, 2008).

Hasil pengukuran suhu pada Agustus 2013 adalah stasiun 1 sebesar 33.13 °C dengan standar deviasi 0.65, stasiun 2 sebesar 32.17 °C dengan standar deviasi 0.60, stasiun 3 sebesar 30.97 °C dengan standar deviasi 0.38, stasiun 4 sebesar 31.07 °C dengan standar deviasi 0.83 dan stasiun 5 sebesar 31.03 °C dengan standar deviasi 0.32.

Hasil pengukuran suhu pada April 2014 adalah stasiun 1 sebesar 32.2 °C dengan standar deviasi 0.35, stasiun 2 sebesar 31.3 °C dengan standar deviasi 0.31, stasiun 3 sebesar 31.3 °C dengan standar deviasi 0.46, stasiun 4 sebesar 31.4 °C dengan standar deviasi 0.56 dan stasiun 5 sebesar 32.3 °C dengan standar deviasi 0.46.

Grafik rata-rata dari pengukuran suhu pada Agustus 2013 dan April 2014 di Perairan Jabon, Sidoarjo, dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8. Grafik pengukuran suhu di Perairan Jabon, Sidoarjo

Berdasarkan grafik pengukuran suhu di atas diketahui bahwa pada Agustus 2013 nilai suhu tertinggi terjadi di stasiun 1 yaitu sebesar 33.13 °C karena pengukuran dilaksanakan pada sekitar pukul 13.00, dimana waktu tersebut merupakan waktu penyinaran sinar matahari secara maksimum sehingga penetrasi cahaya ke permukaan air terjadi secara maksimum dan menyebabkan meningkatnya suhu perairan. Menurut Mukhtasor (2006), air dapat menyerap panas dalam jumlah besar untuk mengubah suhu. Peningkatan suhu juga dipengaruhi oleh besarnya energi cahaya matahari untuk meradiasi permukaan air laut sehingga air laut mengalami perubahan suhu signifikan sesuai dengan besarnya energi cahaya matahari yang dihasilkan. Nilai suhu tertinggi pada April 2014, terjadi di stasiun 5 yaitu sebesar 32.3 °C karena pengukuran dilaksanakan juga pada sekitar pukul 13.00 dan cuaca cukup mendung yang sebelumnya panas. Terjadinya hujan deras pada sore hari setelah pengambilan sampel menyebabkan adanya hembusan angin dengan suhu tinggi pada siang hari sehingga terjadi proses interaksi alih panas antara air

dan udara. Faktor inilah yang menyebabkan suhu pada stasiun ini lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun lainnya.

Berdasarkan grafik pengukuran suhu di atas juga diketahui bahwa pada Agustus 2013 nilai suhu terendah terjadi di stasiun 3 dan 5 yaitu sebesar 31 °C karena pengukuran sampel dilaksanakan pada pagi hari yaitu sekitar pada pukul 07.30 WIB dan 08.30 WIB, dimana waktu tersebut merupakan waktu penyinaran matahari belum terlalu tinggi sehingga energi cahaya matahari kurang maksimal untuk meningkatkan suhu permukaan laut. Nilai suhu terendah pada April 2014 terjadi di stasiun 2 dan 3 yaitu sebesar 31.3 °C karena adanya faktor musim penghujan yang menyebabkan banyaknya debit air tawar yang masuk ke muara sungai sehingga suhu permukaan air di daerah tersebut rendah atau relatif rendah. Selain itu, adanya perubahan cuaca yang mulai sedikit mendung juga menyebabkan adanya penurunan suhu permukaan air.

Hasil pengukuran suhu baik pada Agustus 2013 maupun April 2014 dari kelima stasiun tersebut menunjukkan perDistribusi nilai yang tidak jauh berbeda yaitu antara 31 °C – 33 °C . Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004, suhu perairan laut yang ideal adalah 28 - 32°C, dimana boleh terjadi perubahan 2°C dari suhu alami. Ditambahkan Romimohtarto (2008), suhu permukaan laut (SPL) Indonesia secara umum berkisar antara 26 - 33°C. Hal ini menunjukkan bahwa kisaran suhu perairan di pesisir Jabon masih dalam batas nilai toleransi bagi kehidupan organisme perairan pada umumnya.

Kenaikan suhu dapat berpengaruh pada toksisitas logam berat. 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. Sedangkan 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.

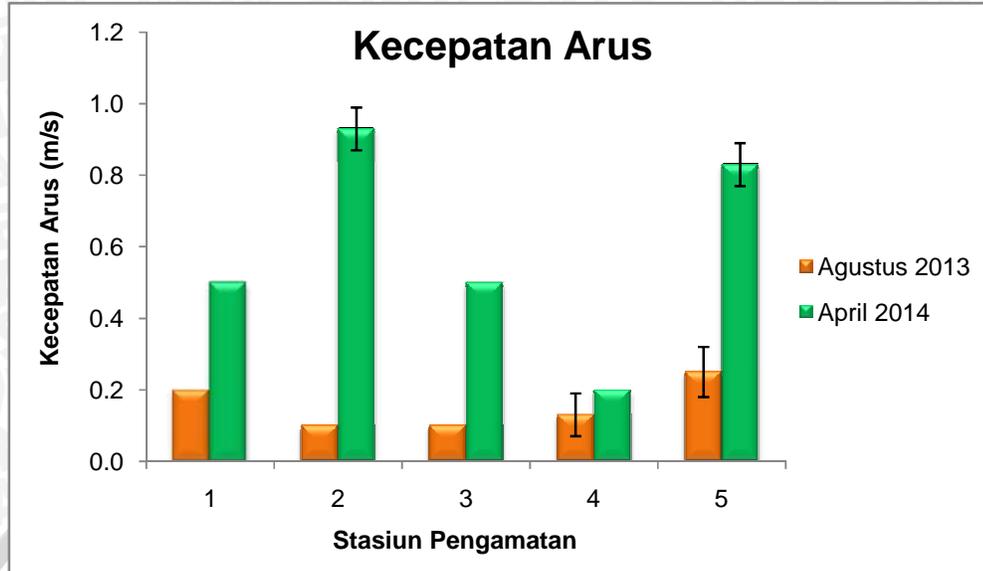
#### 4.2.1.2 Kecepatan Arus

Arus ditimbulkan oleh adanya angin yang bertiup di atas permukaan laut, dan juga oleh proses konveksi panas/suhu (Kaswadji, 1982). Arus dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain Gaya coriolis, pasang surut, densitas, pergerakan angin dan topografi perairan. Adanya debit air tawar di wilayah muara dapat mempengaruhi laju pergerakan arus di wilayah tersebut. Selain itu, pasang surut juga berperan penting terhadap laju arus di daerah muara sungai (Nontji, 2007).

Hasil pengukuran kecepatan arus pada Agustus 2013 adalah stasiun 1 sebesar 0.2 m/s, stasiun 2 sebesar 0.1 m/s, stasiun 3 sebesar 0.1 m/s, stasiun 4 sebesar 0.13 m/s dengan standar deviasi 0.06 dan stasiun 5 sebesar 0.25 m/s dengan standar deviasi 0.07.

Hasil pengukuran kecepatan arus pada April 2014 adalah stasiun 1 sebesar 0.35 m/s, stasiun 2 sebesar 0.93 m/s dengan standar deviasi 0.06, stasiun 3 sebesar 0.5 m/s, stasiun 4 sebesar 0.2 m/s dan stasiun 5 sebesar 0.83 m/s dengan standar deviasi 0.06.

Grafik rata-rata dari pengukuran kecepatan arus di Perairan Jabon, Sidoarjo dapat dilihat pada Gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. Grafik pengukuran kecepatan arus di Perairan Jabon, Sidoarjo

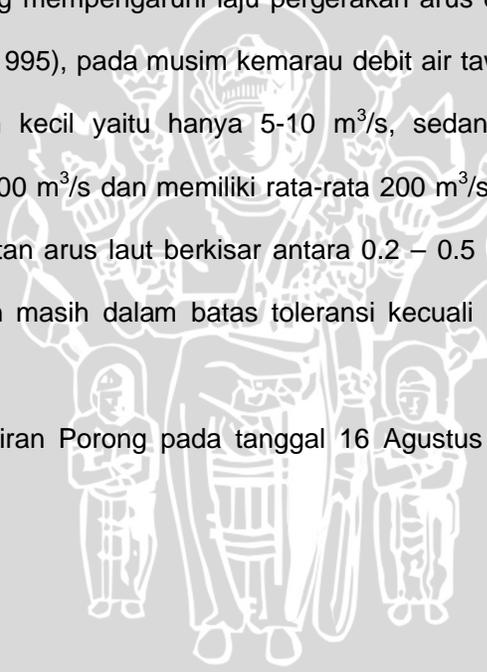
Berdasarkan grafik pengukuran kecepatan arus di atas diketahui bahwa pada Agustus 2013 nilai kecepatan arus tertinggi terjadi di stasiun 5 yaitu sebesar 0.25 m/s karena stasiun ini merupakan laut sehingga memiliki tekanan air, salinitas dan densitas yang lebih besar dibandingkan dengan stasiun-stasiun lain yang berpengaruh pada kecepatan arus. Selain itu, adanya angin, gaya coriolis, topografi dasar laut juga mempengaruhi kecepatan arus. Nilai kecepatan arus tertinggi pada April 2014, terjadi di stasiun 2 yaitu sebesar 0.93 m/s karena terletak pada muara Sungai Porong sebelah utara sehingga pengaruh debit air tawar yang masuk dari sungai ke muara lebih besar (mendominasi) dan penelitian dilaksanakan pada musim penghujan dimana debit air tawar yang masuk ke muara cukup besar sehingga menyebabkan kecepatan arus yang tinggi.

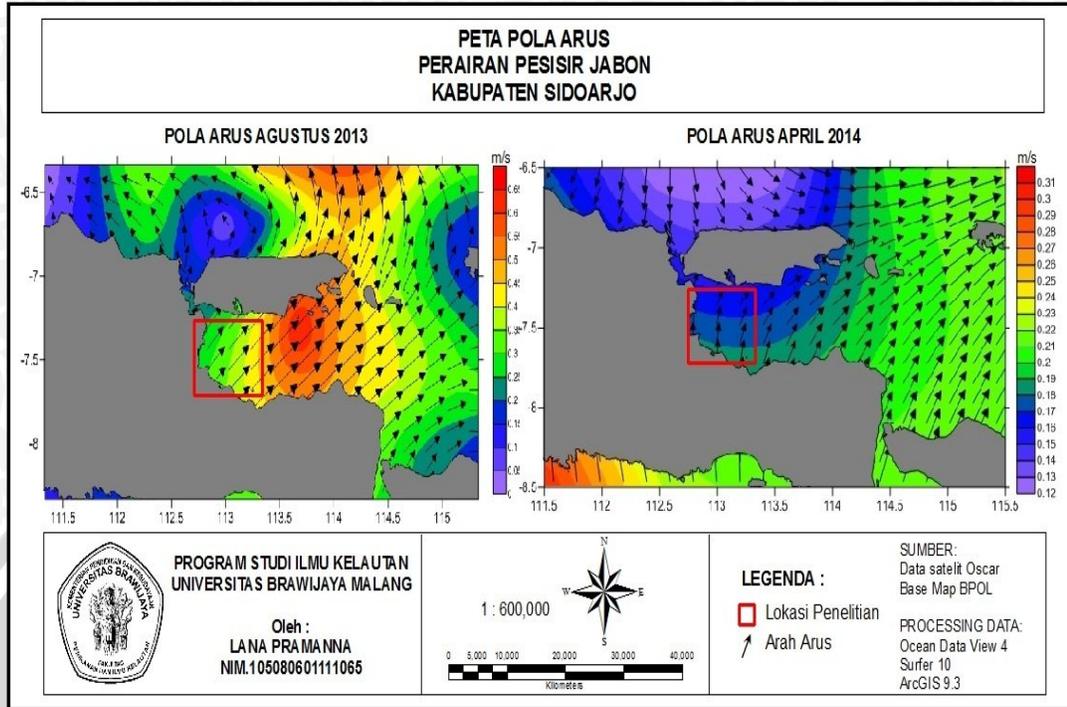
Berdasarkan grafik pengukuran kecepatan arus di atas, juga diketahui bahwa pada Agustus 2013 nilai kecepatan arus terendah terjadi di stasiun 2 dan stasiun 3 yaitu sebesar 0.1 m/s. Hal ini disebabkan karena stasiun 2 terletak pada percabangan Muara Sungai Porong sebelah utara dan penelitian

dilaksanakan pada musim kemarau sehingga debit air tawar yang masuk ke muara dan mengalir ke laut lebih sedikit yang menyebabkan kecepatan arus relatif rendah. Selain stasiun 2, stasiun 3 juga memiliki kecepatan arus yang relatif rendah karena terletak di kawasan mangrove sehingga arus relatif rendah. Nilai kecepatan arus terendah pada April 2014 terjadi di stasiun 4 karena terletak di kawasan mangrove sehingga arus relatif rendah.

Hasil pengukuran kecepatan arus pada Agustus 2013 berkisar antara 0.1 – 0.25 m/s lebih rendah dibandingkan dengan April 2014 dan berkisar antara 0.1 – 0.93 m/s. Hal ini karena debit air tawar pada kedua musim yang berbeda menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi laju pergerakan arus di wilayah tersebut. Menurut Brahmana (1995), pada musim kemarau debit air tawar yang masuk ke Sungai Porong lebih kecil yaitu hanya 5-10 m<sup>3</sup>/s, sedangkan pada musim penghujan berkisar 400 m<sup>3</sup>/s dan memiliki rata-rata 200 m<sup>3</sup>/s. Menurut Mayunar *et al.* (1995), kecepatan arus laut berkisar antara 0.2 – 0.5 m/s dan kecepatan arus di pesisir Jabon masih dalam batas toleransi kecuali pada April 2014 di stasiun 2 dan 5.

Pola arus Perairan Porong pada tanggal 16 Agustus 2013 dapat dilihat pada Gambar 10.





Gambar 10. Pola Arus Perairan Muara Sungai Porong

Berdasarkan Harijono (2004), musim Timur berlangsung dari bulan Mei-Oktober dengan variasi angin dari timut/ tenggara/ selatan dan dominan tenggara dan pola arus juga dominan arah tenggara. Arus sangat berperan dalam pertukaran massa air, penyebaran kandungan fisika-kimia air laut (misalnya suhu, salinitas, polutan) dan penyebaran ikan dan sumber hayati lainnya (Kaswadji, 1982). Hal ini sesuai dengan pola arus di wilayah pesisir Jabon pada bulan Agustus dominan ke arah tenggara sehingga distribusi logam berat berasal dari stasiun 3, 4 kemudian terakumulasi pada stasiun 5 yang disebut juga sebagai dumping site (tempat akumulasi dari toksisitas logam berat).

#### 4.2.1.3 Kecerahan

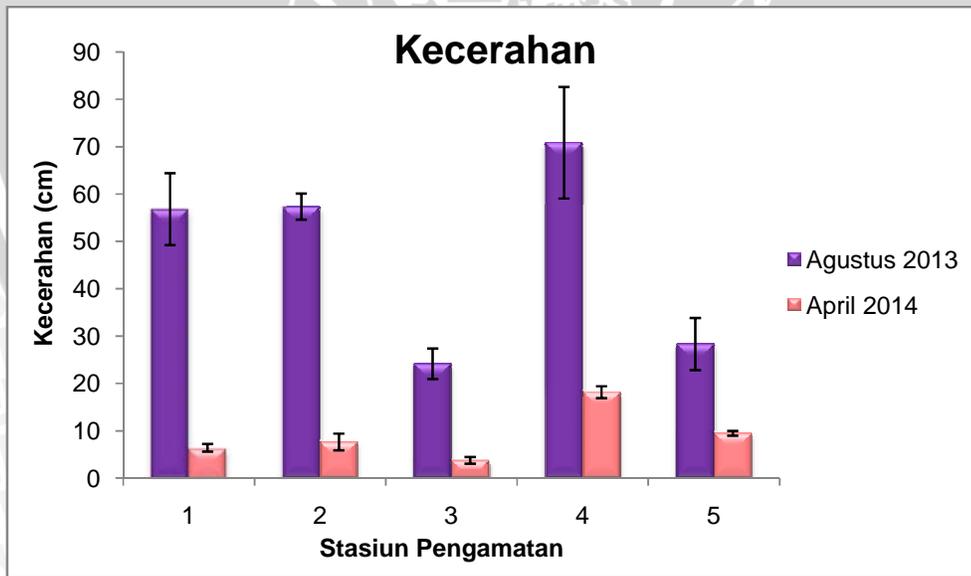
Kecerahan merupakan ukuran tranparansi perairan yang ditentukan secara visual dengan menggunakan alat berupa *sechii disk*. Nilai kecerahan sangat

dipengaruhi oleh keadaan cuaca, kekeruhan dan padatan tersuspensi (Wissel, 2003).

Hasil pengukuran kecerahan pada Agustus 2013 adalah stasiun 1 sebesar 56.83 cm dengan standar deviasi 7.59 , stasiun 2 sebesar 57.33 cm dengan standar deviasi 2.75, stasiun 3 sebesar 24.17 cm dengan standar deviasi 3.21, stasiun 4 sebesar 70.83 cm dengan standar deviasi 11.77 dan stasiun 5 sebesar 28.33 cm dengan standar deviasi 5.51.

Hasil pengukuran kecerahan pada April 2014 adalah stasiun 1 sebesar 6.43 cm dengan standar deviasi 0.81, stasiun 2 sebesar 7.67 cm dengan standar deviasi 1.76, stasiun 3 sebesar 3.77 cm dengan standar deviasi 0.7, stasiun 4 sebesar 18.17 cm dengan standar deviasi 1.26 dan stasiun 5 sebesar 9.5 cm dengan standar deviasi 0.5.

Grafik rata-rata dari pengukuran kecerahan di Perairan Jabon, Sidoarjo dapat dilihat pada Gambar 11 di bawah ini:



Gambar 11. Grafik pengukuran kecerahan di Perairan Jabon, Sidoarjo

Berdasarkan grafik rata-rata pengukuran kecerahan di atas diketahui bahwa pada Agustus 2013 nilai kecerahan tertinggi terjadi di stasiun 4 yaitu

sebesar 70.83 cm karena stasiun ini memiliki kedalaman yang dangkal sehingga intensitas cahaya matahari yang masuk ke perairan cukup bagus, letak stasiun ini agak jauh dari tepi perairan sehingga limbah domestik diduga tidak terlalu berpengaruh dan limbah dari Pulau Sarinah juga diduga tidak terlalu banyak menimbulkan padatan tersuspensi yang dapat mempengaruhi penetrasi cahaya matahari. Nilai kecerahan tertinggi pada April 2014 juga terjadi di stasiun 4 yaitu sebesar 18.17 cm.

Berdasarkan grafik rata-rata pengukuran kecerahan di atas juga diketahui bahwa pada Agustus 2013 nilai kecerahan terendah terjadi di stasiun 3 yaitu sebesar 24.17 cm karena stasiun ini terletak di depan daratan/pantai dan sekitar kawasan mangrove sehingga terdapat proses transfer sedimen/substrat lumpur akibat adanya arus dari laut ke pantai secara terus-menerus sehingga banyak bahan-bahan tersuspensi yang dapat menghalangi masuknya sinar matahari ke perairan. Selain itu, adanya limbah domestik dan industri yang masuk ke perairan pantai juga dapat menghalangi masuknya sinar matahari ke perairan. Nilai kecerahan terendah pada April 2014 juga terjadi di stasiun 3 yaitu sebesar 3.77 cm.

Hasil pengukuran kecerahan pada bulan Agustus 2013 berkisar antara 24.17 - 70.83 cm sedangkan pada April 2014 berkisar antara 3.77 – 18.17 cm. Hal ini menunjukkan bahwa kecerahan pada Agustus 2013 lebih tinggi dibandingkan pada April 2014 karena April merupakan musim penghujan sehingga debit air tawar lebih tinggi dan menyebabkan laju pergerakan arus di wilayah tersebut lebih tinggi sehingga menimbulkan padatan tersuspensi yang dapat mempengaruhi penetrasi cahaya matahari. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004, kecerahan yang ideal adalah  $> 6$  m, dimana boleh terjadi perubahan sampai dengan  $< 10\%$  kedalaman *euphotic*. Menurut Wanri (2008), kisaran kecerahan untuk biota laut berkisar

antara > 5 m dan kecerahan di pesisir Jabon lebih kecil dibandingkan dengan baku mutu dan dapat berdampak negatif bagi biota perairan.

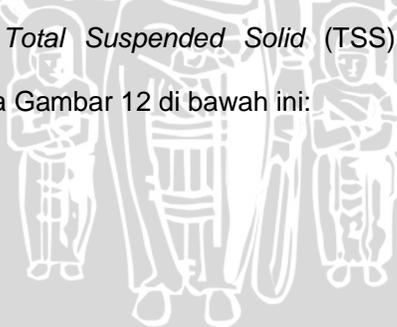
#### 4.2.1.4 *Total Suspended Solid (TSS)*

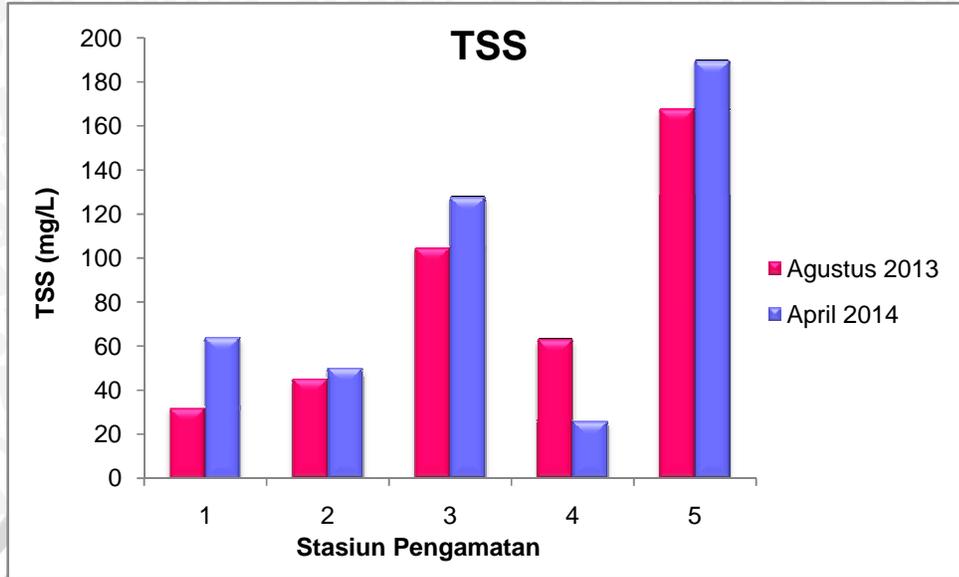
Padatan tersuspensi merupakan padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat langsung mengendap, terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen. Mengendapnya logam berat bersama-sama dengan padatan tersuspensi akan mempengaruhi kualitas sedimen di dasar perairan dan juga perairan sekitarnya.

Hasil pengukuran *Total Suspended Solid (TSS)* pada Agustus 2013 adalah stasiun 1 sebesar 31.6 mg/L, stasiun 2 sebesar 45 mg/L, stasiun 3 sebesar 104.5 mg/L, stasiun 4 sebesar 63 mg/L dan stasiun 5 sebesar 167.6 mg/L.

Hasil pengukuran *Total Suspended Solid (TSS)* pada April 2014 adalah stasiun 1 sebesar 63.8 mg/L, stasiun 2 sebesar 50.1 mg/L, stasiun 3 sebesar 127.5 mg/L, stasiun 4 sebesar 25.7 mg/L dan stasiun 5 sebesar 189.4 mg/L.

Grafik pengukuran *Total Suspended Solid (TSS)* di Perairan Jabon, Sidoarjo, dapat dilihat pada Gambar 12 di bawah ini:





Gambar 12. Grafik pengukuran *Total Suspended Solid* (TSS) di Perairan Jabon, Sidoarjo

Berdasarkan grafik pengukuran *Total Suspended Solid* (TSS) di atas diketahui bahwa pada Agustus 2013, nilai konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) tertinggi terjadi di stasiun 5 yaitu sebesar 167.6 mg/L karena pengukuran dilakukan saat surut, dimana massa air dari estuari keluar menuju laut dengan volume air, kecepatan dan kedalaman aliran yang besar sehingga massa air dari estuari dan sungai akan terakumulasi di laut dalam jumlah yang sangat besar. Dengan adanya volume air, kecepatan dan kedalaman aliran yang besar menyebabkan sedimen tersuspensi akan tercampur atau mengalami pengadukan kembali dalam badan air dan akhirnya akan terakumulasi di laut dalam jumlah yang besar. Nilai *Total Suspended Solid* (TSS) tertinggi pada April 2014 juga terjadi di stasiun 5 yaitu sebesar 189.4 mg/L.

Berdasarkan grafik pengukuran *Total Suspended Solid* (TSS) di atas juga diketahui bahwa pada Agustus 2013, nilai konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) terendah terjadi di stasiun 1 yaitu sebesar 31.6 mg/L karena stasiun ini merupakan daerah estuari sehingga ketika pengukuran dilakukan dalam keadaan surut, massa air dari estuari keluar menuju laut sehingga pengadukan sedimen

tersuspensi yang ada di estuari sedikit. Nilai *Total Suspended Solid* (TSS) terendah pada April 2014 terjadi di stasiun 4 yaitu sebesar 25.7 mg/L karena terletak di kawasan mangrove sehingga arus yang terjadi di daerah ini relatif rendah dan mengakibatkan sedikitnya pengadukan dari padatan yang tersuspensi ke dalam badan air.

Menurut Triatmojo (1999), pasang surut menjadi parameter paling penting dalam sirkulasi aliran di daerah estuari. Salinitas dan sedimen tersuspensi akan terpengaruh dalam pergeserannya di sepanjang estuari, yang akan bergerak ke hulu pada saat pasang dan ke hilir pada saat surut. Hal ini dapat dijelaskan pada saat pasang, gelombang pasang akan menjalar ke dalam estuari sampai pada jarak yang cukup jauh dari muara, yang disertai dengan transport massa air laut dalam jumlah yang sangat besar. Selain aliran dari laut, di bagian hulu juga mengalir debit sungai yang besarnya tergantung musim dan karakteristik hidrologi aliran sungai. Arus yang berlawanan dari laut dan sungai tersebut menjadikan debit sungai tidak bisa keluar dari laut sehingga massa air dari laut dan sungai akan terakumulasi di estuari dalam jumlah yang sangat besar. Pada waktu air surut, massa air tersebut keluar lagi dari estuari menuju laut dengan volume yang besar dan kecepatan dan kedalaman aliran yang besar pula.

Hasil pengukuran *total suspended solid* (TSS) pada bulan Agustus 2013 berkisar antara 31.6 – 167.6 mg/L sedangkan pada April 2014 berkisar antara 25.7 – 189.4 mg/L. Hasil pengukuran suhu baik pada Agustus 2013 maupun April 2014 dari kelima stasiun tersebut menunjukkan perDistribusi nilai yang tidak jauh berbeda walaupun nilai *total suspended solid* (TSS) pada April 2014 lebih tinggi karena April merupakan musim penghujan sehingga debit air tawar lebih tinggi dan menyebabkan laju pergerakan arus di wilayah tersebut lebih tinggi sehingga menimbulkan padatan tersuspensi yang lebih tinggi dibandingkan saat musim kemarau pada Agustus 2013. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup

Nomor 51 Tahun 2004, nilai *total suspended solid (TSS)* untuk wisata bahari adalah 20 mg/L dan untuk biota laut adalah 80 mg/L dan nilai *total suspended solid (TSS)* di pesisir Jabon lebih besar dibandingkan dengan baku mutu untuk wisata bahari dan pada stasiun 3 dan 5 memiliki *total suspended solid (TSS)* lebih besar dibandingkan dengan baku mutu untuk biota laut yang dapat berdampak negatif bagi biota perairan tersebut.

*Total suspended solid (TSS)* berhubungan terbalik dengan kecerahan, dimana ketika *total suspended solid (TSS)* bernilai tinggi maka kecerahan bernilai rendah. Banyaknya padatan seperti sedimen atau bahan organik yang tersuspensi dalam badan air akan menyebabkan kekeruhan dan menghalangi masuknya penetrasi cahaya matahari sehingga kecerahan bernilai rendah. Hal ini dapat dilihat pada grafik kecerahan dan grafik TSS, pada stasiun 1, 2 dan 4 nilai kecerahan tinggi sedangkan nilai TSSnya rendah dan pada stasiun 3 dan 5 nilai kecerahan rendah sedangkan nilai TSSnya tinggi sehingga kecerahan berbanding terbalik dengan TSS.

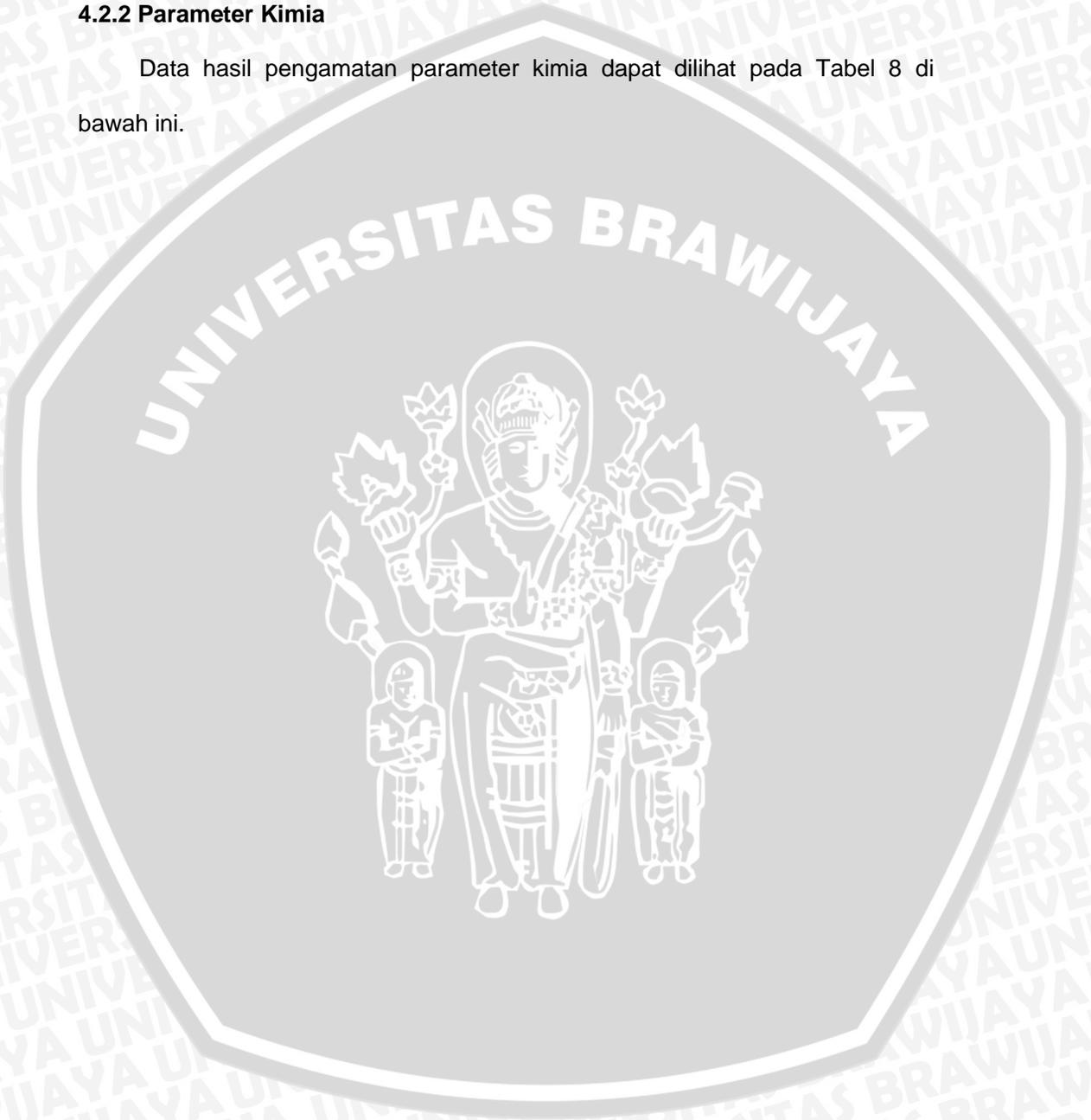
Kekuatan ionik yang terdapat di air laut disebabkan adanya berbagai kandungan anion dan kation pada air laut, sehingga memungkinkan terjadinya proses koagulasi (penggumpalan) senyawa logam berat yang ada dan memungkinkan terjadinya proses sedimentasi (pengendapan). Jika kapasitas angkut sedimen cukup besar, maka sedimen di dasar perairan akan terangkat dan berpindahkan. Sesuai teori gravitasi, apabila partikulat memiliki massa jenis lebih besar dari massa jenis air laut maka partikulat akan mengendap di dasar laut atau terjadi proses sedimentasi (Bryan, 1976).

Konsentrasi logam berat tertinggi terdapat dalam sedimen yang berupa lumpur, tanah liat, pasir berlumpur dan campuran dari ketiganya dibandingkan dengan yang berupa pasir murni. Hal ini akibat dari adanya gaya tarik elektro

kimia partikel sedimen dengan partikel mineral, pengikatan oleh partikel organik dan pengikatan oleh sekresi lender organisme (Bernhard, 1981).

#### 4.2.2 Parameter Kimia

Data hasil pengamatan parameter kimia dapat dilihat pada Tabel 8 di bawah ini.



Tabel 8. Data Hasil Pengamatan Parameter Kimia dan Perbandingan Dengan Standart Baku Mutu Lingkungan

Stasiun	Parameter Kimia							
	Agustus 2013				April 2014			
	pH	Salinitas (‰)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	pH	Salinitas (‰)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)
1	8,2±0	6±0	5,4±0,26	8 <sup>#</sup>	6,83±0,02	1±0	6,67±0,49	36 <sup>*</sup>
2	7,6±0,44	8,33±0,58	12,73±1,88	8,55 <sup>#</sup>	6,79±0,02	1,67±0,58	8±0,56	27 <sup>*</sup>
3	8,79±0,03	33±0	9,77±0,74	15,1	6,78±0,08	1±0	8,1±0,46	20 <sup>*</sup>
4	8,83±0,03	33±0	9,5±1,84	13,98	6,95±0,03	1,67±0,58	7,47±0,99	32 <sup>*</sup>
5	6,81±0,02	21,67±0,58	5±0,56	21,35 <sup>*</sup>	6,83±0,03	2,33±0,58	3,83±0,51 <sup>*</sup>	43 <sup>*</sup>
Baku Mutu Lampiran II (Wisata Bahari)	7 - 8.5 <sup>(a)</sup>	Alami <sup>(b)</sup>	> 5	10	7 - 8.5 <sup>(a)</sup>	Alami <sup>(b)</sup>	> 5	10
Baku Mutu Lampiran III (Biota Laut)	7 - 8.5 <sup>(a)</sup>	s/d 34 <sup>(c)</sup>	> 5	20	7 - 8.5 <sup>(a)</sup>	s/d 34 <sup>(c)</sup>	> 5	20

Sumber : Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Lampiran II tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Wisata Bahari dan Lampiran III tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Biota Laut.

Keterangan :

\* : Di atas baku mutu perairan laut

# : Di bawah baku mutu perairan laut

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

b : Alami adalah kondisi normal suatu lingkungan, bervariasi setiap saat (siang, malam dan musim)

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

d : Referensi Lain: 1. Menurut Hutabarat (1985), salinitas perairan berkisar antara 27-34‰

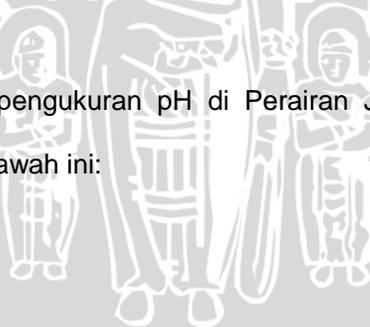
#### 4.2.2.1 pH

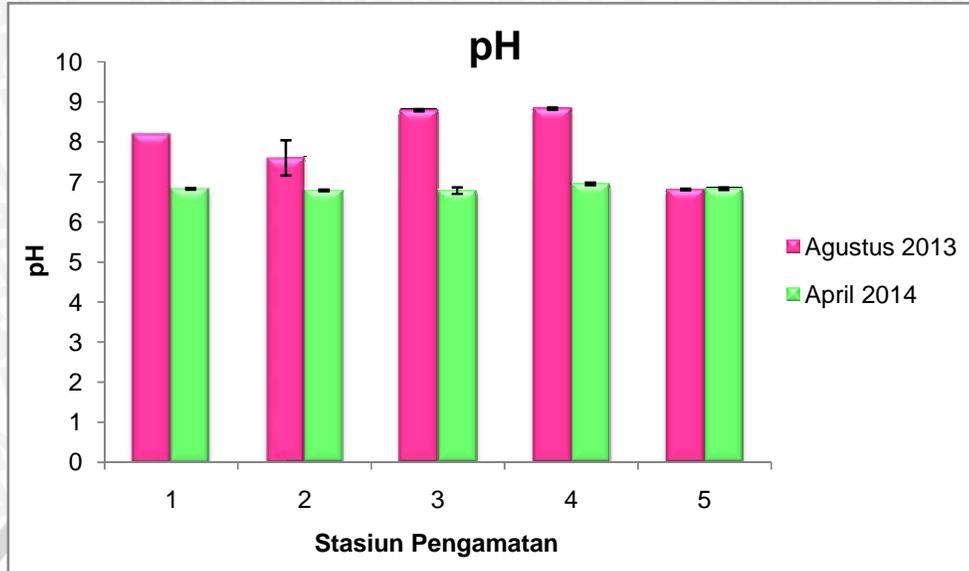
Salah satu faktor kimia yang sangat berpengaruh terhadap kehidupan organisme yang hidup di suatu lingkungan perairan merupakan derajat keasaman atau kadar ion H dalam air. Kondisi gas-gas dalam air seperti CO<sub>2</sub>, konsentrasi garam-garam karbonat dan bikarbonat, proses dekomposisi bahan organik di dasar perairan adalah faktor yang mempengaruhi tinggi atau rendahnya nilai pH air (Sutika, 1989 *dalam* Armita, 2011).

Hasil pengukuran pH pada Agustus 2013 adalah stasiun 1 sebesar 8.2, stasiun 2 sebesar 7.6 dengan standar deviasi 0.44, stasiun 3 sebesar 8.79 dengan standar deviasi 0.03, stasiun 4 sebesar 8.83 dengan standar deviasi 0.03 dan stasiun 5 sebesar 6.81 dengan standar deviasi 0.02.

Hasil pengukuran pH pada April 2014 adalah stasiun 1 sebesar 6.83 dengan standar deviasi 0.02, stasiun 2 sebesar 6.79 dengan standar deviasi 0.02, stasiun 3 sebesar 6.78 dengan standar deviasi 0.08, stasiun 4 sebesar 6.95 dengan standar deviasi 0.03 dan stasiun 5 sebesar 6.83 dengan standar deviasi 0.03.

Grafik rata-rata dari pengukuran pH di Perairan Jabon, Sidoarjo dapat dilihat pada Gambar 13 di bawah ini:





Gambar 13. Grafik pengukuran pH di Perairan Jabon, Sidoarjo

Berdasarkan grafik pengukuran pH di atas diketahui bahwa pada Agustus 2013, nilai konsentrasi pH tertinggi terjadi di stasiun 4 yaitu sebesar 8.83 karena terletak di belakang Pulau Sarinah sehingga limbah-limbah dari berbagai kegiatan antropogenik yang mengandung bahan-bahan kimia seperti limbah domestik dan kegiatan industri mengalir ke stasiun ini, selain itu disini juga terdapat aktivitas kapal yang bahan bakarnya dapat mencemari lingkungan dan kegiatan budidaya seperti keramba jaring apung serta kandungan oksigen yang terlarut di stasiun ini cukup tinggi. Nilai pH tertinggi pada April 2014 juga terjadi di stasiun 4 yaitu sebesar 6.95.

Berdasarkan grafik pengukuran pH di atas diketahui juga bahwa pada Agustus 2013, nilai konsentrasi pH terendah terjadi di stasiun 5 sebesar 6.81. Hal ini disebabkan karena stasiun ini terletak di laut sehingga cepat terjadi proses dekomposisi bahan organik melalui berbagai proses di dalamnya. Nilai konsentrasi pH terendah pada April 2014 terjadi di stasiun 3 sebesar 6.78 karena terletak di kawasan mangrove sehingga terjadi proses dekomposisi bahan

organik yang banyak menghasilkan  $\text{CO}_2$  sehingga dapat menyebabkan penurunan terhadap nilai pH.

Menurut Efendi (2003), tingginya nilai pH dipengaruhi oleh kandungan oksigen yang berasal dari proses fotosintesis sehingga dapat mempengaruhi nilai pH di perairan. Nilai pH terendah disebabkan oleh adanya proses dekomposisi bahan organik yang banyak menghasilkan  $\text{CO}_2$  sehingga dapat menyebabkan penurunan terhadap nilai pH.

Hasil pengukuran pH pada bulan Agustus 2013 berkisar antara 7.6 – 8.83 sedangkan pada April 2014 berkisar antara 6.78 – 6.95. Hasil pengukuran pH baik pada Agustus 2013 maupun April 2014 dari kelima stasiun tersebut menunjukkan perDistribusi nilai yang tidak jauh berbeda. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004, pH ideal air laut berkisar antara 7 – 8.5 dan nilai pH di pesisir Jabon ini masih dalam batas normal.

Nilai pH suatu perairan memiliki ciri yang khusus, adanya keseimbangan antara asam dan basa dalam air dan yang diukur adalah konsentrasi ion hidrogen. Dengan adanya asam-asam mineral bebas dan asam karbonat menaikkan pH, sementara adanya karbonat, hidroksida dan bikarbonat dapat menaikkan kebasaaan air.

Logam berat yang masuk ke sistem perairan, baik di sungai maupun lautan akan dipindahkan dari badan airnya melalui tiga proses yaitu pengendapan, adsorpsi, dan absorpsi oleh organisme-organisme perairan (Bryan, 1976). Dalam lingkungan perairan, bentuk logam antara lain berupa ion-ion bebas, pasangan ion organik, dan ion kompleks. Kelarutan logam berat dalam air dikontrol oleh pH air. Kenaikan pH menurunkan kelarutan logam berat dalam air. Kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada perairan, sehingga akan mengendap membentuk lumpur (Palar, 2004).

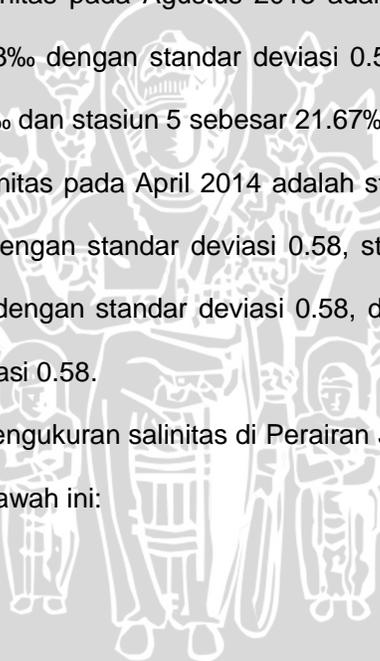
#### 4.2.2.2 Salinitas

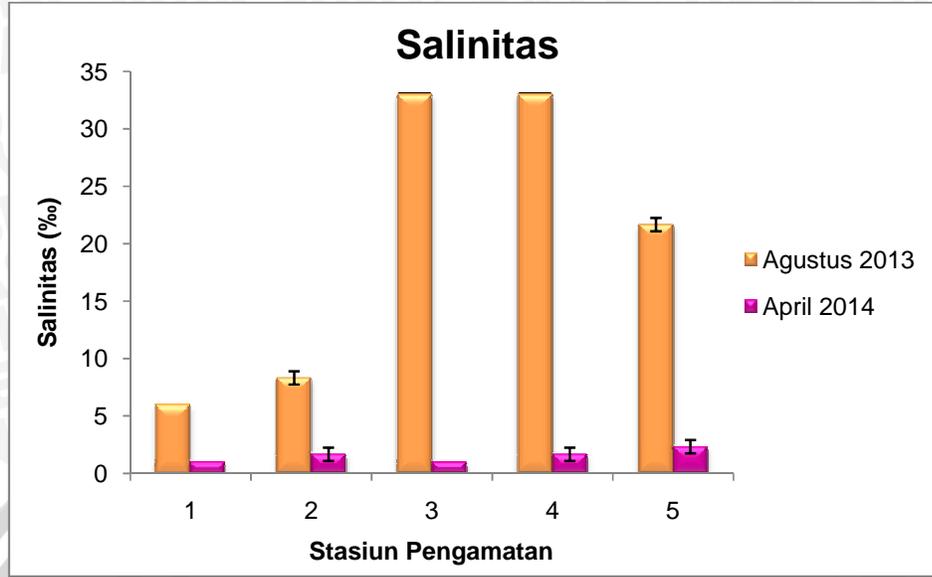
Salinitas secara umum dapat disebut sebagai jumlah kandungan garam dari suatu perairan, yang dinyatakan dalam permil. Air di daerah estuaria merupakan pencampuran antara air sungai dan air laut, sehingga menyebabkan daerah ini memiliki air yang bersalinitas lebih rendah daripada perairan laut terbuka (Hutabarat dan Evans, 1985). Salinitas merupakan gambaran jumlah garam dalam suatu perairan (Dahuri, *et al*, 1996). Distribusi salinitas di air laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai (Nontji, 1987).

Hasil pengukuran salinitas pada Agustus 2013 adalah stasiun 1 sebesar 6‰, stasiun 2 sebesar 8.33‰ dengan standar deviasi 0.58, stasiun 3 sebesar 33‰, stasiun 4 sebesar 33‰ dan stasiun 5 sebesar 21.67‰.

Hasil pengukuran salinitas pada April 2014 adalah stasiun 1 sebesar 1‰, stasiun 2 sebesar 1.67‰ dengan standar deviasi 0.58, stasiun 3 sebesar 1‰, stasiun 4 sebesar 1.67 ‰ dengan standar deviasi 0.58, dan stasiun 5 sebesar 2.33‰ dengan standar deviasi 0.58.

Grafik rata-rata dari pengukuran salinitas di Perairan Jabon, Sidoarjo dapat dilihat pada Gambar 14 di bawah ini:





Gambar 14. Grafik pengukuran salinitas di Perairan Jabon, Sidoarjo

Berdasarkan grafik pengukuran salinitas di atas diketahui bahwa pada Agustus 2013, nilai salinitas tertinggi terjadi di stasiun 3 dan stasiun 4 yaitu sebesar 33‰. Kondisi perairan saat pengukuran adalah pasang sehingga aliran air di estuari lebih dominan air laut yang bersalinitas tinggi daripada air tawar yang berasal dari sungai, sehingga aliran air berasal dari laut menuju estuari, dalam proses inilah aliran air ini melewati stasiun 3 dan 4 sehingga kedua stasiun ini bersalinitas tinggi. Stasiun 1 dan 2 yang terletak di estuari tidak dilakukan pengukuran pada saat pasang. Nilai salinitas tertinggi pada April 2014 terjadi di stasiun 5 yaitu sebesar 2.33‰ karena pengukuran dilaksanakan pada musim penghujan dimana debit air tawar yang masuk ke muara dan mengalir ke laut cukup besar sehingga menyebabkan air tawar lebih mendominasi daripada air laut dan salinitas cenderung rendah (tawar) dibandingkan musim kemarau.

Berdasarkan grafik pengukuran salinitas di atas juga diketahui bahwa pada Agustus 2013, nilai salinitas terendah terjadi di stasiun 1 yaitu sebesar 6‰ karena terletak pada muara dan kondisi perairan saat pengukuran adalah surut sehingga air yang berada di estuari lebih didominasi oleh air tawar yang berasal

dari aliran sungai daripada air laut yang bersalinitas tinggi. Nilai salinitas terendah pada April 2014 terjadi di stasiun 1 yaitu sebesar 1 karena terletak pada muara dan pengukuran dilaksanakan pada musim penghujan dimana debit air tawar yang masuk ke muara cukup besar dan mengakibatkan salinitas cenderung tawar (rendah).

Hasil pengukuran salinitas pada Agustus 2013 berkisar antara 6 – 33 ‰ sedangkan pada April 2014 berkisar antara 1 – 2.33‰. Hasil pengukuran salinitas baik pada Agustus 2013 maupun April 2014 dari kelima stasiun tersebut menunjukkan perDistribusi nilai yang tidak jauh berbeda. Salinitas pada April 2014 lebih rendah karena April merupakan musim penghujan sehingga debit air tawar lebih tinggi dan mendominasi sehingga menyebabkan salinitas cenderung masih tawar (rendah). Menurut Nontji (2007), salinitas dari masing-masing stasiun berbeda karena dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain sirkulasi air, curah hujan dan aliran sungai. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004, salinitas untuk biota laut adalah s/d 34‰ dan nilai salinitas di pesisir Jabon masih dalam ambang batas normal dan aman bagi biota perairan tersebut.

Salinitas menggambarkan kandungan konsentrasi total ion yang terdapat pada perairan baik organik maupun anorganik. Salinitas air laut disebabkan oleh 7 ion utama, yaitu Natrium ( $\text{Na}^+$ ), Kalium ( $\text{K}^+$ ), Kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), Klorida ( $\text{Cl}^-$ ), Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), dan Bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) (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).

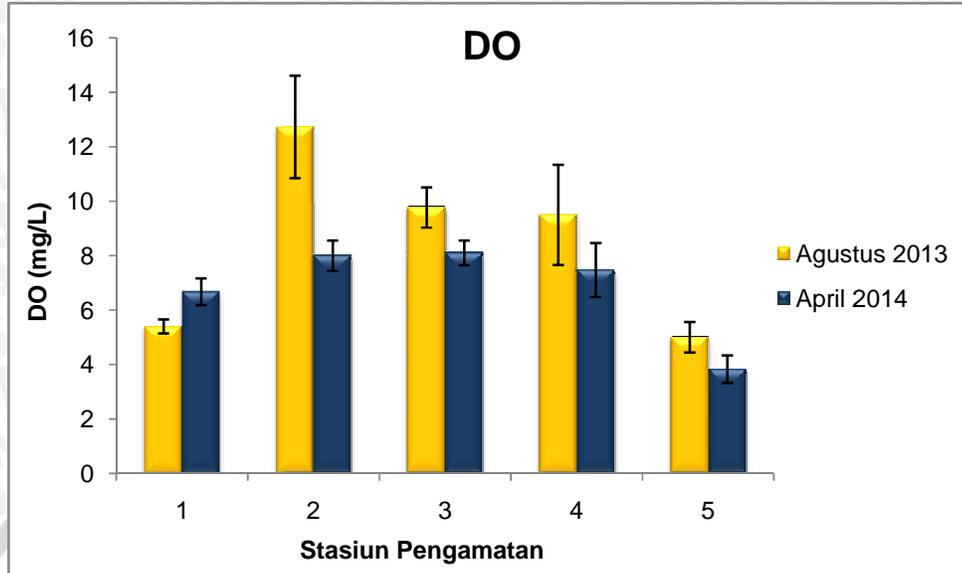
#### 4.2.2.3 Dissolved Oxygen (DO)

Kadar oksigen terlarut yang ada di suatu perairan biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu, salinitas, turbulensi air dan tekanan. Kadar oksigen terlarut ada di suatu perairan juga dapat berfluktuasi secara harian dan musiman bergantung pada pencampuran masa air, aktivitas fotosintesis, respirasi dan limbah-limbah yang ada di perairan (Nontji, 2007).

Hasil pengukuran nilai konsentrasi oksigen terlarut pada Agustus 2013 adalah stasiun 1 sebesar 5.4 mg/L dengan standar deviasi 0.26 , stasiun 2 sebesar 12.73 mg/L dengan standar deviasi 1.88, stasiun 3 sebesar 9.77 mg/L dengan standar deviasi 0.74, stasiun 4 sebesar 9.5 mg/L dengan standar deviasi 1.84 dan stasiun 5 sebesar 5 mg/L dengan standar deviasi 0.56.

Hasil pengukuran nilai konsentrasi oksigen terlarut pada April 2014 adalah stasiun 1 sebesar 6.67 mg/L dengan standar deviasi 0.49 , stasiun 2 sebesar 8 mg/L dengan standar deviasi 0.56, stasiun 3 sebesar 8.1 mg/L dengan standar deviasi 0.46, stasiun 4 sebesar 7.47 mg/L dengan standar deviasi 0.99 dan stasiun 5 sebesar 3.83 mg/L dengan standar deviasi 0.51.

Grafik rata-rata dari pengukuran nilai konsentrasi oksigen terlarut di Perairan Jabon, Sidoarjo, dapat dilihat pada Gambar 15 di bawah ini.



Gambar 15. Grafik pengukuran nilai konsentrasi oksigen terlarut di Perairan Jabon, Sidoarjo

Berdasarkan grafik pengukuran konsentrasi oksigen terlarut (DO) di atas diketahui bahwa bahwa pada Agustus 2013 konsentrasi oksigen terlarut tertinggi terjadi di stasiun 2 yaitu sebesar 12.73 mg/L karena terletak Muara Sungai Porong sebelah utara terjadi adanya pencampuran antara air tawar dan air laut sehingga terjadi pengadukan yang menyebabkan adanya difusi oksigen dari atmosfer serta hasil dari proses fotosintesis. Konsentrasi oksigen terlarut tertinggi pada April 2014 terjadi di stasiun 3 yaitu sebesar 8.1 mg/L karena terletak di sekitar kawasan mangrove sehingga dipengaruhi oleh aktivitas fotosintesis yang menghasilkan oksigen dan sedikitnya limbah-limbah yang berada di daerah ini akibat fungsi mangrove yang dapat memfilter limbah atau polutan.

Berdasarkan grafik pengukuran konsentrasi oksigen terlarut (DO) di atas juga diketahui bahwa bahwa pada Agustus 2013, konsentrasi oksigen terlarut (DO) terendah terjadi di stasiun 5 yaitu sebesar 5 mg/L. Stasiun 5 adalah laut yang merupakan tempat akumulasi dari semua aliran sungai. Kadar DO yang rendah dapat berasal dari limbah-limbah yang masuk ke laut dan mengalami pembusukan/ oksidasi bahan organik dan digunakan organisme untuk respirasi.

Selain itu, nilai *total suspended solid (TSS)* yang tinggi pada stasiun 5 juga dapat menyebabkan rendahnya kecerahan dan mengurangi penetrasi cahaya matahari yang masuk ke perairan sehingga mempengaruhi aktivitas fotosintesis. Menurut Mahida (1986), kadar oksigen terlarut dalam perairan diperlukan oleh organisme untuk pernafasan dan oksidasi bahan organik. Menurut Romimohtarto (2001), tersedianya oksigen terlarut di estuaria disebabkan masuknya air tawar dan air laut secara teratur, dangkalnya perairan, pengadukan dan pencampuran oleh angin serta proses fotosintesis. Konsentrasi oksigen terlarut (DO) terendah pada April 2014 juga terjadi di stasiun 5 yaitu sebesar 3.83 mg/L.

Hasil pengukuran oksigen terlarut (DO) pada Agustus 2013 berkisar antara 5 – 12.73 mg/L sedangkan pada April 2014 berkisar antara 3.83 – 8.1 mg/L. Hasil pengukuran oksigen terlarut (DO) baik pada Agustus 2013 maupun April 2014 dari kelima stasiun tersebut menunjukkan perDistribusi nilai yang tidak jauh berbeda. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004, oksigen terlarut (DO) baik untuk wisata bahari maupun biota laut adalah > 5 mg/L dan nilai oksigen terlarut (DO) di pesisir Jabon masih dalam ambang batas normal dan aman bagi biota perairan tersebut. Terdapat hanya 1 stasiun yang memiliki nilai oksigen terlarut (DO) di bawah baku mutu yaitu di stasiun 5 pada pengukuran April 2014 dan dapat berdampak negatif pada biota perairan tersebut.

Secara umum, kenaikan suhu perairan akan mengakibatkan kenaikan aktivitas biologis dan pada gilirannya memerlukan banyak oksigen di dalam perairan tersebut. Hubungan antara suhu air dan oksigen biasanya berkorelasi negatif, yaitu kenaikan suhu di dalam air akan menurunkan tingkat solubilitas oksigen dan dengan demikian menurunkan kemampuan organisme akuatis dalam memanfaatkan oksigen yang tersedia untuk berlangsungnya proses-proses biologi dalam air (Ichan, 2012). Hal ini terlihat pada hasil pengukuran April

2014 di stasiun 5, dimana ketika suhu tinggi yaitu 32.3 °C berhubungan terbalik dengan kadar oksigen terlarut (DO) yang rendah yaitu 3.83 mg/L.

Daya larut logam berat dapat menjadi tinggi seiring dengan meningkatnya kandungan oksigen terlarut. Pada daerah yang kekurangan oksigen, misalnya akibat kontaminasi bahan-bahan organik, daya larut logam berat akan menjadi lebih rendah dan mudah mengendap. Logam berat seperti Cd, Pb, dan Hg akan sulit terlarut dalam kondisi perairan yang anoksik (Ramlal, 1987). Logam berat yang terlarut dalam air akan berpindah ke dalam sedimen jika berikatan dengan materi organik bebas atau materi organik yang melapisi permukaan sedimen dan penyerapan langsung oleh permukaan partikel sedimen (Wilson, 1988).

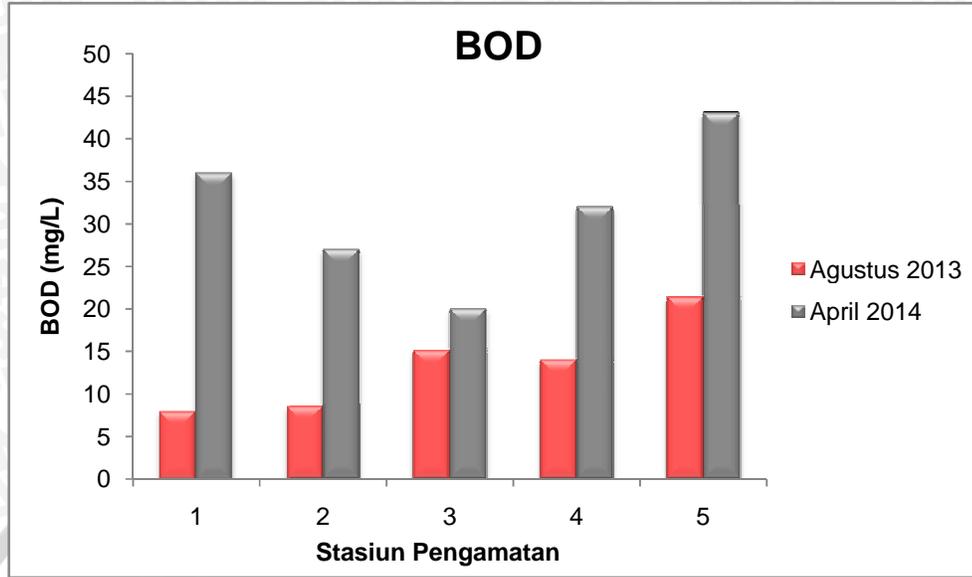
#### **4.2.2.4 Biological Oxygen Demand (BOD)**

Jumlah oksigen yang digunakan untuk mendegradasi bahan organik secara biokimia adalah BOD, sehingga juga dapat diartikan sebagai ukuran bahan yang dapat dioksidasi melalui proses biokimia (Monoarfa, 2002). Jika konsumsi oksigen tinggi akan ditunjukkan dengan semakin kecilnya sisa oksigen terlarut, maka kandungan bahan-bahan buangan yang membutuhkan oksigen tinggi (Togatorop, 2009).

Hasil pengukuran nilai konsentrasi BOD pada Agustus 2013 adalah stasiun 1 sebesar 8 mg/L, stasiun 2 sebesar 8.55 mg/L, stasiun 3 sebesar 15.1 mg/L, stasiun 4 sebesar 13.98 mg/L dan stasiun 5 sebesar 21.35 mg/L.

Hasil pengukuran nilai konsentrasi BOD pada April 2014 adalah stasiun 1 sebesar 36 mg/L, stasiun 2 sebesar 27 mg/L, stasiun 3 sebesar 20 mg/L, stasiun 4 sebesar 32 mg/L dan stasiun 5 sebesar 43 mg/L.

Grafik pengukuran nilai konsentrasi BOD di Perairan Jabon, Sidoarjo, dapat dilihat pada Gambar 16 di bawah ini:



Gambar 16. Grafik pengukuran nilai konsentrasi BOD di Perairan Jabon, Sidoarjo

Berdasarkan grafik pengukuran nilai konsentrasi BOD di atas diketahui bahwa pada Agustus 2013, nilai konsentrasi BOD tertinggi terjadi di stasiun 5 yaitu sebesar 21.35 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa di stasiun ini jumlah oksigen yang digunakan oleh mikroorganisme untuk merombak bahan anorganik sangat sedikit. Dalam kondisi yang minimal oksigen seperti ini menyebabkan bakteri merubah bahan-bahan anorganik menjadi organik dalam kondisi anaerobik, sedangkan dalam kondisi yang normal oksigen menyebabkan bakteri merubah bahan-bahan anorganik menjadi organik dalam kondisi aerobik. Konsentrasi BOD tertinggi pada April 2014 juga terjadi di stasiun 5 yaitu sebesar 43 mg/L.

Berdasarkan grafik pengukuran nilai konsentrasi BOD di atas diketahui juga bahwa pada Agustus 2013, nilai konsentrasi BOD terendah terjadi di stasiun 1 yaitu sebesar 8 mg/L karena terletak pada muara Sungai Porong cabang selatan, adanya pertemuan antara air tawar dan air laut menyebabkan terjadinya turbulensi dan masuknya oksigen ke dalam perairan secara difusi sehingga oksigen terlarut cukup tinggi. Nilai konsentrasi BOD terendah pada April 2014

terjadi di stasiun 3 yaitu sebesar 20 mg/L karena terletak di kawasan mangrove, adanya aktivitas fotosintesis menyebabkan tingginya oksigen terlarut di daerah ini. Rendahnya BOD menunjukkan bahwa di stasiun ini jumlah oksigen yang digunakan oleh mikroorganisme untuk merombak bahan anorganik relatif tinggi.

Hasil pengukuran BOD pada Agustus 2013 berkisar antara 8 – 21.35 mg/L sedangkan pada April 2014 berkisar antara 20 – 43 mg/L. Hasil pengukuran BOD baik pada Agustus 2013 maupun April 2014 dari kelima stasiun tersebut menunjukkan perDistribusi nilai yang tidak jauh berbeda. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004, nilai BOD yang baik untuk wisata bahari adalah 10 mg/L sedangkan untuk biota laut adalah 20 mg/L dan nilai BOD di pesisir Jabon pada Agustus 2013 masih dalam ambang batas normal, sedangkan pada April 2014 mengalami penurunan kualitas perairan menjadi lebih besar dibandingkan dengan baku mutu dan dapat berdampak negatif pada biota perairan.

#### **4.3 Data Hasil Pengamatan Konsentrasi Logam Berat**

Data konsentrasi logam berat dalam penelitian ini adalah arsen (As), cadmium (Cd), kromium (Cr) dan nikel (Ni) di air laut, sedimen dan kupang putih (*Corbula faba*). Pengambilan data dilakukan secara *ex-situ*. Hasil pengukuran konsentrasi logam berat pada air laut dan kupang putih dibandingkan dengan Standart Baku Mutu Lingkungan Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 2004 Lampiran III tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Biota Laut, sedangkan konsentrasi logam berat pada sedimen dibandingkan dengan standar *International Association of Dredging Companies (IADC)* Tahun 1997. Data hasil pengamatan parameter konsentrasi logam berat dapat dilihat pada Tabel 9 di bawah ini.

Tabel 9. Data Hasil Pengamatan Konsentrasi Logam Berat dan Perbandingan Dengan Standart Baku Mutu Lingkungan

Stasiun	Air Laut (mg/L)								Sedimen (mg/L)								Kupang Putih (mg/L)							
	Agustus 2013				April 2014				Agustus 2013				April 2014				Agustus 2013				April 2014			
	As	Cd	Cr	Ni	As	Cd	Cr	Ni	As	Cd	Cr	Ni	As	Cd	Cr	Ni	As	Cd	Cr	Ni	As	Cd	Cr	Ni
1	tt	tt	tt	0.11*	tt	tt	tt	tt	tt	tt	tt	tt	tt	tt	0.098	tt								
2	tt	tt	tt	0.037	tt	tt	tt	tt	tt	tt	0.375	3.510	tt	tt	0.114	tt								
3	tt	tt	tt	0.093*	tt	tt	tt	tt	tt	tt	0.460	5.280	tt	tt	0.133	tt	tt	tt	0.705*	9.545*	tt	tt	0.358*	4.636*
4	tt	tt	tt	0.126*	tt	tt	tt	tt	tt	tt	0.870	4.135	tt	tt	0.121	tt	tt	tt	tt	9.645*	tt	tt	0.048*	2.141*
5	tt	tt	tt	tt	tt	tt	tt	tt	tt	tt	tt	3.405	tt	tt	0.143	tt	tt	tt	1.035*	8.815*	tt	tt	1.183*	4.97*
<b>Baku Mutu Lampiran III (Biota Laut)</b>	<b>0.012</b>	<b>0.001</b>	<b>0.005</b>	<b>0.05</b>	<b>0.012</b>	<b>0.001</b>	<b>0.005</b>	<b>0.05</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0.012</b>	<b>0.001</b>	<b>0.005</b>	<b>0.05</b>	<b>0.012</b>	<b>0.001</b>	<b>0.005</b>	<b>0.05</b>
<b>Baku Mutu IADC (1997)<sup>(a)</sup></b>	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>29</b>	<b>0.8</b>	<b>100</b>	<b>35</b>	<b>29</b>	<b>0.8</b>	<b>100</b>	<b>35</b>	-	-	-	-	-	-	-	-

Sumber : Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Lampiran III tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Biota Laut dan *International Association of Dredging Companies (IADC)* Tahun 1997

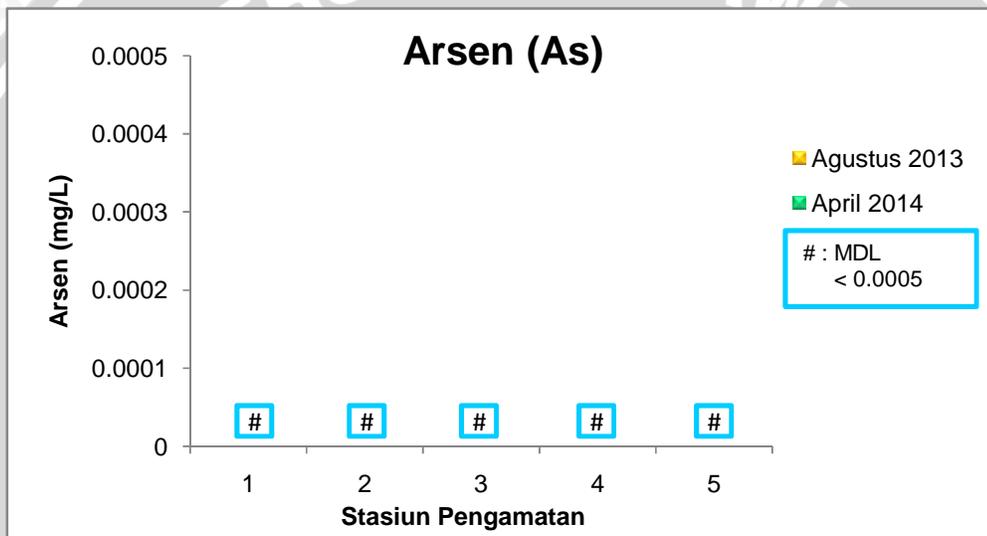
Keterangan :

- \* : Di atas baku mutu perairan laut
- # : Di bawah baku mutu perairan laut
- : Tidak ditemukan kupang putih pada stasiun tersebut
- tt : Tidak terdeteksi
- MDL : Methode Detection Limit
- a : Level target. Jika konsentrasi kontaminan yang ada pada sedimen memiliki nilai yang lebih kecil dari nilai level target, maka substansi yang ada pada sedimen tidak terlalu berbahaya bagi lingkungan
- b : Referensi Lain:
  1. Menurut Lab. Kualitas Air Jasa Tirta, MDL arsen (As) < 0.0005
  2. Menurut Lab. Kualitas Air Jasa Tirta, MDL kadmium (Cd) < 0.0024
  3. Menurut Lab. Kualitas Air Jasa Tirta, MDL kromium (Cr) < 0.0204
  4. Menurut Lab. Kualitas Air Jasa Tirta, MDL nikel (Ni) < 0.0306
  5. Menurut Mc Neely *et al.* (1979) dalam Efendi (2003), baku mutu kadmium di air laut adalah 0.0001 mg/L
  6. Menurut Moore (1991) dalam Efendi (2003), baku mutu kromium dalam biota adalah 0.05 mg/L

### 4.3.1 Air Laut

#### 4.3.1.1 Arsen (As)

Hasil analisis kadar logam berat arsen (As) di air laut pada Agustus 2013 dan April 2014 tidak terdeteksi di Perairan Jabon. Hal ini disebabkan batas deteksi oleh AAS yang digunakan adalah  $< 0.0005$  mg/L (Lab. Kualitas Air, 2010). Diduga kadar logam berat arsen (As) lebih kecil dari batas deteksi (MDL) yang digunakan sehingga tidak terdeteksi. Grafik pengukuran kadar logam berat arsen (As) dapat dilihat pada Gambar 17 di bawah ini.



Gambar 17. Grafik pengukuran kadar logam berat arsen (As) di air laut

Menurut Darmono (2001), konsentrasi logam toksik seperti Cd, Pb, Hg dan As dalam lingkungan perairan secara alamiah biasanya sangat kecil sekali.

Macam-macam bentuk senyawa kimia dari arsen adalah sebagai berikut:

1. Arsen trioksida ( $As_2O_3$ ), ialah bentuk garam inorganik dan bentuk trivalan dari asam arsenat ( $H_4AsO_4$ ) berwarna putih dan padat seperti gula.
2. Arsen pentaoksida ( $As_2O_5$ )
3. Arsenat (misalnya  $PbHAsO_4$ ), ialah bentuk garam dari asam arsenat, merupakan senyawa arsen yang banyak dijumpai di alam dan bersifat kurang toksik.

4. Arsen organik, arsen berikatan kovalen dengan rantai karbon alifatik atau struktur cincin, dimana arsen terikat dalam bentuk trivalen ataupun pentavalen. Bentuk senyawa ini kurang toksik dibandingkan dengan bentuk senyawa arsen inorganik trivalen.

Konsentrasi logam toksik seperti Cd, Pb, Hg dan As dalam lingkungan perairan secara alamiah biasanya sangat kecil sekali (Darmono, 2001). Logam berat terakumulasi ke lingkungan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi (Rochyatun, 2007). Konsentrasi logam berat arsen (As) pada Agustus 2013 dan April 2014 sangat kecil sekali sehingga tidak terdeteksi oleh AAS. Menurut Rosyid (2009), arsen memiliki karakter kimia berupa senyawa yang labil, bilangan oksidasi atau bentuk senyawa kimianya mudah berubah, baik melalui reaksi kimia maupun biologi yang umum terjadi di lingkungan. Selain itu, diduga adanya masukan limbah yang mengandung arsen (As) dalam jumlah kecil atau arsen (As) yang terakumulasi di perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi yang telah mengendap atau tersuspensi ke badan air akibat adanya pola pasang surut.

Arsen merupakan salah satu hasil sampingan dari proses pengolahan bijih logam non-besi terutama emas, yang mempunyai sifat sangat beracun dengan dampak merusak lingkungan. Industri yang mengeluarkan Arsen ialah pabrik metalurgi, pabrik gelas, produksi bahan warna (pigmen), dan pabrik yang memproduksi bahan kimia arsen (Darmono, 2001).

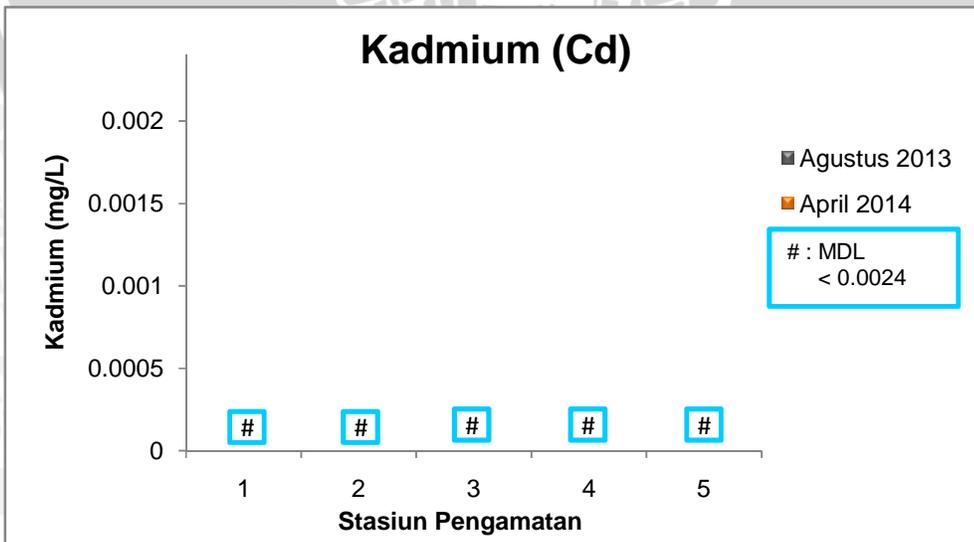
Berdasarkan data dari Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Sidoarjo (2012) dalam Putra (2013), terdapat industri bahan dan mineral alam seperti eksplorasi gas alam dan industri bahan kimia yang memproduksi pewarna keramik, cat sintesi dan tinta sehingga diduga di pesisir Jabon terdapat

kandungan arsen (As), namun konsentrasinya sangat kecil sehingga tidak terdeteksi oleh AAS.

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Lampiran III tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Biota Laut, konsentrasi arsen (As) yang baik untuk biota laut adalah 0.012 mg/L. Konsentrasi logam berat arsen (As) di pesisir Jabon sangat kecil yaitu < 0.0005 mg/L. Nilai konsentrasi arsen (As) pada air laut di pesisir Jabon lebih kecil dibandingkan dengan baku mutu Kepmen Lingkungan Hidup tahun 2004, sehingga konsentrasi arsen (As) pada air laut aman bagi biota perairan.

**4.3.1.2 Kadmium (Cd)**

Hasil analisis kadar logam berat kadmium (Cd) di air laut pada Agustus 2013 dan April 2014 tidak terdeteksi di Perairan Jabon. Hal ini disebabkan batas deteksi oleh AAS yang digunakan adalah < 0.0024 mg/L (Lab. Kualitas Air, 2010). Diduga kadar logam berat kadmium (Cd) lebih kecil dari batas deteksi (MDL) yang digunakan sehingga tidak terdeteksi. Grafik pengukuran kadar logam berat kadmium (Cd) dapat dilihat pada Gambar 18 di bawah ini.



Gambar 18. Grafik pengukuran kadar logam berat kadmium (Cd) di air laut

Menurut Rachmawatie (2009), kadmium di suatu perairan terdapat dalam jumlah yang sangat sedikit, bersifat tidak larut dalam perairan dan mudah terakumulasi di sedimen. Konsentrasi logam berat kadmium (Cd) pada Agustus 2013 dan April 2014 sangat kecil. Konsentrasi Cd yang rendah ini berasal dari ketersediaan logam Cd di kolom perairan yang secara alami sangat rendah yaitu sebesar 0,00011 ppm (Waldichuck, 1974). Nilai ini berada di bawah nilai terendah yang bisa terukur oleh AAS dengan analisis standar yaitu  $< 0.0024$  ppm sehingga tidak terdeteksi oleh AAS. Kadmium bersifat tidak larut dalam perairan dan mudah terakumulasi di sedimen atau kadmium (Cd) di perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi sehingga mengendap ke sedimen atau tersuspensi kembali ke badan air akibat adanya pola pasang surut. Selain itu, diduga adanya masukan limbah yang mengandung kadmium (Cd) dalam jumlah kecil.

Kadmium banyak digunakan dalam industri pelapisan logam, metalurgi, peralatan fotografi, gelas dan campuran perak, produksi foto-elektrik, foto-konduktor dan fosforus, porselen dan keramik (sebagai pigmen pada keramik), penyepuhan listrik, pelumas, tekstil, plastik serta dalam pembuatan alloy dan baterai alkali (Darmono, 2001).

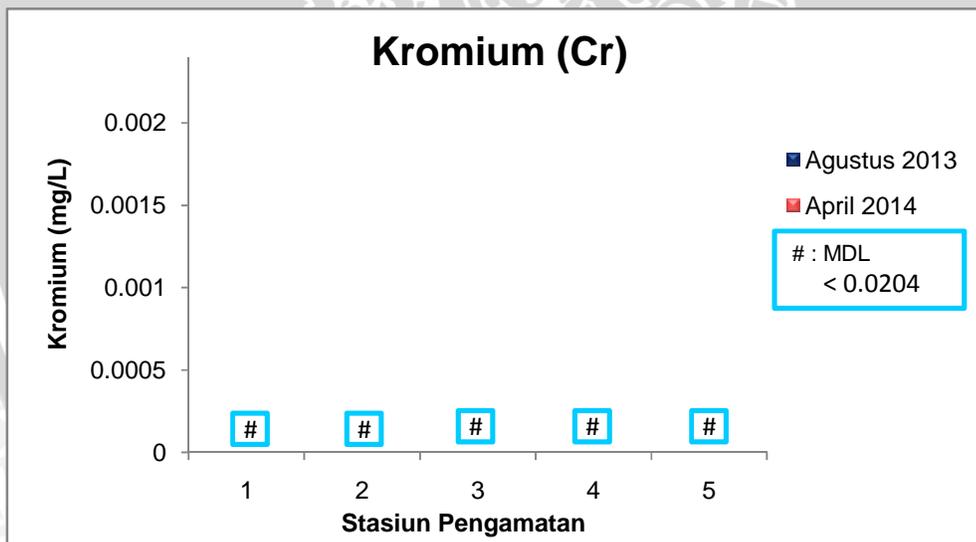
Berdasarkan data dari Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Sidoarjo (2012) dalam Putra (2013), terdapat industri bahan dan mineral alam seperti pembuangan lumpur panas ke Sungai Porong yang mengalir ke pesisir Jabon sehingga diduga di pesisir Jabon terdapat kandungan kadmium (Cd), namun konsentrasinya sangat kecil sehingga tidak terdeteksi oleh AAS.

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Lampiran III tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Biota Laut, konsentrasi kadmium (Cd) yang baik untuk biota laut adalah 0.001 mg/L. Konsentrasi logam berat kadmium (Cd) di pesisir Jabon sangat kecil yaitu

< 0.0024 mg/L. Nilai konsentrasi kadmium (Cd) pada air laut di pesisir Jabon lebih kecil dibandingkan dengan baku mutu Kepmen Lingkungan Hidup tahun 2004, sehingga konsentrasi kadmium (Cd) pada air laut aman bagi biota perairan.

#### 4.3.1.3 Kromium (Cr)

Hasil analisis kadar logam berat kromium (Cr) di air laut pada Agustus 2013 dan April 2014 tidak terdeteksi di Perairan Jabon. Hal ini disebabkan batas deteksi oleh AAS yang digunakan adalah < 0.0204 mg/L (Lab. Kualitas Air, 2010). Diduga kadar logam berat kromium (Cr) lebih kecil dari batas deteksi (MDL) yang digunakan sehingga tidak terdeteksi. Grafik pengukuran kadar logam berat kromium (Cr) dapat dilihat pada Gambar 19 di bawah ini.



Gambar 19. Grafik pengukuran kadar logam berat kromium (Cr) di air laut

Kromium dapat masuk ke badan perairan dengan dua cara, yaitu alamiah dan non alamiah. Masuknya kromium secara alamiah dapat disebabkan adanya erosi atau pengikisan pada batuan mineral dan debu-debu atau partikel kromium yang ada di udara akan dibawa turun oleh air hujan. Masuknya kromium secara non alamiah dapat disebabkan adanya aktivitas manusia seperti buangan limbah

industri dan rumah tangga ke badan air (Depkes, 2009). Logam kromium dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, baik perairan, tanah maupun udara. Sumber-sumber masukan logam kromium ke dalam lingkungan yang umum dan diduga paling banyak adalah dari kegiatan-kegiatan perindustrian, kegiatan rumah tangga dan dari pembakaran serta mobilitas bahan-bahan bakar (Palar, 2008).

Konsentrasi logam berat kromium (Cr) pada Agustus 2013 dan April 2014 sangat kecil sekali sehingga tidak terdeteksi oleh AAS, hal ini diduga adanya masukan limbah yang mengandung kromium (Cr) dalam jumlah kecil atau kromium (Cr) yang terakumulasi di perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi sehingga mengendap atau tersuspensi ke badan air akibat adanya pola pasang surut.

Kromium terdapat dalam bijih tambang. Penambangan, peleburan dan penggunaan industri cenderung meningkatkan kadarnya dalam lingkungan. Logam ini digunakan untuk membuat baja anti karat, berbagai aloi dan pigmen. Pabrik yang berbahan bakar fosil dan pabrik semen juga menjadi sumber pencemaran lingkungan. Kadar Kromium dalam udara, air dan makanan biasanya sangat rendah (LU, 1995).

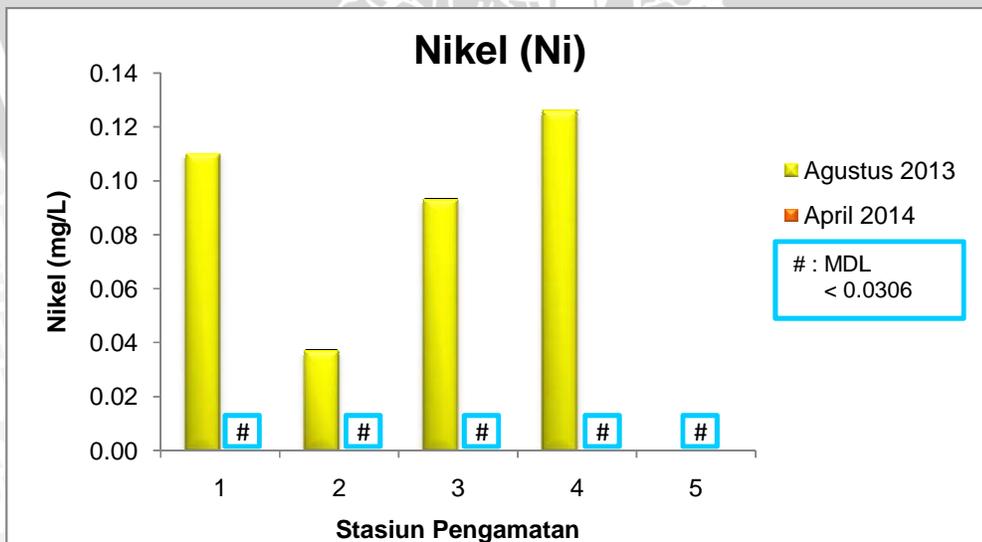
Berdasarkan data dari Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Sidoarjo (2012) dalam Putra (2013), terdapat industri bahan kimia yang memproduksi pewarna keramik, dan industri elektronik. Selain itu, adanya kegiatan rumah tangga dan dari pembakaran serta mobilitas bahan-bahan juga menjadi faktor keberadaan kromium (Cr) sehingga diduga di pesisir Jabon terdapat kandungan kromium (Cr), namun konsentrasinya sangat kecil sehingga tidak terdeteksi oleh AAS.

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Lampiran III tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Biota Laut,

konsentrasi kromium (Cr) yang baik untuk biota laut adalah 0.005 mg/L. Konsentrasi logam berat kromium (Cr) di pesisir Jabon sangat kecil yaitu < 0.0204 mg/L. Nilai konsentrasi kromium (Cr) pada air laut di pesisir Jabon lebih kecil dibandingkan dengan baku mutu Kepmen Lingkungan Hidup tahun 2004, sehingga konsentrasi kromium (Cr) pada air laut aman bagi biota perairan.

#### 4.3.1.4 Nikel (Ni)

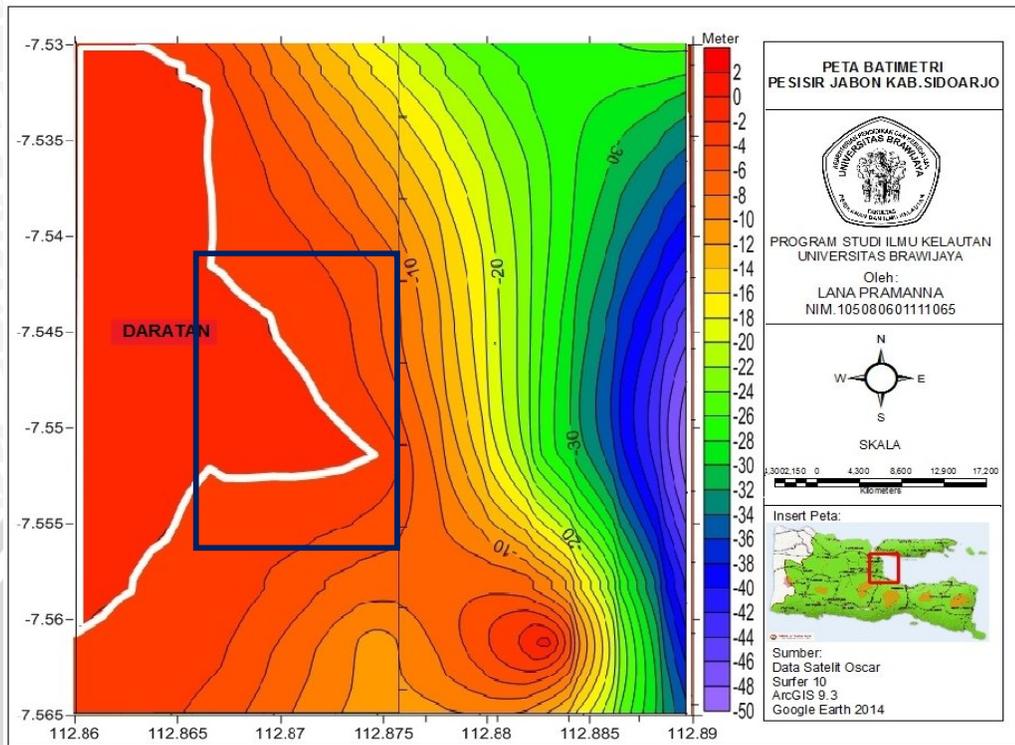
Hasil analisis kadar logam berat nikel (Ni) di air laut pada Agustus 2013 adalah stasiun 1 sebesar 0.11 mg/L, stasiun 2 sebesar 0.037 mg/L, stasiun 3 sebesar 0.098 mg/L, stasiun 4 sebesar 0.126 dan stasiun 5 tidak terdeteksi. Hasil analisis kadar logam berat nikel (Ni) di air laut pada April 2014 tidak terdeteksi. Hal ini disebabkan batas deteksi oleh AAS yang digunakan adalah < 0.0306 mg/L (Lab. Kualitas Air, 2010). Diduga pada beberapa stasiun kadar logam berat nikel (Ni) lebih kecil dari batas deteksi (MDL) yang digunakan sehingga tidak terdeteksi. Grafik pengukuran kadar logam berat nikel (Ni) dapat dilihat pada gambar 20 di bawah ini.



Gambar 20. Grafik pengukuran kadar logam berat nikel (Ni) di air laut

Berdasarkan grafik pengukuran konsentrasi logam berat nikel (Ni) diketahui bahwa pada Agustus 2013, konsentrasi nikel (Ni) tertinggi terdapat di stasiun 4 karena terletak di belakang Pulau Sarinah sehingga adanya masukan limbah akibat kegiatan antropogenik seperti kegiatan rumah tangga, limbah industri yang menghasilkan limbah Ni yang dibuang langsung ke badan air Sungai Porong tanpa dilakukan pengolahan terlebih dulu, adanya aliran limbah dari kegiatan tambak yang menggunakan pupuk kompos yang mengalir dari hulu ke stasiun 4 sehingga diduga dapat mempengaruhi konsentrasi nikel (Ni). Konsentrasi nikel (Ni) tidak terdeteksi pada stasiun 5. Tingginya kadar logam berat pada Agustus 2013 dimungkinkan karena adanya proses pengendapan oleh faktor pola pasang surut. Saat melakukan sampling, keadaan gelombang air laut cukup tenang sehingga logam berat tersebut mengalami proses pengadukan yang kecil dan pengendapan yang cukup tinggi.

Berdasarkan grafik pengukuran konsentrasi logam berat nikel (Ni) diketahui bahwa pada April 2014 tidak terdeteksi. April merupakan musim penghujan, dimana debit air tawar yang masuk ke muara dan mengalir ke laut cukup besar sehingga menimbulkan gelombang yang besar. Rendahnya kadar logam berat pada April 2014 dimungkinkan karena adanya proses pengendapan oleh faktor pola pasang surut. Saat melakukan sampling, keadaan gelombang air laut cukup besar berbeda dengan Agustus 2013 dimana keadaan gelombang air laut cukup tenang, sehingga logam berat tersebut mengalami proses pengendapan cukup rendah. Faktor lain yang mempengaruhi hal ini adalah kedalaman (batimetri). Perairan Jabon memiliki kedalaman yang relatif dangkal (0,5 – 5 meter). Kondisi batimetri ini digunakan untuk mengetahui besar pengaruh turbulensi (pengadukan) terhadap distribusi logam berat. Peta batimetri Perairan Jabon dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Peta Batimetri Perairan Jabon, Sidoarjo

Pada Agustus 2013 angin yang bertiup di sekitar Perairan Jabon relatif tenang mengakibatkan kecepatan arus permukaan relatif kecil namun, karena kondisi batimetri yang relatif dangkal menyebabkan endapan partikel Ni terangkat ke kolom air (resuspensi logam Ni). Pada April 2014, kondisi angin dan kecepatan arus relatif tinggi namun, logam Ni tidak terdeteksi. Hal ini diduga adanya sumber masukan Ni dari daratan yang berkurang atau Ni membentuk senyawa kompleks dengan hidroksida, karbonat, dan sulfat dan selanjutnya mengalami presipitasi.

Berdasarkan data dari Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Sidoarjo (2012) dalam Handika (2012), terdapat industri yang memproduksi pupuk dan aluminium foil. Limbah dari produksi industri ini diduga dapat menghasilkan nikel di perairan.

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Lampiran III tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Biota Laut,

konsentrasi nikel (Ni) yang baik untuk biota laut adalah 0.05 mg/L. Konsentrasi logam berat nikel (Ni) di pesisir Jabon yaitu pada Agustus 2013 berkisar antara 0.037 – 0.126 mg/L dan pada April 2014 sangat kecil yaitu < 0.0306 mg/L. Nilai konsentrasi nikel (Ni) pada air laut di pesisir Jabon pada Agustus 2013 lebih besar dibandingkan dengan baku mutu Kepmen Lingkungan Hidup tahun 2004, tetapi pada April 2014 lebih kecil dibandingkan baku mutu sehingga konsentrasi nikel (Ni) pada air laut aman bagi biota perairan.

#### 4.3.1.5 Distribusi Temporal Konsentrasi Logam Berat Pada Air Laut

Analisis logam berat dalam air laut relatif lebih cepat dan lebih mudah dibandingkan dengan sampel lain, namun sampel air memiliki kelemahan bila digunakan untuk monitoring. Air laut memiliki mobilitas sangat tinggi yang berhubungan dengan perbedaan dan perubahan sifat-sifat fisika kimia dan konsentrasi logam berat berdasarkan waktu (Philips, 1995). Analisa logam berat dalam air juga belum dapat memberikan informasi tentang ketersediaan secara biologi logam tersebut di suatu perairan (Philips dan Rainbow, 1993). Disamping itu, faktor fisik dan kimia perairan akan berpengaruh satu sama lain dan akan berpengaruh pada konsentrasi logam berat terlarut di perairan tersebut (Ouyang *et al.*, 2006). Konsentrasi logam berat yang terlarut dalam air laut sangat tergantung pada keadaan perairan tersebut dimana semakin banyak aktivitas manusia baik di darat maupun di pantai akan mempengaruhi konsentrasi logam berat dalam air laut.

Hasil analisis kadar logam berat dalam air laut menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat yang terdeteksi hanya Ni. Hasil analisis kisaran logam berat dalam air laut dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Analisis Kisaran Logam Berat (mg/L) Dalam Air Laut di Perairan Jabon Pada Agustus 2013 dan April 2014

No.	Parameter	Air Laut	
		Agustus 2013	April 2014
1	As	tt	tt
2	Cd	tt	tt
3	Cr	tt	tt
4	Ni	tt – 0.126	tt

Keterangan :

tt : Tidak terdeteksi

MDL : Methode Detection Limit

1. Menurut Lab. Kualitas Air Jasa Tirta, MDL arsen (As) < 0.0005

2. Menurut Lab. Kualitas Air Jasa Tirta, MDL kadmium (Cd) < 0.0024

3. Menurut Lab. Kualitas Air Jasa Tirta, MDL kromium (Cr) < 0.0204

4. Menurut Lab. Kualitas Air Jasa Tirta, MDL nikel (Ni) < 0.0306

Berdasarkan hasil analisis kadar logam berat di atas, menunjukkan bahwa dari keempat logam berat yang diteliti, nikel mengalami penurunan nilai yang tidak signifikan dari Agustus 2013 sampai April 2014. Konsentrasi logam berat nikel umumnya ditemukan pada lokasi-lokasi yang lebih dekat dengan muara menunjukkan bahwa sumber logam tersebut berasal dari aktivitas di darat. Salah satu sumber pencemaran nikel adalah limbah rumah tangga, industri yang memproduksi pupuk dan aluminium foil serta limbah dari pupuk yang berasal baik dari pertanian maupun tambak yang masuk ke sungai kemudian mengalir ke muara dan terakumulasi di laut. Adanya penurunan konsentrasi Ni diduga karena sumber masukan Ni dari daratan yang berkurang atau Ni membentuk senyawa kompleks dengan hidroksida, karbonat, dan sulfat dan selanjutnya mengalami presipitasi. Faktor lain yang dapat mempengaruhi yaitu adanya proses pengendapan oleh faktor pola pasang surut. Saat melakukan sampling, keadaan gelombang air laut cukup tenang berbeda dengan April 2014 dimana keadaan gelombang air laut cukup besar, sehingga logam berat tersebut mengalami proses pengadukan yang kecil dan proses pengendapan yang cukup besar.

Menurut Darmono (1995), konsentrasi logam pada suatu perairan dari waktu ke waktu selalu berubah-ubah, konsentrasinya bisa semakin meningkat atau menurun hal ini karena kondisi air adanya pergerakan arus, gelombang,

curah hujan dan perubahan kondisi lingkungan yang berlangsung terus-menerus. Kandungan logam berat juga dapat berubah-ubah dan sangat bergantung pada lingkungan dan iklim. Pada musim hujan, kandungan logam akan lebih kecil karena proses pelarutan, sedangkan pada musim kemarau kandungan logam akan lebih tinggi karena logam menjadi terkonsentrasi. Hal ini sesuai dengan hasil analisis logam berat di pesisir Jabon bahwa pada Agustus 2013 umumnya lebih tinggi dibandingkan pada April 2014.

#### 4.3.2 Sedimen

##### 4.3.2.1 Arsen (As)

Hasil analisis kadar logam berat arsen (As) di sedimen pada Agustus 2013 dan April 2014 tidak terdeteksi di Perairan Jabon. Hal ini disebabkan batas deteksi oleh AAS yang digunakan adalah  $< 0.0005$  mg/L (Lab. Kualitas Air, 2010). Diduga kadar logam berat arsen (As) lebih kecil dari batas deteksi (MDL) yang digunakan sehingga tidak terdeteksi. Grafik pengukuran kadar logam berat arsen (As) dapat dilihat pada Gambar 22 di bawah ini.



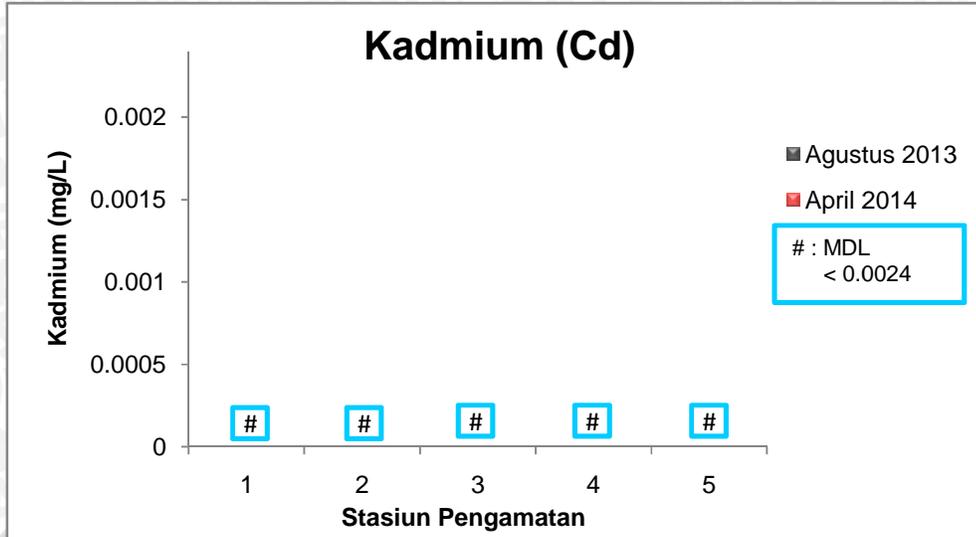
Gambar 22. Grafik pengukuran kadar logam berat arsen (As) di sedimen

Konsentrasi logam toksik seperti Cd, Pb, Hg dan As dalam lingkungan perairan secara alamiah biasanya sangat kecil sekali (Darmono, 2001). Logam berat terakumulasi ke lingkungan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi (Rochyatun, 2007). Konsentrasi logam berat arsen (As) pada Agustus 2013 dan April 2014 sangat kecil sekali sehingga tidak terdeteksi oleh AAS, hal ini diduga adanya masukan limbah yang mengandung arsen (As) dalam jumlah kecil atau arsen (As) yang terakumulasi di sedimen membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi yang telah mengendap atau tersuspensi ke badan air akibat adanya pola pasang surut.

Berdasarkan *International Association of Dredging Companies (IADC)* Tahun 1997, jika konsentrasi arsen (As) yang ada pada sedimen memiliki nilai yang lebih kecil dari 29 ppm, maka substansi yang ada pada sedimen tidak terlalu berbahaya bagi lingkungan. Konsentrasi logam berat arsen (As) di pesisir Jabon sangat kecil yaitu  $< 0.0005$  mg/L. Nilai konsentrasi arsen (As) pada sedimen di pesisir Jabon jauh lebih kecil dibandingkan dengan baku mutu *IADC* Tahun 1997, sehingga konsentrasi arsen (As) pada sedimen aman bagi biota perairan.

#### 4.3.2.2 Kadmium (Cd)

Hasil analisis kadar logam berat kadmium (Cd) di sedimen pada Agustus 2013 dan April 2014 tidak terdeteksi di Perairan Jabon. Hal ini disebabkan batas deteksi oleh AAS yang digunakan adalah  $< 0.0024$  mg/L (Lab. Kualitas Air, 2010). Diduga kadar logam berat kadmium (Cd) lebih kecil dari batas deteksi (MDL) yang digunakan sehingga tidak terdeteksi. Grafik pengukuran kadar logam berat kadmium (Cd) dapat dilihat pada Gambar 23 di bawah ini.



Gambar 23. Grafik pengukuran kadar logam berat kadmium (Cd) di sedimen

Konsentrasi logam toksik seperti Cd, Pb, Hg dan As dalam lingkungan perairan secara alamiah biasanya sangat kecil sekali (Darmono, 2001). Kadar logam berat kadmium (Cd) baik pada Agustus 2013 dan April 2014 sangat kecil sekali. Menurut Dani (2012), perpindahan logam kadmium ke dalam sedimen bergantung pada jumlah pengendapan serta terjadinya ikatan logam dengan mineral, logam hidroksida dan material organik yang mengikat jumlahnya ketika pH meningkat. Selain itu, adanya proses pengendapan oleh faktor pola pasang surut juga mempengaruhi kadar logam berat di sedimen. Menurut Sanusi (2006), dinamika oseanografi yang terjadi di perairan laut, kadmium akan mengalami hidrolisis, teradsorpsi oleh padatan tersuspensi dan membentuk ikatan kompleks dengan bahan organik dan mengendap dalam sedimen. Proses adsorpsi ini akan diikuti pula oleh proses desorpsi yang mengembalikan kadmium kembali terlarut dalam badan air.

Kadmium tidak dapat didegradasi di alam sehingga bebas berada di lingkungan dan akan tetap berada di dalam sirkulasi perairan dan dapat berikatan dengan logam berat lain sehingga membentuk senyawa tertentu di perairan.

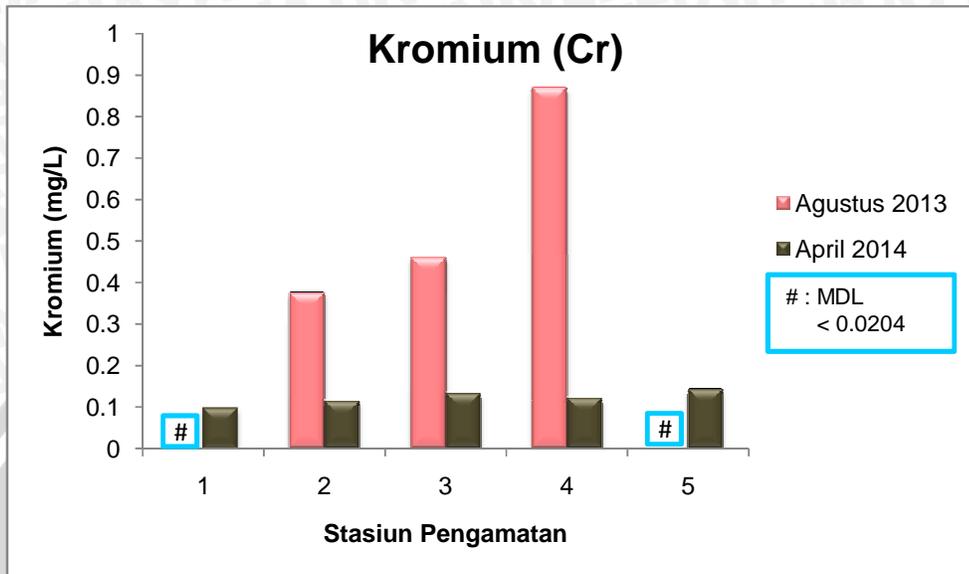
Berdasarkan *International Association of Dredging Companies (IADC)* Tahun 1997, jika konsentrasi kadmium (Cd) pada sedimen memiliki nilai yang lebih kecil dari 0.8 ppm, maka substansi yang ada pada sedimen tidak terlalu berbahaya bagi lingkungan. Konsentrasi logam berat kadmium (Cd) di pesisir Jabon sangat kecil yaitu  $< 0.0024$  mg/L. Nilai konsentrasi kadmium (Cd) pada sedimen di pesisir Jabon jauh lebih kecil dibandingkan dengan baku mutu *IADC* Tahun 1997, sehingga konsentrasi kadmium (Cd) pada sedimen aman bagi biota perairan.

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Lampiran III tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Biota Laut, konsentrasi kadmium (Cd) yang baik untuk biota laut adalah 0.001 mg/L. Konsentrasi logam berat kadmium (Cd) di pesisir Jabon sangat kecil yaitu  $< 0.0024$  mg/L. Nilai konsentrasi kadmium (Cd) pada air laut di pesisir Jabon lebih kecil dibandingkan dengan baku mutu Kepmen Lingkungan Hidup tahun 2004, sehingga konsentrasi kadmium (Cd) pada air laut aman bagi biota perairan.

#### 4.3.2.3 Kromium (Cr)

Hasil analisis kadar logam berat kromium (Cr) di sedimen pada Agustus 2013 adalah stasiun 1 tidak terdeteksi, stasiun 2 sebesar 0.037 mg/L, stasiun 3 sebesar 0.098 mg/L, stasiun 4 sebesar 0.126, dan stasiun 5 tidak terdeteksi. Hal ini disebabkan batas deteksi oleh AAS yang digunakan adalah  $< 0.204$  mg/L (Lab. Kualitas Air, 2010). Diduga pada beberapa stasiun kadar logam berat kromium (Cr) lebih kecil dari batas deteksi (MDL) yang digunakan sehingga tidak terdeteksi. Hasil analisis kadar logam berat kromium (Cr) di sedimen pada April 2014 adalah stasiun 1 0.098 mg/L, stasiun 2 sebesar 0.114 mg/L, stasiun 3 sebesar 0.133 mg/L, stasiun 4 sebesar 0.121, dan stasiun 5 sebesar 0.143.

Grafik pengukuran kadar logam berat kromium (Cr) dapat dilihat pada Gambar 24 di bawah ini.



Gambar 24. Grafik pengukuran kadar logam berat kromium (Cr) di sedimen

Berdasarkan grafik pengukuran konsentrasi logam berat kromium (Cr) diketahui bahwa pada Agustus 2013, nilai konsentrasi kromium tertinggi terdapat di stasiun 4. Kecepatan arus pada stasiun 1 dan 5 lebih besar dibandingkan dengan pada stasiun 2, 3 dan 4, pada kecepatan arus yang kecil, partikel akan lebih cepat tersuspensi karena proses pencampuran partikel di kolom air juga relatif kecil sehingga distribusi kromium (Cr) pada stasiun 1 berada di kolom air kemudian mengalir pada stasiun 2 dan mulai tersuspensi di sedimen, aliran Cr pada sedimen mengalir ke stasiun 3 dan stasiun 4, kemudian akan mengalir ke stasiun 5. Tetapi, pada stasiun 5, Cr tidak terdeteksi baik pada air laut maupun sedimen. Hal ini diduga disebabkan karena kandungan konsentrasi yang terlalu kecil sehingga tidak dapat terdeteksi oleh AAS.

Berdasarkan grafik pengukuran konsentrasi logam berat kromium (Cr) diketahui bahwa pada April 2014, nilai konsentrasi kromium (Cr) tertinggi terdapat di stasiun 5 sebesar 0.143 mg/L. Kecepatan arus pada April 2014 jauh lebih tinggi dibandingkan Agustus 2013. Kecepatan arus di masing-masing

stasiun cukup tinggi sehingga kadar logam berat tersebar merata di masing-masing stasiun. Stasiun 5 merupakan laut sehingga logam berat dari stasiun 1, 2, 3 dan 4 terakumulasi di stasiun 5 yang disebut juga sebagai *dumping site* (tempat akumulasi dari toksisitas logam berat). Nilai konsentrasi kromium (Cr) terendah terdapat di stasiun 1 sebesar 0.098 mg/L karena stasiun ini merupakan percabangan dari muara sungai Porong sebelah selatan dimana debit air lebih banyak masuk ke stasiun 2 sehingga masukan air ke stasiun 1 lebih sedikit dan membawa limbah yang diduga mengandung kromium lebih kecil dari stasiun lainnya. Selain itu, stasiun 1 terletak tidak jauh dari mangrove.

April merupakan musim penghujan, dimana debit air tawar yang masuk ke muara dan mengalir ke laut cukup besar sehingga menimbulkan gelombang yang besar. Rendahnya kadar logam berat pada April 2014 dimungkinkan karena adanya proses pengendapan oleh faktor pola pasang surut. Saat melakukan sampling, keadaan gelombang air laut cukup besar berbeda dengan Agustus 2013 dimana keadaan gelombang air laut cukup tenang, sehingga logam berat tersebut mengalami proses pengendapan cukup rendah.

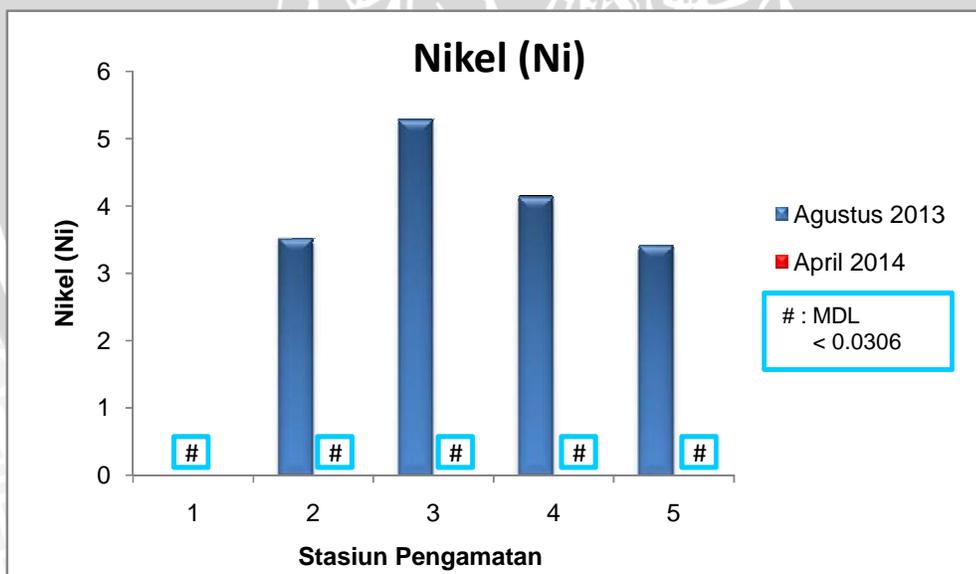
Proses-proses kimiawi yang berlangsung dalam badan perairan juga dapat mengakibatkan terjadinya peristiwa reduksi dari senyawa-senyawa  $\text{Cr}^{6-}$  yang sangat beracun menjadi  $\text{Cr}^{3-}$  yang kurang beracun. Peristiwa reduksi yang terjadi atas senyawa  $\text{Cr}^{6-}$  menjadi  $\text{Cr}^{3-}$ , dapat berlangsung bila badan air dan atau mempunyai lingkungan yang bersifat asam. Untuk perairan yang berlingkungan basa-ion  $\text{Cr}^{3-}$  akan diendapkan di dasar perairan (Palar, 1994).

Menurut *International Association of Dredging Companies (IADC)* Tahun 1997, jika konsentrasi kromium (Cr) pada sedimen memiliki nilai yang lebih kecil dari 100 ppm, maka substansi yang ada pada sedimen tidak terlalu berbahaya bagi lingkungan. Konsentrasi logam berat kromium (Cr) di pesisir Jabon sangat kecil yaitu  $< 0.0204$  mg/L. Nilai konsentrasi kromium (Cr) pada sedimen di pesisir

Jabon jauh lebih kecil dibandingkan dengan baku mutu *IACD* Tahun 1997, sehingga konsentrasi kromium (Cr) pada sedimen aman bagi biota perairan.

#### 4.3.2.4 Nikel (Ni)

Hasil analisis kadar logam berat nikel (Ni) di sedimen pada Agustus 2013 adalah stasiun 1 tidak terdeteksi, stasiun 2 sebesar 3.510 mg/L, stasiun 3 sebesar 5.280 mg/L, stasiun 4 sebesar 4.135 mg/L dan stasiun 5 sebesar 3.405 mg/L. Hasil analisis kadar logam berat nikel (Ni) di air laut pada April 2014 tidak terdeteksi. Hal ini disebabkan batas deteksi oleh AAS yang digunakan adalah < 0.0306 mg/L (Lab. Kualitas Air, 2010). Diduga pada beberapa stasiun kadar logam berat nikel (Ni) lebih kecil dari batas deteksi (MDL) yang digunakan sehingga tidak terdeteksi. Grafik pengukuran kadar logam berat nikel (Ni) dapat dilihat pada Gambar 25 di bawah ini.



Gambar 25. Grafik pengukuran kadar logam berat nikel (Ni) di sedimen

Berdasarkan grafik pengukuran konsentrasi logam berat nikel (Ni) diketahui bahwa pada Agustus 2013, nilai konsentrasi Nikel (Ni) tertinggi terdapat di stasiun 3 sebesar 5.280 mg/L karena diduga kecepatan arus pada stasiun ini lebih kecil dibandingkan stasiun lainnya sehingga air relatif tenang dan tidak

terlalu terjadi pengadukan materi di dalamnya, hal ini dapat mengakibatkan partikel Nikel (Ni) yang ada di kolom air dapat tersuspensi pada sedimen dengan cepat. Nilai konsentrasi Nikel (Ni) tidak terdeteksi pada stasiun 1, karena batas deteksi atau konsentrasinya dalam jumlah kecil. Tingginya kadar logam berat pada Agustus 2013 dimungkinkan karena adanya proses pengendapan oleh faktor pola pasang surut. Saat melakukan sampling, keadaan gelombang air laut cukup tenang sehingga logam berat tersebut mengalami proses pengendapan cukup tinggi.

Berdasarkan grafik pengukuran konsentrasi logam berat nikel (Ni) diketahui bahwa pada April 2014 tidak terdeteksi. April merupakan musim penghujan, dimana debit air tawar yang masuk ke muara dan mengalir ke laut cukup besar sehingga menimbulkan gelombang yang besar. Rendahnya kadar logam berat pada April 2014 dimungkinkan karena adanya proses pengendapan oleh faktor pola pasang surut. Saat melakukan sampling, keadaan gelombang air laut cukup besar berbeda dengan Agustus 2013 dimana keadaan gelombang air laut cukup tenang sehingga logam berat tersebut mengalami proses pengendapan cukup rendah.

Menurut *International Association of Dredging Companies (IADC)* Tahun 1997, jika konsentrasi nikel (Ni) pada sedimen memiliki nilai yang lebih kecil dari 35 ppm, maka substansi yang ada pada sedimen tidak terlalu berbahaya bagi lingkungan. Konsentrasi logam berat nikel (Ni) di pesisir Jabon sangat kecil yaitu  $< 0.0306$  mg/L. Nilai konsentrasi nikel (Ni) pada sedimen di pesisir Jabon lebih kecil dibandingkan dengan baku mutu *IACD* Tahun 1997, sehingga konsentrasi nikel (Ni) pada sedimen aman bagi biota perairan.

#### 4.3.2.5 Distribusi Temporal Konsentrasi Logam Berat Pada Sedimen

Sedimen adalah padatan yang dapat langsung mengendap jika air didiamkan tidak terganggu selama beberapa waktu (Fardiaz, 2005 dalam Sarjono, 2009). Distribusi logam berat dalam sedimen selain dipengaruhi oleh tekstur sedimen, juga dipengaruhi oleh aktivitas di perairan tersebut serta adanya pergerakan arus yang memutuskan ikatan antar butiran sedimen, sehingga sedimen permukaan menjadi tersuspensi di perairan. Sedimen tersuspensi tersebut kemudian akan mengendap kembali setelah berikatan dengan padatan tersuspensi lainnya yang juga melayang-layang di perairan laut. Padatan tersuspensi yang melekat pada butiran sedimen tersebut juga membawa logam berat yang berasal dari air laut permukaan (Owen dan Shandu, 2000).

Konsentrasi kromium dan nikel pada Agustus 2013 lebih besar dibandingkan April 2014. Hasil analisis kadar logam berat dalam sedimen menunjukkan bahwa kromium mengalami perubahan sebesar 0.261 – 0.749 mg/L dan nikel mengalami penurunan yang tidak signifikan dari Agustus 2013 sampai April 2014. Perubahan konsentrasi pada Agustus 2013 dan April 2014 sangat dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari. Pada bulan Agustus 2013 terjadi musim kemarau sehingga intensitas radiasi matahari meningkat menyebabkan terjadinya evaporasi dan volume air laut menjadi berkurang. Jika volume air berkurang, maka akan terjadi pemekatan material di perairan termasuk logam berat. Saat musim kemarau, angin bertiup relatif tidak kencang menyebabkan arus relatif tenang dan terjadi turbulensi atau pengadukan yang rendah sehingga kandungan logam berat akan dibawa oleh arus dan mengendap di sedimen. Begitu juga sebaliknya dengan penelitian pada April 2014 saat musim hujan. Hasil analisis kisaran logam berat dalam sedimen dapat dilihat pada Tabel 11 di bawah ini.

Tabel 11. Hasil Analisis Kisaran Logam Berat (mg/L) Dalam Sedimen di Perairan Jabon Pada Agustus 2013 dan April 2014

No.	Parameter	Sedimen	
		Agustus 2013	April 2014
1	As	tt	tt
2	Cd	tt	tt
3	Cr	tt – 0.87	0.098 – 0.143
4	Ni	tt – 5.280	tt

Keterangan :

tt : Tidak terdeteksi

MDL : Methode Detection Limit

1. Menurut Lab. Kualitas Air Jasa Tirta, MDL arsen (As) < 0.0005

2. Menurut Lab. Kualitas Air Jasa Tirta, MDL kadmium (Cd) < 0.0024

3. Menurut Lab. Kualitas Air Jasa Tirta, MDL kromium (Cr) < 0.0204

4. Menurut Lab. Kualitas Air Jasa Tirta, MDL nikel (Ni) < 0.0306

Adanya penurunan yang tidak signifikan dari konsentrasi kromium dan nikel ini diduga karena waktu pengambilan sampel cukup berdekatan dan belum terjadi proses pengendapan logam berat ke sedimen lebih lanjut sehingga kadar logam berat yang diperoleh memiliki perbedaan yang kecil.

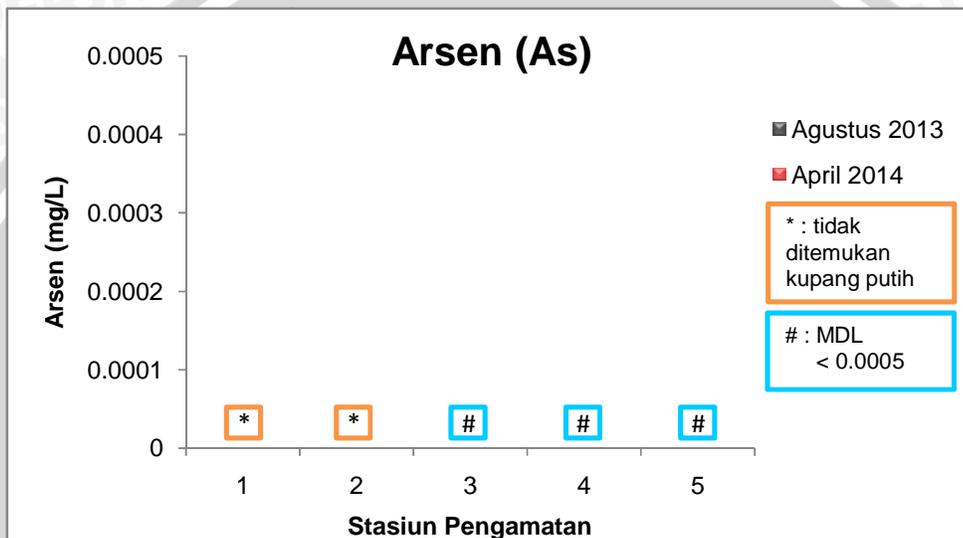
Menurut Darmono (1995), konsentrasi logam pada suatu perairan dari waktu ke waktu selalu berubah-ubah, konsentrasinya bisa semakin meningkat atau menurun hal ini karena kondisi air adanya pergerakan arus, gelombang, curah hujan dan perubahan kondisi lingkungan yang berlangsung terus-menerus. Kandungan logam berat juga dapat berubah-ubah dan sangat bergantung pada lingkungan dan iklim. Pada musim hujan, kandungan logam akan lebih kecil karena proses pelarutan, sedangkan pada musim kemarau kandungan logam akan lebih tinggi karena logam menjadi terkonsentrasi. Hal ini sesuai dengan hasil analisis kromium dan nikel di pesisir Jabon yang mengalami penurunan dari Agustus 2013 sampai April 2014.

#### 4.3.3 Kupang Putih (*Corbula faba*)

##### 4.3.3.1 Arsen (As)

Hasil analisis kadar logam berat arsen (As) di kupang putih pada Agustus 2013 dan April 2014 tidak terdeteksi di Perairan Jabon. Hal ini disebabkan batas

deteksi oleh AAS yang digunakan adalah  $< 0.0005$  mg/L (Lab. Kualitas Air, 2010). Diduga kadar logam berat arsen (As) lebih kecil dari batas deteksi (MDL) yang digunakan sehingga tidak terdeteksi. Pada stasiun 1 dan 2 tidak terdapat kupang putih (*Corbula faba*) karena sedimen berupa pasir yang bukan merupakan habitatnya. Grafik pengukuran kadar logam berat arsen (As) dapat dilihat pada Gambar 26 di bawah ini.



Gambar 26. Grafik pengukuran kadar logam berat arsen (As) di kupang putih

Konsentrasi logam toksik seperti Cd, Pb, Hg dan As dalam lingkungan perairan secara alamiah biasanya sangat kecil sekali (Darmono, 2001). Logam berat tidak dapat dihancurkan (*non degradable*) oleh organisme hidup dan terakumulasi ke lingkungan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi (Rochyatun, 2007). Sifat logam berat inilah yang menunjukkan bahwa walaupun logam berat arsen (As) ditemukan dalam jumlah yang sangat kecil di pesisir Jabon, logam tersebut tidak dapat dihancurkan oleh organisme yang telah terpapar logam berat tersebut.

Konsentrasi setiap logam yang dimiliki oleh setiap biota mempunyai konsentrasi yang berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh kemampuan biota dalam mengabsorpsi logam yang ada di perairan, dapat juga dipengaruhi oleh ikatan

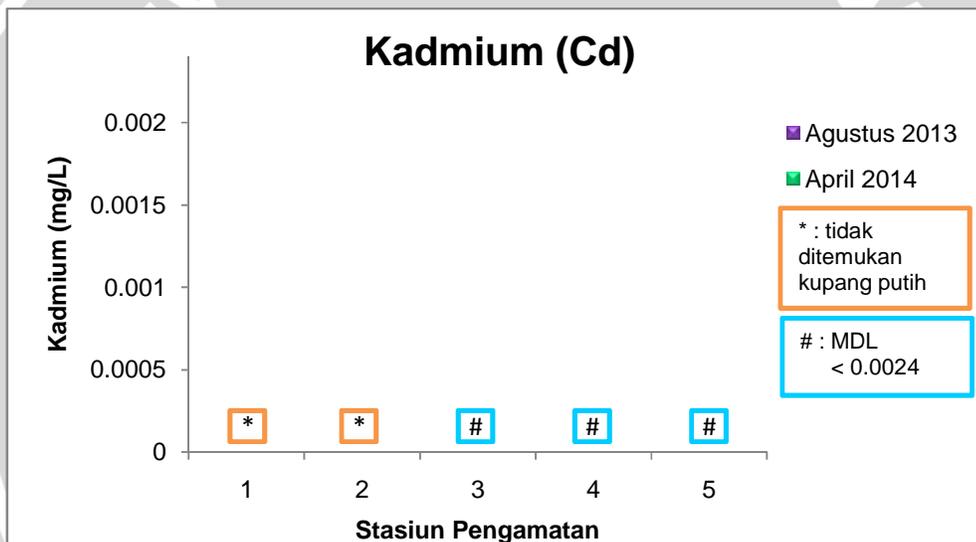
kimia dari masing-masing logam yang terlarut di dalam perairan. Sangat kecilnya nilai konsentrasi arsen (As) yang terakumulasi pada kupang putih (*Corbula faba*) diduga dipengaruhi oleh sedikitnya konsentrasi arsen (As) yang terdapat di sedimen. Kupang putih bersifat menetap, lambat untuk menghindarkan diri dari pengaruh polusi dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap logam tertentu. Menurut Darmono (2001), daya toksisitas logam berat terhadap makhluk hidup sangat bergantung pada spesies, lokasi, umur (fase siklus hidup), daya tahan (detoksikasi) dan kemampuan individu untuk menghindarkan diri dari pengaruh polusi.

Penelitian yang dilakukan oleh Soualili *et al.* (2007) dengan menggunakan Echinoidea jenis *P. lividus*, menemukan bahwa gonad betina dapat mengakumulasi logam berat dengan konsentrasi yang tinggi dan berhubungan dengan konsentrasi logam berat dalam sedimen. Menurut Darmono (2001), stadium larva dari jenis kerang yang disebut fase pelagik biasanya peka terhadap pengaruh polusi logam daripada masa dewasanya. Masa pertumbuhan dan perkembangan larva kerang untuk menjadi dewasa akan menjadi terlambat karena pengaruh toksisitas logam dalam konsentrasi subletal (kronis). Namun beberapa penelitian mengenai toksisitas logam pada jenis kerang menunjukkan bahwa fase embrio lebih peka daripada fase larva.

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Lampiran III tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Biota Laut, konsentrasi arsen (As) yang baik untuk biota laut adalah 0.012 mg/L. Konsentrasi logam berat arsen (As) di pesisir Jabon sangat kecil yaitu < 0.0005 mg/L. Nilai konsentrasi arsen (As) pada air laut di pesisir Jabon lebih kecil dibandingkan dengan baku mutu Kepmen Lingkungan Hidup tahun 2004, sehingga konsentrasi arsen (As) pada air laut aman bagi biota perairan.

#### 4.3.3.2 Kadmium (Cd)

Hasil analisis kadar logam berat kadmium (Cd) di kupang putih pada Agustus 2013 dan April 2014 tidak terdeteksi di Perairan Jabon. Hal ini disebabkan batas deteksi oleh AAS yang digunakan adalah  $< 0.0024$  mg/L (Lab. Kualitas Air, 2010). Diduga kadar logam berat kadmium (Cd) lebih kecil dari batas deteksi (MDL) yang digunakan sehingga tidak terdeteksi. Pada stasiun 1 dan 2 tidak terdapat kupang putih (*Corbula faba*) karena sedimen berupa pasir yang bukan merupakan habitatnya. Grafik pengukuran kadar logam berat kadmium (Cd) dapat dilihat pada Gambar 27 di bawah ini.



Gambar 27. Grafik pengukuran kadar logam berat kadmium (Cd) di kupang putih

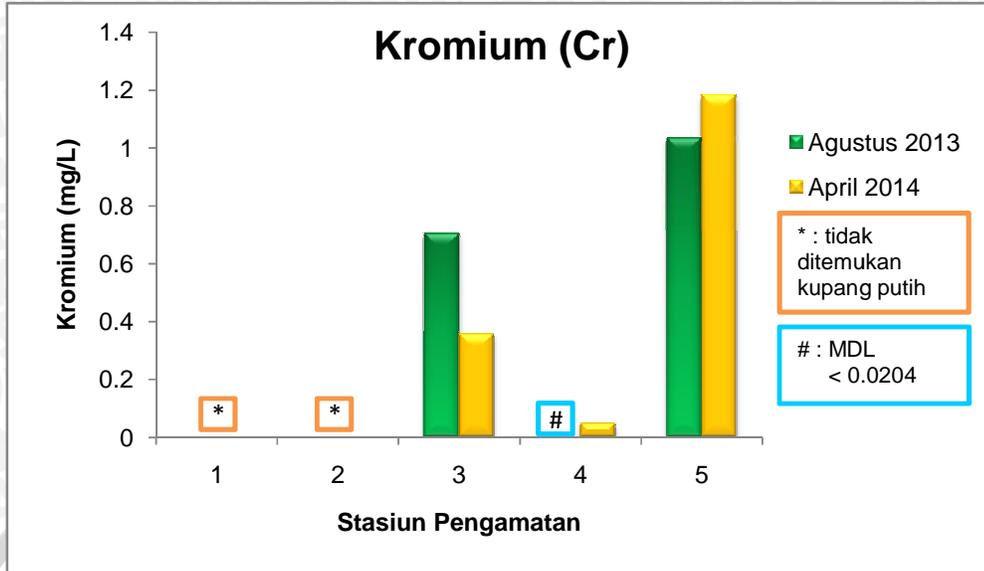
Konsentrasi setiap logam yang dimiliki oleh setiap biota mempunyai konsentrasi yang berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh kemampuan biota dalam mengabsorpsi logam yang ada di perairan, dapat juga dipengaruhi oleh ikatan kimia dari masing-masing logam yang terlarut di dalam perairan. Sangat kecilnya nilai konsentrasi kadmium (Cd) yang terakumulasi pada kupang putih (*Corbula faba*) diduga dipengaruhi oleh sedikitnya konsentrasi kadmium (Cd) yang terdapat di sedimen. Kupang putih bersifat menetap, lambat untuk menghindarkan diri dari pengaruh polusi dan mempunyai toleransi yang tinggi

terhadap logam tertentu. Menurut Darmono (2001), daya toksisitas logam berat terhadap makhluk hidup sangat bergantung pada spesies, lokasi, umur (fase siklus hidup), daya tahan (detoksikasi) dan kemampuan individu untuk menghindarkan diri dari pengaruh polusi.

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Lampiran III tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Biota Laut, konsentrasi kadmium (Cd) yang baik untuk biota laut adalah 0.001 mg/L. Konsentrasi logam berat kadmium (Cd) di pesisir Jabon sangat kecil yaitu < 0.0024 mg/L. Nilai konsentrasi kadmium (Cd) pada air laut di pesisir Jabon lebih kecil dibandingkan dengan baku mutu Kepmen Lingkungan Hidup tahun 2004, sehingga konsentrasi kadmium (Cd) pada air laut aman bagi biota perairan.

#### 4.3.3.3 Kromium (Cr)

Hasil analisis kadar logam berat kromium (Cr) di kupang putih pada Agustus 2013 adalah stasiun 1 dan 2 tidak terdapat kupang putih (*Corbula faba*) karena sedimen berupa pasir yang bukan merupakan habitatnya, stasiun 3 sebesar 0.705 mg/L, stasiun 4 tidak terdeteksi, stasiun 5 sebesar 1.035 mg/L dan pada April 2014 adalah stasiun 1 dan 2 tidak terdapat kupang putih (*Corbula faba*) karena sedimen berupa pasir yang bukan merupakan habitatnya, stasiun 3 sebesar 0.358 mg/L, stasiun 4 sebesar 0.048 mg/L, stasiun 5 sebesar 1.183 mg/L. Terdapat satu stasiun yang konsentrasi kromium (Cr) tidak terdeteksi disebabkan batas deteksi oleh AAS yang digunakan adalah < 0.0204 mg/L (Lab. Kualitas Air, 2010). Diduga kadar logam berat kromium (Cr) lebih kecil dari batas deteksi (MDL) yang digunakan sehingga tidak terdeteksi. Grafik pengukuran kadar logam berat kromium (Cr) dapat dilihat pada Gambar 28 di bawah ini.



Gambar 28. Grafik pengukuran kadar logam berat kromium (Cr) di kupang putih

Konsentrasi setiap logam yang dimiliki oleh setiap biota mempunyai konsentrasi yang berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh kemampuan biota dalam mengabsorpsi logam yang ada di perairan, dapat juga dipengaruhi oleh ikatan kimia dari masing-masing logam yang terlarut di dalam perairan. Kupang putih bersifat menetap, lambat untuk menghindarkan diri dari pengaruh polusi dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap logam tertentu. Menurut Darmono (2001), daya toksisitas logam berat terhadap makhluk hidup sangat bergantung pada spesies, lokasi, umur (fase siklus hidup), daya tahan (detoksikasi) dan kemampuan individu untuk menghindarkan diri dari pengaruh polusi.

Pengukuran kadar logam berat kromium (Cr) di kupang putih pada Agustus 2013 tidak dapat dibandingkan dengan April 2014, hanya saja pada masing-masing penelitian dapat dikaitkan dengan konsentrasi kromium (Cr) yang terdapat di sedimen. Hal ini disebabkan organisme tidak dapat mendegradasi logam berat yang terakumulasi dalam tubuhnya sehingga jumlah logam berat tersebut dapat terus bertambah tetapi tidak dapat berkurang. Saat melakukan sampling, keberadaan kupang putih lebih banyak ditemukan pada Agustus 2013

dibandingkan dengan April 2014 sebab saat musim penghujan air tawar lebih mendominasi daripada air laut, sehingga kupang putih banyak ditemukan.

Berdasarkan grafik pengukuran konsentrasi kromium diketahui bahwa pada Agustus 2013, terdapat hubungan antara nilai konsentrasi kromium (Cr) yang terakumulasi pada kupang putih (*Corbula faba*) dengan konsentrasi kromium (Cr) yang terdapat di sedimen ditunjukkan pada kondisi di stasiun 3. Tetapi pada stasiun 4, nilai konsentrasi Kromium (Cr) pada sedimen terdeteksi namun pada kupang putih (*Corbula faba*) tidak terdeteksi dan begitu sebaliknya pada stasiun 5. Hal ini diduga disebabkan karena jumlah dari biota kupang putih (*Corbula faba*) pada stadium embrio, larva (fase pelagik) dan dewasa yang memiliki kepekaan terhadap pengaruh polusi logam berat di kedua stasiun ini berbeda. Menurut Darmono (2001), stadium larva dari jenis kerang yang disebut fase pelagik biasanya peka terhadap pengaruh polusi logam daripada masa dewasanya. Masa pertumbuhan dan perkembangan larva kerang untuk menjadi dewasa akan menjadi terlambat karena pengaruh toksisitas logam dalam konsentrasi subletal (kronis). Namun beberapa penelitian mengenai toksisitas logam pada jenis kerang menunjukkan bahwa fase embrio lebih peka daripada fase larva.

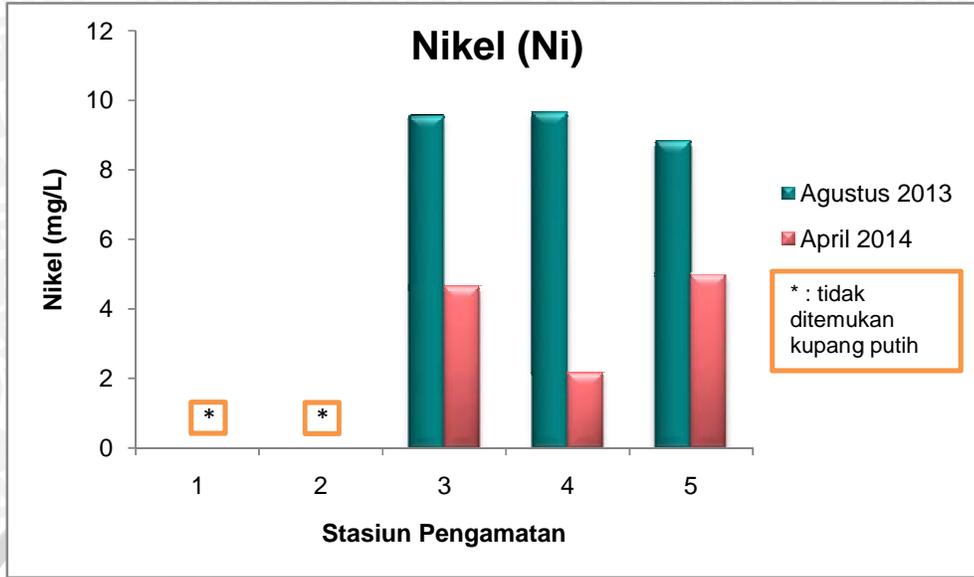
Hasil pengukuran pada April 2014 tidak berbeda jauh dengan Agustus 2013 yang menunjukkan bahwa konsentrasi kromium pada kupang putih dipengaruhi oleh konsentrasi kromium pada sedimen. Hal ini ditunjukkan seperti kondisi di stasiun 5, konsentrasi kromium yang tinggi pada sedimen menyebabkan konsentrasi yang tinggi juga pada kupang putih. Tinggi atau rendahnya nilai konsentrasi kromium (Cr) yang terakumulasi pada kupang putih (*Corbula faba*) diduga dipengaruhi oleh konsentrasi kromium (Cr) yang terdapat di sedimen karena kupang putih bersifat menetap, lambat untuk menghindarkan diri dari pengaruh polusi dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap logam tertentu.

Selain kondisi lingkungan, juga dipengaruhi oleh lamanya biota tersebut hidup pada lingkungan tercemar dan faktor internal seperti jenis, gonad, umur, ukuran, fase hidup dll.

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Lampiran III tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Biota Laut, konsentrasi kromium (Cr) yang baik untuk biota laut adalah 0.05 mg/L. Konsentrasi logam berat kromium (Cr) di pesisir Jabon pada Agustus 2013 berkisar antara  $< 0.0204 - 1.035$  mg/L dan pada April 2014 berkisar antara  $0.048 - 0.183$  mg/L. Nilai konsentrasi kromium (Cr) pada kupang putih di pesisir Jabon jauh lebih besar 100-1000 kali dibandingkan dengan baku mutu Kepmen Lingkungan Hidup tahun 2004, sehingga konsentrasi kromium (Cr) pada kupang putih tidak aman apabila dikonsumsi terus-menerus oleh manusia.

#### 4.3.3.4 Nikel (Ni)

Hasil analisis kadar logam berat nikel (Ni) di kupang putih pada Agustus 2013 adalah stasiun 1 dan 2 tidak terdapat kupang putih (*Corbula faba*) karena sedimen berupa pasir yang bukan merupakan habitatnya, stasiun 3 sebesar 9.545 mg/L, stasiun 4 sebesar 9.645 mg/L, stasiun 5 sebesar 8.815 mg/L dan pada April 2014 adalah stasiun 1 dan 2 tidak terdapat kupang putih (*Corbula faba*) karena sedimen berupa pasir yang bukan merupakan habitatnya, stasiun 3 sebesar 4.636 mg/L, stasiun 4 sebesar 2.141 mg/L, stasiun 5 sebesar 4.97 mg/L. Grafik pengukuran kadar logam berat nikel (Ni) dapat dilihat pada Gambar 29 di bawah ini.



Gambar 29. Grafik pengukuran kadar logam berat nikel (Ni) di kupang putih

Konsentrasi setiap logam yang dimiliki oleh setiap biota mempunyai konsentrasi yang berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh kemampuan biota dalam mengabsorpsi logam yang ada di perairan, dapat juga dipengaruhi oleh ikatan kimia dari masing-masing logam yang terlarut di dalam perairan. Kupang putih bersifat menetap, lambat untuk menghindarkan diri dari pengaruh polusi dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap logam tertentu. Menurut Darmono (2001), daya toksisitas logam berat terhadap makhluk hidup sangat bergantung pada spesies, lokasi, umur (fase siklus hidup), daya tahan (detoksikasi) dan kemampuan individu untuk menghindarkan diri dari pengaruh polusi.

Pengukuran kadar logam berat nikel (Ni) di kupang putih pada Agustus 2013 tidak dapat dibandingkan dengan April 2014, hanya saja pada masing-masing penelitian dapat dikaitkan dengan konsentrasi nikel (Ni) yang terdapat di sedimen. Hal ini disebabkan organisme tidak dapat mendegradasi logam berat yang terakumulasi dalam tubuhnya sehingga jumlah logam berat tersebut dapat terus bertambah tetapi tidak dapat berkurang. Saat melakukan sampling, keberadaan kupang putih lebih banyak ditemukan pada Agustus 2013

dibandingkan dengan April 2014 sebab saat musim penghujan air tawar lebih mendominasi daripada air laut, sehingga kupang putih banyak ditemukan.

Berdasarkan grafik pengukuran konsentrasi logam berat nikel diketahui bahwa pada agustus 2013, nilai konsentrasi nikel (Ni) tertinggi terdapat di stasiun 4, nilai ini tidak berbeda jauh dengan stasiun 3 karena pada stasiun ini nilai konsentrasi nikel (Ni) yang terdapat di sedimen juga besar sehingga nikel (Ni) dapat terakumulasi di dalam tubuh kupang putih (*Corbula faba*) yang cara makannya melalui feeder filter. Nilai konsentrasi Nikel (Ni) terendah terdapat pada stasiun 5 karena pada stasiun ini nilai konsentrasi Nikel (Ni) yang tersuspensi di sedimen lebih kecil dibandingkan dengan stasiun lainnya sehingga Nikel (Ni) sedikit terakumulasi di dalam tubuh kupang putih (*Corbula faba*) yang cara makannya melalui feeder filter.

Hasil pengukuran konsentrasi logam berat nikel pada April 2014, nilai tertinggi terdapat pada stasiun 5 sebesar 4.97 mg/L, nilai ini tidak berbeda jauh dengan stasiun 3. Nilai konsentrasi nikel pada sedimen dan air laut di semua stasiun sangat kecil sehingga tidak terdeteksi karena dipengaruhi oleh faktor arus dan pasang surut sehingga logam berat tersebut mengalami pengadukan dan dapat tersuspensi ke badan air maupun terakumulasi dalam sedimen. Diduga nilai konsentrasi nikel yang terdapat pada kupang putih berasal dari akumulasi selama beberapa waktu dia berada di lokasi penelitian. Hal ini menunjukkan adanya akumulasi logam berat dalam biota yang hidup di suatu perairan yang tercemar dalam waktu yang lama.

Tinggi atau rendahnya nilai konsentrasi nikel (Ni) yang terakumulasi pada kupang putih (*Corbula faba*) diduga dipengaruhi oleh konsentrasi nikel (Ni) yang terdapat di sedimen. Kupang putih bersifat menetap, lambat untuk menghindarkan diri dari pengaruh polusi dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap logam tertentu. Selain kondisi lingkungan, juga dipengaruhi oleh

lamanya biota tersebut hidup pada lingkungan tercemar dan faktor internal seperti jenis, gonad, umur, ukuran, fase hidup dll.

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Lampiran III tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air untuk Biota Laut, konsentrasi nikel (Ni) yang baik untuk biota laut adalah 0.05 mg/L. Konsentrasi logam berat nikel (Ni) di pesisir Jabon yaitu pada Agustus 2013 berkisar antara 8.815 – 9.645 mg/L dan pada April 2014 berkisar antara 2.141 – 4.97 mg/L. Nilai konsentrasi nikel (Ni) pada kupang putih di pesisir Jabon jauh lebih besar 100-1000 kali dibandingkan dengan baku mutu Kepmen Lingkungan Hidup tahun 2004, sehingga konsentrasi nikel (Ni) pada kupang putih tidak aman apabila dikonsumsi terus-menerus oleh manusia.

#### 4.3.4 Distribusi Logam Berat Pada Air Laut, Sedimen dan Kupang Putih (*Corbula faba*)

Logam berat yang terdapat di perairan, tergantung pada distribusinya terhadap air, sedimen dan biota yang hidup di sekitar perairan tersebut. Hasil analisis kadar logam berat dalam sedimen menunjukkan bahwa kadar logam berat di Perairan Jabon pada air laut, sedimen dan kupang putih (*Corbula faba*) dapat dilihat pada Tabel 12 di bawah ini.

Tabel 12. Hasil Analisis Kisaran Logam Berat (mg/L) Dalam Air Laut, Sedimen dan Kupang Putih (*Corbula faba*) di Perairan Jabon Pada Agustus 2013 dan April 2014

No.	Parameter	Air Laut		Sedimen		Kupang Putih	
		Agustus 2013	April 2014	Agustus 2013	April 2014	Agustus 2013	April 2014
1	As	tt	tt	tt	tt	tt	tt
2	Cd	tt	tt	tt	tt	tt	tt
3	Cr	tt	tt	tt – 0.87	0.098 – 0.143	tt – 1.035	0.048 – 1.183
4	Ni	tt – 0.126	tt	tt – 5.280	tt	8.815 – 9.645	2.141 – 4.97

Keterangan :

tt : Tidak terdeteksi

MDL : Methode Detection Limit

1. Menurut Lab. Kualitas Air Jasa Tirta, MDL arsen (As) < 0.0005

2. Menurut Lab. Kualitas Air Jasa Tirta, MDL kadmium (Cd) < 0.0024

3. Menurut Lab. Kualitas Air Jasa Tirta, MDL kromium (Cr) < 0.0204

4. Menurut Lab. Kualitas Air Jasa Tirta, MDL nikel (Ni) < 0.0306

#### 4.3.4.1. Distribusi Secara Vertikal

Berdasarkan hasil analisis kadar logam berat di atas, diketahui bahwa kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air laut. Hal ini menunjukkan adanya akumulasi logam berat dalam sedimen. Hal ini dimungkinkan karena logam berat dalam air mengalami proses pengendapan dengan adanya pengaruh pola arus pasang surut. Rendahnya kadar logam berat dalam air, bukan berarti bahan cemaran yang mengandung logam berat tersebut tidak berdampak negatif terhadap perairan, tetapi lebih disebabkan oleh kemampuan perairan tersebut cukup tinggi untuk mengencerkan bahan cemaran.

Dalam badan perairan, terjadi bermacam-macam proses kimia. Mulai dari proses pengomplekan sampai pada reaksi redoks. Proses kimia tersebut juga terjadi pada logam kromium dan nikel yang ada di perairan. proses kimia seperti pengomplekan dan sistem reaksi redoks, dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan atau sedimentasi di dasar perairan.

Logam berat yang semula terlarut dalam air sungai diadsorpsi oleh partikel halus (*suspended solid*) dan oleh aliran air sungai dibawa ke muara. Air sungai bertemu dengan arus pasang di muara sungai, sehingga partikel halus tersebut mengendap di muara sungai. Hal inilah yang menyebabkan kadar logam berat dalam sedimen muara lebih tinggi dari laut lepas. Pada umumnya muara sungai mengalami proses sedimentasi, dimana logam yang sukar larut mengalami proses pengendapan yang berbeda di kolom air dan lama kelamaan akan turun ke dasar dan mengendap dalam sedimen.

Berdasarkan hasil analisis kadar logam berat di atas, diketahui juga bahwa kadar logam berat dalam sedimen berpengaruh pada kadar logam berat dalam biota . Hal ini menunjukkan adanya akumulasi logam berat dalam biota yang hidup di suatu perairan yang tercemar dalam waktu yang lama. Adanya proses biokonsentrasi, bioakumulasi dan biomagnifikasi menyebabkan perpindahan

logam berat pada sedimen ke tubuh biota. dapat Menurut Zainuri *et al.* (2011), logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat dan mengendap didasar perairan dan bersatu dengan sedimen. Kupang putih merupakan biota yang bersifat menetap, lambat untuk menghindarkan diri dari pengaruh polusi dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap logam tertentu. Menurut Darmono (2001), daya toksisitas logam berat terhadap makhluk hidup sangat bergantung pada spesies, lokasi, umur (fase siklus hidup), daya tahan (detoksikasi) dan kemampuan individu untuk menghindarkan diri dari pengaruh polusi.

#### 4.3.4.2 Distribusi Secara Horizontal dan Pola Distribusi

Distribusi spasial logam berat secara horizontal yang dibahas hanya kromium pada sedimen dan nikel pada air laut dan sedimen karena hanya logam berat tersebut yang terdeteksi.

##### 1. Kromium

Konsentrasi kromium di sedimen pada Agustus 2013 menunjukkan nilai yang meningkat dari stasiun 2 ke stasiun 3 sesuai dengan aliran massa air. Adanya arus yang relatif tenang menyebabkan stasiun 5 mengalami penurunan karena stasiun ini merupakan *dumping site*, pada stasiun ini keadaan oseanografi lebih dinamis karena merupakan laut. Pada stasiun ini kromium tidak terdeteksi karena arus yang relatif tenang tidak dapat membawa logam berat dari muara ke laut dan terakumulasi pada stasiun sebelumnya. Sehingga konsentrasi kromium mengalami penurunan dari garis pantai dan pola distribusi bersifat lokal atau terpusat pada bagian tengah yaitu stasiun 2, 3 dan 4.

Konsentrasi kromium di sedimen pada April 2014 menunjukkan nilai yang meningkat dari stasiun 1 sampai stasiun 3 sesuai dengan aliran massa air. Selain itu, ketiga stasiun ini juga berada dekat dengan garis pantai. Kemudian mengalami penurunan di stasiun 4 dan meningkat lagi pada stasiun 5. Hal ini

diduga karena pada April 2014 arus relatif tinggi sehingga logam berat terbawa oleh arus sampai ke stasiun 5 dan adanya turbulensi yang tinggi juga menyebabkan logam berat tersuspensi atau resuspensi di kolom air dan susah mengendap di sedimen. Tingginya logam berat pada stasiun ini diduga merupakan akumulasi dari waktu-waktu sebelumnya. Sehingga konsentrasi kromium mengalami peningkatan dari garis pantai. Sehingga konsentrasi kromium mengalami kenaikan dari garis pantai dan pola distribusi bersifat menyebar di seluruh stasiun karena adanya pergerakan massa air.

## 2. Nikel

Konsentrasi nikel di air laut hanya terdeteksi pada Agustus 2013, menunjukkan nilai yang meningkat dari stasiun 2 ke stasiun 4 sesuai dengan aliran massa air. Adanya arus yang relatif tenang menyebabkan stasiun 5 mengalami penurunan karena stasiun ini merupakan *dumping site*, keadaan oseanografi lebih dinamis karena merupakan laut. Pada stasiun ini nikel tidak terdeteksi karena arus yang relatif tenang tidak dapat membawa logam berat dari muara ke laut dan terakumulasi pada stasiun sebelumnya. Sehingga konsentrasi nikel mengalami peningkatan dari garis pantai dan pola Distribusi bersifat lokal atau terpusat pada bagian tengah yaitu stasiun 3 dan 4.

Konsentrasi nikel di sedimen juga hanya terdeteksi pada Agustus 2013 menunjukkan nilai yang meningkat dari stasiun 2 ke stasiun 3 sesuai dengan aliran massa air. Tetapi terjadi penurunan pada stasiun 4 dan stasiun 5. Diduga adanya arus yang relatif tenang menyebabkan tidak dapat membawa logam berat dari muara ke laut secara menyeluruh. Sehingga konsentrasi nikel mengalami penurunan dari garis pantai dan pola distribusi bersifat menyebar terkait pergerakan massa air.

#### 4.4 Hubungan Konsentrasi Logam Berat pada Air Laut, Sedimen dan Kupang Putih Berdasarkan Analisis Korelasi

Analisis korelasi bertujuan untuk menguji hubungan antara dua variabel yang dapat dilihat dengan tingkat signifikan, jika ada hubungan maka akan dicari seberapa kuat hubungan tersebut. Keeratan hubungan ini dinyatakan dalam bentuk koefisien korelasi. Analisis korelasi yang dilakukan adalah konsentrasi kromium dan nikel pada air laut, sedimen dan kupang putih. Hasil analisis korelasi Spearmen dapat dilihat pada Tabel 13 di bawah ini.

Tabel 13. Hasil Analisis Korelasi Spearmen

Correlations						
			Cr Sedimen (Agustus)	Cr Kupang Putih (Agustus)	Cr Sedimen (April)	Cr Kupang Putih (April)
Spearman's rho	Cr Sedimen (Agustus)	Correlation Coefficient	1.000	-.287	.103	.026
		Sig. (2-tailed)	.	.640	.870	.966
	Cr Kupang Putih (Agustus)	Correlation Coefficient	-.287	1.000	.894*	.918*
		Sig. (2-tailed)	.640	.	.041	.028
Cr Sedimen (April)	Correlation Coefficient	.103	.894*	1.000	.975**	
	Sig. (2-tailed)	.870	.041	.	.005	
Cr Kupang Putih (April)	Correlation Coefficient	.026	.918*	.975**	1.000	
	Sig. (2-tailed)	.966	.028	.005	.	

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Analisis korelasi pada nikel tidak ditemukan nilai sig < 0.05 sehingga menunjukkan hubungan konsentrasi nikel pada air laut, sedimen dan kupang putih tidak signifikan (pada Lampiran 1). Berdasarkan hasil analisis korelasi Spearmen di atas, diketahui bahwa terdapat 3 nilai sig < 0,05 yang menunjukkan bahwa kedua variabel memiliki hubungan yaitu:

### 1. Cr Sedimen (April) dengan Cr Kupang Putih (Agustus)

Cr Sedimen (April) dengan Cr Kupang Putih (Agustus) memiliki nilai sig sebesar 0,041 ( $<0,05$ ) maka kedua variabel ini memiliki hubungan. Koefisien korelasi ( $r$ ) sebesar 0,894 berarti korelasi menunjukkan hubungan kuat dengan arah korelasi positif atau hubungan lurus.

Distribusi logam berat di sedimen dapat dipengaruhi oleh keadaan oseanografi seperti arus. Arus pada bulan Agustus relatif tenang dan terjadi turbulensi atau pengadukan yang rendah sehingga kandungan logam berat akan dibawa oleh arus dan mengendap di sedimen. Cara mencari makan kupang putih adalah dengan menyaring substrat-substrat yang ada (*filter feeder*) sehingga kandungan logam berat di sedimen dapat terakumulasi pada tubuh kupang putih. Kromium yang telah mengendap di sedimen dapat berikatan dengan senyawa organik maupun anorganik sehingga sulit untuk resuspensi kembali ke kolom air.

Arus pada bulan April relatif tinggi sehingga terjadi proses pengenceran yang lebih kecil dibandingkan dengan bulan Agustus. Diduga karena waktu pengambilan sampel cukup berdekatan dan belum terjadi proses pengendapan kromium ke sedimen lebih lanjut sehingga konsentrasi yang diperoleh memiliki perbedaan yang kecil.

### 2. Cr Kupang Putih (Agustus) dengan Cr Kupang Putih (April)

Ni kupang putih (April) dengan Cr kupang putih (Agustus) memiliki nilai sig sebesar 0,028 ( $<0,05$ ) maka kedua variabel ini memiliki hubungan. Koefisien korelasi ( $r$ ) sebesar 0,918 berarti korelasi menunjukkan hubungan kuat sekali dengan arah korelasi positif atau hubungan lurus.

Konsentrasi kromium di perairan akan terus meningkat dengan bertambahnya volume limbah dari industri pewarna keramik dan elektronik yang dibuang ke laut secara terus-menerus. Logam berat tersebut dapat mengendap

di sedimen dan terakumulasi pada tubuh biota seperti kupang putih. Konsentrasi yang berlebihan (melebihi ambang batas) dapat menjadi racun bagi biota. Kupang putih bersifat menetap, lambat untuk menghindarkan diri dari pengaruh polusi, mempunyai toleransi yang tinggi terhadap konsentrasi logam berat tertentu dan cara mencari makanan dengan menyaring substrat-substrat yang ada (*filter feeder*). Kromium yang terakumulasi pada kupang putih mempunyai waktu tinggal (*residence time*) sampai ribuan tahun dengan proses bioakumulasi dan biomagnifikasi melalui makanan sehingga kromium cenderung dapat terus bertambah dari bulan Agustus ke bulan April.

Selain itu, daya toksisitas logam berat terhadap makhluk hidup juga sangat bergantung pada spesies, lokasi, umur (fase siklus hidup), daya tahan, dan kemampuan individu untuk menghindarkan diri dari polusi. Kupang putih juga banyak dikonsumsi oleh manusia sehingga kromium yang terakumulasi pada kupang putih dapat terakumulasi juga pada manusia.

### **3. Cr Sedimen (April) dengan Cr Kupang Putih (April)**

Cr kupang putih (April) dengan Cr kupang putih (Agustus) memiliki nilai sig sebesar 0,005 ( $<0,05$ ) maka kedua variabel ini memiliki hubungan. Koefisien korelasi ( $r$ ) sebesar 0,975 berarti korelasi menunjukkan hubungan kuat sekali dengan arah korelasi positif atau hubungan lurus.

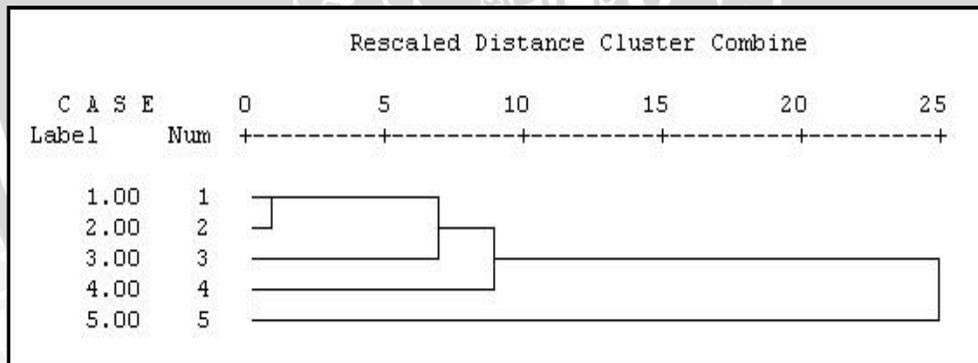
Kromium di perairan dapat berikatan dengan senyawa organik maupun anorganik sehingga dapat terakumulasi di sedimen. Pada bulan April, keadaan oseanografi seperti arus relatif tinggi dan terjadi pengenceran yang relatif kecil. Kromium memiliki sifat yang susah untuk resuspensi ke kolom air, sehingga tetap mengendap di sedimen. Kromium masuk dalam tubuh kupang putih melalui makanan. Logam yang terakumulasi dalam tubuh organisme umumnya tidak dikeluarkan lagi sehingga cenderung menumpuk di dalam tubuh. Konsentrasi

kromium yang tinggi pada sedimen menyebabkan bioakumulasi pada kupang putih. Sehingga konsentrasi kromium pada kupang putih yang hidup dan menetap di suatu wilayah yang telah tercemar dalam waktu yang lama akan terus bertambah.

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

Analisis clustering merupakan analisis data untuk menggolongkan suatu obyek berdasarkan kriteria tertentu. Pada analisis clustering ini terdiri dari pengelompokan parameter lingkungan, logam berat dan gabungan dari parameter lingkungan dengan logam berat berdasarkan kesamaan kriteria stasiun pengamatan. Hasil dari analisis clustering akan membentuk beberapa cluster atau kelompok dalam dendogram yang menunjukkan bahwa beberapa variabel dalam satu cluster memiliki suatu kesamaan karakteristik.

Hasil clustering parameter lingkungan dapat dilihat pada Gambar 30.



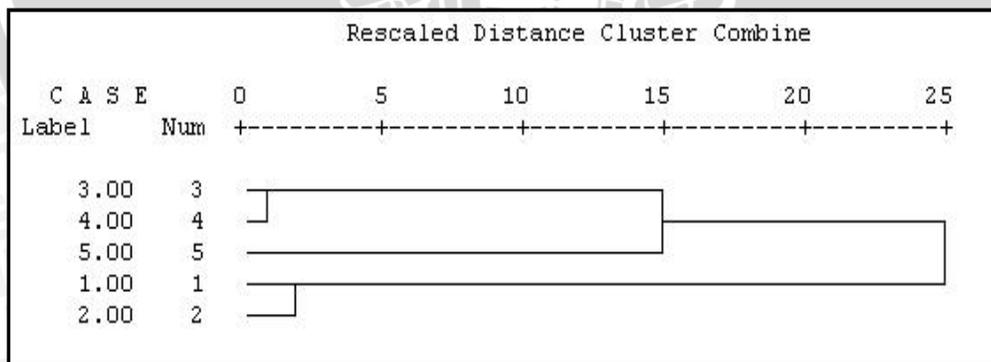
Gambar 30. Hasil clustering parameter lingkungan berdasarkan 5 stasiun pengamatan

Berdasarkan dendogram pengelompokan parameter lingkungan di 5 stasiun pengamatan diperoleh 2 cluster atau kelompok besar. Cluster atau kelompok 1 terdiri dari stasiun 5 sedangkan cluster atau kelompok 2 terdiri dari stasiun 1, 2, 3 dan 4. Stasiun 5 membentuk kelompok atau cluster sendiri karena stasiun ini memiliki nilai rata-rata parameter lingkungan yang berbeda dengan

nilai rata-rata parameter lingkungan di stasiun lainnya seperti ditunjukkan pada hasil pengukuran pH sebesar 6.81, salinitas sebesar 21.67‰ dan DO sebesar 3.83 mg/L. Selain itu, stasiun 5 merupakan laut yang terletak jauh dari stasiun lainnya. Kelompok atau cluster 2 terdiri dari stasiun 1, 2, 3 dan 4 membentuk satu kelompok karena memiliki nilai rata-rata parameter lingkungan yang tidak jauh berbeda antara stasiun tersebut seperti ditunjukkan pada hasil pengukuran pH sebesar 7.6-8.83, salinitas sebesar 1-1.67‰ dan DO sebesar 6.67-8.1 mg/L.

Pada dendogram tersebut dapat diketahui bahwa stasiun 1 dan stasiun 2 memiliki jarak paling kecil, hal ini menunjukkan bahwa kedua stasiun ini memiliki tingkat kesamaan atau *similarity* paling tinggi. Stasiun 1 dan 2 terletak di muara Sungai Porong sehingga memiliki sifat yang sama seperti salinitas yang rendah karena adanya pengaruh pola pasang surut dan debit sungai yang dipengaruhi oleh musim dan karakteristik hidrologi aliran sungai. Kedua stasiun ini juga memiliki nilai rata-rata parameter lingkungan yang tidak jauh berbeda, salah satunya adalah kecerahan sebesar 56.83 cm dan 57.33 cm.

Hasil clustering logam berat (arsen, kadmium, kromium dan nikel) di air laut, sedimen dan kupang putih (*Corbula faba*) dapat dilihat pada Gambar 31.



Gambar 31. Hasil clustering logam berat berdasarkan 5 stasiun pengamatan

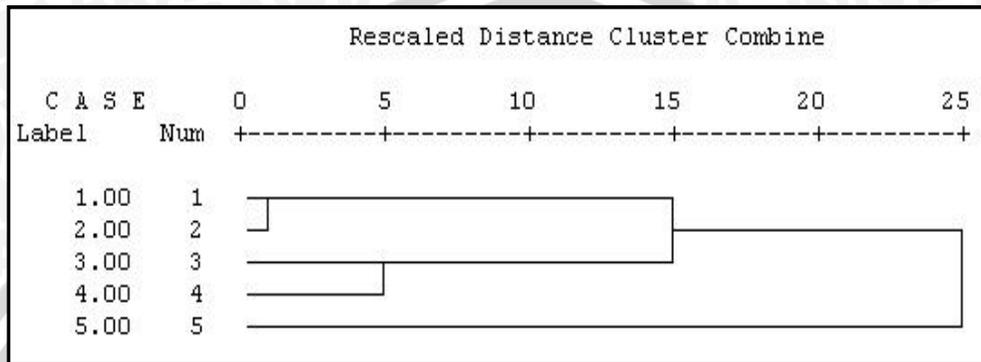
Berdasarkan dendogram pengelompokan logam berat di 5 stasiun pengamatan diperoleh 2 cluster atau kelompok besar. Cluster atau kelompok 1 terdiri dari stasiun 1 dan 2 sedangkan cluster atau kelompok 2 terdiri dari stasiun

3, 4 dan 5. Stasiun 1 dan stasiun 2 terletak di muara Sungai Porong sehingga memiliki sifat yang sama seperti salinitas yang rendah karena adanya pengaruh pola pasang surut dan debit sungai yang dipengaruhi oleh musim dan karakteristik hidrologi aliran sungai. Salinitas dapat mempengaruhi toksisitas logam berat, bila salinitas mengalami penurunan maka, tingkat akumulasi logam berat semakin besar sehingga logam berat akan lebih banyak ditemukan di sedimen daripada air laut. Hal ini seperti ditunjukkan pada hasil pengukuran kromium di sedimen yang memiliki nilai tidak jauh berbeda yaitu 0.098 mg/L dan 0.114 mg/L. Kedua stasiun ini juga terletak berdekatan dan aliran sungai mengalir dari stasiun 2 menuju stasiun 1 sehingga nilai logam berat di kedua stasiun ini relatif tidak jauh berbeda.

Kelompok atau cluster 2 terdiri dari stasiun 3, 4 dan 5 membentuk satu kelompok karena memiliki nilai logam berat yang tidak jauh berbeda antara stasiun tersebut seperti ditunjukkan pada hasil pengukuran kromium di sedimen dengan nilai masing-masing yaitu 0.133 mg/L, 0.121 mg/L dan 0.143 mg/L. selain itu, pergerakan air juga mengalir dari stasiun 3 menuju stasiun 4 dan terakumulasi pada stasiun 5 sehingga stasiun ini disebut juga sebagai *dumping site* (tempat akumulasi dari toksisitas logam berat).

Pada dendogram tersebut dapat diketahui bahwa stasiun 3 dan stasiun 4 memiliki jarak paling kecil, hal ini menunjukkan bahwa kedua stasiun ini memiliki tingkat kesamaan atau *similarity* paling tinggi. Stasiun 3 dan 4 terletak berdekatan, masukan air dari muara mengalir ke stasiun 4 dan dari stasiun 3 juga mengalir ke stasiun 4, sehingga distribusi logam berat di kedua stasiun ini memiliki nilai yang tidak jauh berbeda, salah satunya seperti pada pengukuran kromium di sedimen sebesar 0.133 mg/L dan 0.121 mg/L. Kedua nilai ini memiliki selisih paling kecil dibandingkan dengan nilai kromium di stasiun lainnya.

Hasil clustering parameter lingkungan dengan logam berat (arsen, kadmium, kromium dan nikel) di air laut, sedimen dan kupang putih (*Corbula faba*) digunakan untuk mengetahui adanya pengaruh antara variabel satu terhadap variabel lain. Hasil clustering ini dapat dilihat pada Gambar 32.



Gambar 32. Hasil clustering parameter lingkungan dengan logam berat berdasarkan 5 stasiun pengamatan

Berdasarkan dendrogram di atas diperoleh 2 cluster atau kelompok besar. Cluster atau kelompok 1 terdiri dari stasiun 5 sedangkan cluster atau kelompok 2 terdiri dari stasiun 1, 2, 3 dan 4. Model dendrogram dari parameter lingkungan dengan logam berat ternyata tidak jauh berbeda dengan dendrogram parameter lingkungan. Hal ini diduga bahwa parameter lingkungan mempengaruhi toksisitas dari logam berat.

Stasiun 5 membentuk kelompok atau cluster sendiri karena stasiun ini stasiun ini merupakan *dumping site* (tempat akumulasi dari toksisitas logam berat) dari semua stasiun sehingga memiliki nilai yang jauh berbeda dengan stasiun lainnya.

Kelompok atau cluster 2 terdiri dari stasiun 1, 2, 3 dan 4 membentuk satu kelompok. Stasiun 1 dan stasiun 2 memiliki kesamaan atau *similarity* yang lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun lainnya karena kedua stasiun ini terletak di muara sehingga memiliki sifat yang sama seperti salinitas yang rendah karena adanya pengaruh pola pasang surut dan debit sungai yang dipengaruhi oleh

musim dan karakteristik hidrologi aliran sungai. Salinitas dapat mempengaruhi toksisitas logam berat, bila salinitas mengalami penurunan maka, tingkat akumulasi logam berat semakin besar sehingga logam berat akan lebih banyak ditemukan di sedimen daripada air laut. Stasiun 3 dan stasiun 4 memiliki nilai kesamaan atau *similarity* yang relatif tinggi karena adanya arus air dari muara mengalir ke stasiun 4 dan dari stasiun 3 juga mengalir ke stasiun 4, sehingga distribusi logam berat di kedua stasiun ini memiliki nilai yang tidak jauh berbeda.

Parameter lingkungan diduga berpengaruh pada konsentrasi logam berat seperti arus, suhu, pH, salinitas, DO dan TSS. Arus berperan dalam distribusi logam berat sehingga logam berat dapat tersuspensi kembali ke badan air maupun mengendap ke sedimen. Kenaikan suhu akan mengurangi adsorpsi senyawa logam berat pada partikulat untuk mengendap ke dasar. Kenaikan pH dapat menurunkan kelarutan logam berat dalam air karena adanya perubahan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada perairan. Kenaikan salinitas menyebabkan penurunan daya toksik logam berat karena adanya proses desalinasi. Meningkatnya kandungan oksigen terlarut menyebabkan daya larut logam berat dapat menjadi tinggi. TSS memungkinkan terjadinya proses koagulasi (penggumpalan) senyawa logam berat yang ada dan memungkinkan terjadinya proses sedimentasi.

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di Pesisir Jabon didapatkan kesimpulan bahwa:

1. Konsentrasi nikel di air laut berkisar 0,037-0,126 mg/L, kromium dan nikel di sedimen berkisar 0,098-0,870 mg/L dan 3,405-5,280 mg/L, kromium dan nikel di kupang putih berkisar 0,358-1,183 mg/L dan 2,141-9,645 mg/L, selain yang disebutkan tidak terdeteksi.
2. Hubungan Cr pada sedimen dan kupang putih menunjukkan hubungan yang kuat sekali dengan arah korelasi positif atau hubungan lurus.
3. Hasil analisis clustering menunjukkan bahwa model dendogram konsentrasi logam berat hampir mirip dengan parameter lingkungan, tetapi dengan *similarity* yang berbeda, diduga parameter lingkungan berpengaruh pada logam berat.

### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan oleh penulis sebagai berikut:

1. Diperlukan kegiatan pemantauan kualitas perairan secara berkelanjutan untuk mengidentifikasi dinamika dan variabilitas dengan lebih baik dan pengawasan terhadap pembuangan limbah ke perairan.
2. Diperlukan kegiatan penanaman mangrove sebagai cara untuk mengurangi konsentrasi logam berat pada kupang putih karena biota ini merupakan biota ekonomis yang digunakan sebagai bahan mata pencaharian masyarakat sekitar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfath, Tahegga Primananda. 2012. Pemetaan Sumber Daya Alam Kabupaten Sidoarjo (Daerah SIBORIAN: Sidoarjo, Jabon, Krian). Diakses pada 18 Maret 2014.
- Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Sidoarjo. 2012. Buangan atau Limbah Perusahaan di Kabupaten Sidoarjo. Sidoarjo.
- BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) Stasiun Meteorologi Maritim Perak Surabaya. 2014. Data Perairan Jabon Sidoarjo. Surabaya.
- Benhard, M. 1978. *Impact and Control of Heavy Metals and Chlorinated Hydrocarbons in the Marine Environment. WHO training course on coastal pollution control. Vol III.* Denmark. 991-1015.
- Brahmana, S.S., Tontow, F. Achmad. 2007. Dampak Buangan Lumpur Lapindo Panas Porong-Sidoarjo Terhadap Kualitas Air Kali Porong. JSDA Vol. 3 No. 4.
- Bryan, G.W. 1976. *Heavy Metal Contamination in the Sea. Johnston (Ed). Marine pollution*, 185-302. Academic Press. London.
- Connell, Des. W., Miller, Gregory, J. 1995. Chemistry and Ecotoxicology. Yanti Koestoer (Penerjemah, 1995). Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. UI-Press. Jakarta.
- Cotton and Wilkinson, 1976. Kimia Anorganik Dasar. UI-Press. Jakarta.
- Dahuri, R. et al. 1996. *Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan Secara Terpadu.* Jakarta: Pramadya Paramita.
- Dani, Intan Cahaya. 2012. Studi Pelepasan Kadmium (Cd) dan Nikel (Ni) Pada Sedimen Secara Metode *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) Dan Uji Sifat Bioakumulasinya Melalui Simulasi Pada *Cyprinus carpio*. Skripsi. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Darmono. 1995. Logam dalam Sistem Makhluk Hidup. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- \_\_\_\_\_. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Depkes. 2009. Rencana Pembangunan Jangka Panjang Bidang Kesehatan 2005-2025. Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta.
- Djuangsih, N., A.K. Benito, H. Salim. 1982. Aspek Toksikologi Lingkungan, Laporan Analisis Dampak Lingkungan, Lembaga Ekologi Universitas Padjajaraan, Bandung.
- Dyer. 1979. *Estuaries: A Physical Introduction.* John Willey&Sons. London.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Erlangga, 2007. Efek pencemaran perairan Sungai Kampar di Propinsi Riau terhadap Ikan Baung (*Hemobagrus hemurus* ). Bogor: Thesis. Sekolah Pascasarjana IPB. 87 hal.

- Fakhrudin A., 2009. Pemanfaatan Air Rebusan Kupang Putih (*Corbula faba Hinds*) Untuk Pengolahan Petis Dengan Penambahan Pati-Patian. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Kanisius. Yogyakarta.
- Fauzan, A. 1995. Studi Kontaminasi Sn dan Cu Pada Gastropoda dan Sedimen di Sekitar Pelabuhan Ratu, Jawa Barat dan Pantai Padang, Sumatera Barat. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Galil, Bella. 2006. *Musculita senhousia*. Delivering Alien Invasive Species Intertories For Europe. Italy.
- Hamidah, 1980. Pengaruh Logam Berat Terhadap Lingkungan. Perwarta Oseana, No. 2 LON – LIPI. Jakarta.
- Handika, F. 2012. Konsentrasi Logam Berat Merkuri (Hg) dan Seng (Zn) Di Muara Sungai Porong, kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Harahap, S. 1991. Tingkat Pencemaran Air Kali Cakung Ditinjau dari Sifat Fisikokimia Khususnya Logam Berat dan Keanekaragaman Jenis Hewan Makrobenthos. Tesis. Program Pasca Sarjana Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Harijono, Soetjahjo Niti Tisno. 2004. Kajian Pola Sedimentasi Di Wilayah Pesisir Selat Madura Bagian Selatan. Bogor: IPB.
- Hutabarat, S dan Evans . 1985. Pengantar Oseanografi. Jakarta: Universitas Indonesia.
- \_\_\_\_\_. 2008. Pengantar Oseanografi. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Hutagalung, H.P. 1984. Logam Berat dalam Lingkungan Laut. Pewarta Oseana Volume IX No. 1. Hlm:45-59.
- \_\_\_\_\_. 1994. Kandungan Logam Berat dalam Sedimen di Kolam Pelabuhan Tanjung Priok, Jakarta. Prosiding Makalah Penunjang Seminar Pemantauan Pencemaran Laut. P3O-LIPI. Jakarta.
- \_\_\_\_\_, D. Setiapermana dan S.H. Riyono 1997. Metode Analisis Air Laut, Sedimen Dan Biota. Buku ke II, Puslitbang Oseanologi, LIPI.
- IADC/CEDA. 1997. *Convention, Codes and Conditions: Marine Diposal. Environmental Aspects of Dredging 2a*.
- Ichan. 2012. *Pengaruh Suhu Terhadap Oksigen Terlarut*. Diakses pada 15 Oktober 2013.
- Ippen, A.T. 1966. *Estuary and Coastline Hydrodynamics*. Mc. Graw-Hill Book Company. Inc:744 pp.
- Jay, D.A. and J.D. Smith. 1990. *Resudial circulation in shallow estuaries II*. Weakly stratified and partially mixed, narrow estuaries. Journal of Geophysical Research 95, 733-748.

- Juniawan, Alvin, Barlah Rumhayati, Bambang Ismuyanto. 2013. *Karakteristik Lumpur Lapindo Dan Fluktuasi Logam Berat Pb Dan Cu Pada Sungai Porong Dan Aloo*. Malang: Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya. 7(1): 50-59.
- Kaswadji, Richardus. 1982. Penelitian Oseanografi, Kaitannya Dengan Implementasi Wawasan Nusantara di Bidang Perikanan. Fakultas Perikanan IPB. Bogor.
- Kementrian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Keputusan No. 51/MNKLH/I/2004 tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Air Laut, Kementerian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup. 2004. Jakarta.
- Laws, E. A. 1981. *Aquatic Pollution: An Introductory Text*. John Willey and Sons, Inc. New York.
- Libes, Susan M. 1992. *An Introduction to Marine Biogeochemistry*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Lu, Frank. 1995. *Toksikologi Dasar*. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Mahida, N.U. 1986. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Jakarta: C.V Rajawali.
- Mardika, Hanisya Putri Kania. 2013. *Analisis Total Coliform di Air dan Sedimen di Pesisir Jabon, Sidoarjo*. Jawa Timur. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang.
- Mifbakhuddin, Rahayu Astuti, Agus Awaludin. 2010. *Pengaruh Perendaman Larutan Asam Cuka Terhadap Kadar Logam Berat Cadmium Pada Kerang Hijau*. Semarang: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah. 3(1): 14-20. <http://Jurnal.Unimus>.
- Monoarfa, W., 2002. Dampak Pembangunan Bagi Kualitas Air Di Kawasan Pesisir Pantai Losari, Makassar. Makassar: Universitas Hasanudin. *Jurnal Sci & Tech*, Vol. 3 No. 3 Desember 2002: 37 – 44.
- Muzzarelli, R.A.A. 1973. *Natural Chelating Polymer*. Pergamon Press. New York.
- Nanty, I.H. 1999. Kandungan Logam Berat dalam Badan Air dan Sedimen di Muara Sungai Way Kambas dan Way Sekampung. Lampung. Skripsi. Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Nontji. 1987. *Laut Nusantara*. Jakarta: Djambatan.
- Ouyang. Y.J., J. Higman, J. Thompson, T. O'Tolee and D. Campbell. 2006. Characterization and Spatial Distribution of Heavy Metals in Sediments from Cedar and Ortega Rivers Sub basin. *Journal of Contaminant Hydrology* 54: 19-35.
- Owen, R.B and N. Shandu. 2000. Heavy Metal Accumulation and Anthropogenic Impacts on Tolo Harbour, Hongkong *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 40, No. 2, pp 174-180.
- Paasivirta, Jaakko. 1991. *Chemical Ecotoxicology*. Lewis Publisher. United States of America.
- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. RinekaCipta. Jakarta.

- \_\_\_\_\_. 2008. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. RinekaCipta. Jakarta.
- Parawita, Dewi, Insafitri, Wahyu Andi. 2009. Analisis Konsentrasi Logam Berat Nikel (Ni) Di Muara Sungai Porong. Madura: Universitas Trunojoyo. Vol. 2, No. 2.
- Pemerintah Kabupaten Sidoarjo. 2012. <http://www.sidoarjokab.go.id>. Diakses tanggal 28 Oktober 2013.
- Phillips, D.J.H and P.S Rainbow. 1993. *Biomonitoring of Trace Aquatic Contaminationns*, Elsevier Science Publishers Ltd., Essex. 382 pp.
- Phillips. D.J.H. 1995. *The Chemistries and Environmental Fates of Trace Metals and Organochlorines in Aquatic Ecosystem*. *Marine Pollution Bulletin*. 31: 193-200.
- Prayitno dan Susanto T. 2000. *Kupang Dan Makanan Tradisional Sidoarjo*. Trubus Agriasasana. Surabaya.
- Pulumahury, F.S, Edward. 1989. Kandungan Logam Berat Hg, Pb, Cd, Cu dan Zn dalam Sedimen Perairan Teluk Ambon. *Jurnal Perikanan*.
- PPE (Pusat Pengelolaan Ekoregion) Jawa, Kementerian Lingkungan Hidup. 2010. *DAS Brantas*. Yogyakarta.
- Putra, Indra Pramana. 2013. Analisis Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Air Laut, Sedimen Dan Kupang Putih (*Corbula faba*) Di Muara Sungai Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang.
- Rachmawatie, Zainul Hidayah, Indah Wahyuni Abida. 2009. Analisis Konsentrasi Merkuri (Hg) Dan Cadmium (Cd) Di Muara Sungai Porong Sebagai Area Buangan Lumpur Lapindo. Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Trunojoyo. Madura.
- Rahman, Azizur, Hiroshi Hasegawa, Richard Peter Lima. 2012. *Bioaccumulation, Biotransformation And Trophic Transfer Of Arsenic In The Aquatic Food Chain*. *Environmental Research* 116 (2012) 118–135.
- Rai, L.L., J. Gaur and H.D. Kumar. 1981. *Phycology and Heavy Metal Pollution. In Biological Review of The Phycology Society*. Cambridge University Press London.
- Ramayani, K. 1995. *Analisa Kandungan Kadmium (Cd) Pada Ikan Manyung (Arius thalassinus) dan Upaya Penurunannya*. Skripsi. Bogor: Fakultas Perikana dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Ramlal, P.S. 1987. *Mercury Methylation Dimethylation Studies At Southern India Lake*. Canada Minister Of Supply And Serveces.
- Ranawijaya, DAS, M. Salahudin dan E. Usman. 2006. Penurunan Geomorfologi Dasar Laut Selat Madura. Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo.
- Rochmana. 2012. Pemerintah Kabupaten Sidoarjo. <http://jabon.sidoarjokab.go.id/> Diakses pada tanggal 28 Oktober 2013.
- Rochyatun, Endang. 1997. Pemantauan Kadar Logam Berat (Pb, Cd dan Cr) dalam Sedimen di Muara Sungai Dadap (Teluk Jakarta). *In Inventarisasi dan Evaluasi Potensi Laut-Pesisir II*. P3O-LIPI. Jakarta.

- \_\_\_\_\_, M. Taufik Kaisupy dan Abdul Rozak. 2006. Distribusi Logam Berat Dalam Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane. *Makara Sains*, Vol. 10, No. 1, April 2006: 35-40.
- \_\_\_\_\_, dan Abdul Rozak. 2007. Pemantauan Kadar Logam Berat dalam Sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *Makara Sains*, Vol. 11, No. 1, April 2007: 28-36.
- Romimohtarto dan Juwana. 2001. *Biologi Laut. Ilmu Pengetahuan Tentang Biologi laut*. Djambatan. Jakarta.
- Rosyid, 2009. Logam Berat. <http://rosyid82.wordpress.com>. Diakses pada tanggal 21 Februari 2014.
- Santoso, S. 2010. Statistik Multivariat Konsep dan Aplikasi dengan SPSS. PT. Elex Media Komputindo, Kelompok Gramedia, anggota IKAPI. Jakarta.
- Sanusi, H. S. 2006. Kimia Laut Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Shindu, S.F. 2005. Kandungan Logam Berat Cu, Zn dan Pb dalam Air, Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan Ikan Mas (*Cyprinus caprio*) dalam Keramba Jaring Apung, Waduk Saguling. Skripsi diterbitkan Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan FIKP IPB. Bogor.
- Sarjono, A. 2009. Analisis Kandungan Logam Berat Cd, Pb dan Hg pada Air dan Sedimen di Perairan Kamal Muara, Jakarta Utara. Skripsi diterbitkan Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan FIKP IPB. Bogor.
- Setiawati, Dinar Linsa. 2011. Penggunaan Sistem Informasi Geografis Berbasis Web untuk Pembentukan Prototipe Peta Dasar Pengairan (Studi Kasus: Kabupaten Sidoarjo). Teknik Geomatika-FTSP. ITS. Surabaya.
- Setyorini. 2003. Perairan Teluk Jakarta Ditinjau dari Tingkat Pencemaran. Fakultas Pascasarjana. Jurusan PSL- IPB. Bogor.
- Soualili, D., Dubois, P., Gosselin, P., Pernet, P., & Guillou, M. 2007. Assessment of seawater pollution by heavy metals in the Neighbourhood of Algiers: use of sea urchin, *Paracentrotus lividus*, as Bioindicator.
- Subani, Suwiryo W, Suminarti. 1983. Penelitian Lingkungan Hidup Perairan Kupang, Pemanfaatan Hasil Dan Pelestarian Sumbernya. dalam: Laporan Penelitian Perikanan Laut. Nomor 23 BPPL Departemen Pertanian. Jakarta.
- Sugiarti, Sukei Dewi T.S.E. 2002. Kandungan Bahan Organik di Situ Perikanan, Kampus IPB Dramaga, Bogor. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Sugiyono. 2010. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Alfabeta. Bandung.
- Sujarweni, V. Wiratna. 2014. SPSS Untuk Penelitian. Pustaka Baru Press. Yogyakarta.

- Supriana, N. 1978. Beberapa Aspek Pencemaran Air dan Lingkungan dalam Industri Pengawetan Kayu *Dalam "Seminar Pengendalian Pencemaran Air"*. Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum. DPMA. Bandung. 198-221.
- Surakhmad, W. 1985. Pengantar Penelitian Ilmiah-Dasar Metode Teknik. Tarsito. Bandung.
- Togatorop R, 2009. Korelasi Antara Biological Oxygen Demand (BOD) Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Terhadap pH, Total Suspended Solid (TSS), Alkalinitas Dan Minyak / Lemak. Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara, Medan. Wilson
- Tomasik, et al. 1997. *A Multi Parameter Extension of Temperature Salinity Diagram Techniqui for The Analysis of Non Kopycna Mixing. Progress in Oceanography Vol.10*. Pergamon Press : Oxford.
- Triatmodjo, Bambang. 1999. *Teknik Pantai*. Edisi kedua. Yogyakarta: Beta Offset.
- Tubalawony, S. 2001. Pengaruh Faktor-Faktor Oseanografi Terhadap Produktivitas Primer Perairan Indonesia. Makalah Falsafah Sains. Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- U.S. Environmental Protection Agency. 1986. *Ambient water quality criteria for nickel. EPA-440/5-86-004*. Office of Water Regulations and Standards. Washington, DC.
- Uhlmann, D. 1979. Hydrology. *A text for Engineer and Scientist. John Wiley and Sons Toronto. P.129*.
- Usman, H. dan R.P.S. Akbar. 1995. Pengantar Statistik. Bumi Aksara. Jakarta.
- Waldichuck. 1974. Some Biological Concern in Metals Pollution. *In Venberg, F. J and W. B. Venberg ed. Pollution and Phyciology of Marine Organism. Academic Press, Inc. New York.*
- Wardhana, Wisnu A. 2004. Dampak Pencemaran Lingkungan. Andi. Yogyakarta.
- Wibisono, Acmad. S. 2005. Studi Pengelolaan Perairan Ranu Grati Kecamatan Grati Kabupaten Pasuruan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.
- Widowati W, Sastiono A, Jusuf R. R. 2008. Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. Andi. Yogyakarta.
- Wilson, D.N. 1988. *Cadmium-Market Trends And Influences In Cadmium 87. Proceedings Of The International Cadmium Conference* London: Cadmium Association.
- Wissel, B., W.S. Boeing., C. W., Ramcharan. 2003. *Effect of water color on predation regimes and zooplankton assemblages in fresh water lakes*. Journal of Limnology Oceanography 48 (5) 2003. American Society of Limnology and Oceanography, Inc. www.aslo.org.
- Yanney. 2001. Ekologi Tropika. ITB. Bandung.
- Yuniar, Devy Winda, Tunjung Wijanto Suharso, Gunawan Prayitno. 2010. Arahan Pemanfaatan Ruang Pesisir Terkait Pencemaran Kali Porong. Jurnal Tata Kota dan Daerah. Volume2, Nomor 2.

Zainuri, M., Sudrajat, dan Siboro, E.S. 2011. Kadar Logam Berat Pb pada Ikan Baronang (*Siganus sp.*), Lamun, Sedimen dan Air di Wilayah Pesisir Kota Bontang-Kalimantan Timur. Jurnal Kelautan. 4 (2).

