

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Bioindikator

Hal selanjutnya yang dilakukan adalah mengidentifikasi makrozoobentos. Identifikasi yang dilakukan pada makrozoobentos adalah identifikasi morfologi dan pengukuran morfometrik. Pengukuran morfometrik yang dilakukan pada kepiting kunci identifikasinya adalah bentuk karapas, bentuk dan jumlah capit, bentuk kaki jalan dan kaki renang, warna dan corak pada karapas serta habitat dari kepiting untuk mendukung data identifikasi. Kunci identifikasi pada udang adalah dengan melihat rostrum, bentuk dan jumlah kaki jalan dan kaki renang, warna, bentuk telson dan uropod serta panjang antenulla dan antenna, kemudian persebaran dan ukuran maksimum pada udang. Hewan jenis keong dan kerang kunci identifikasinya terletak pada cangkang, dilihat dari bentuk, ukuran, warna dan corak pada cangkang, kemudian bentuk dari *body whole* menjadi salah satu kunci penting dari identifikasi. Menurut Komala *et.al* (2011), Pengukuran morfometrik khususnya pada kerang meliputi panjang cangkang yang diukur dari bagian dorsal margin yaitu pada bagian umbo sampai ventral margin sedangkan lebar cangkang diukur dari bagian anterior sampai dengan posterior kerang. Pengukuran berat total diukur dengan cara menimbang kerang secara keseluruhan. Ukuran yang telah didapatkan disesuaikan dengan buku identifikasi FAO *Species identification for fishery purpose* untuk membantu proses identifikasi.

Berdasarkan hasil identifikasi makrozoobentos yang telah dilakukan didapatkan 30 spesies dari seluruh stasiun di Muara Sungai Porong. Pada stasiun 1 ditemukan 7 spesies, stasiun 2 terdapat 5 spesies, stasiun 3 terdapat 11 spesies, stasiun 4 terdapat 10 spesies, stasiun 5 terdapat 15 spesies, dan



stasiun 6 terdapat 14 spesies. Jenis yang mendominasi dari seluruh stasiun yang berada di Muara Sungai Porong adalah dari jenis krustasea (lampiran 2)

Tabel 1. Data Spesies Makrozoobenthos di Seluruh Stasiun

No	Biota	1	2	3	4	5	6	Jumlah
1	<i>Limulus polyphemus</i>	-	-	1	-	2	-	3
2	<i>Myra</i>	-	1	6	-	4	-	11
	a. <i>M. affnis</i>	-	-	5	-	4	-	9
3	<i>Charybdis</i>							
	a. <i>C. anisodon</i>	1	-	-	-	-	-	1
	b. <i>C. japonica</i>	-	-	-	-	1	-	1
4	<i>Ashtoret lunaris</i>	-	-	-	1	-	-	1
5	<i>Portunus pelagicus</i>	-	-	-	1	-	-	1
6	<i>Macrophthalmus erato</i>	-	1	-	-	-	-	1
7	<i>Scylla serrata</i>	1	-	-	1	-	2	4
8	<i>Penaeus</i>							
	a. <i>P. monodon</i>	-	-	-	-	39	13	52
	b. <i>P. indicus</i>	5	3	2	10	24	39	83
9	<i>Macrobrachium</i>							
	a. <i>M. rosenbergii</i>	-	-	-	-	1	1	2
	b. <i>M. nipponense</i>	2	-	-	-	-	-	2
10	<i>Parapenaeopsis</i>							
	a. <i>P. tenella</i>	-	-	-	-	-	2	2
	b. <i>P. hardwickii</i>	1	-	-	-	-	1	2
11	<i>Metapenaeopsis novaguineae</i>	1	1	-	-	1	-	3
12	<i>Natica</i>	-	-	-	-	-	1	1
	a. <i>N. gualteriana</i>	-	-	1	-	1	-	2
	b. <i>N. lurida</i>	-	-	-	1	1	1	3
	c. <i>N. tigrina</i>	-	-	14	18	7	9	48
13	<i>Bufonaria crumena</i>	-	-	3	6	3	5	17
14	<i>Corbula faba</i>	-	-	145	12	28	2	187
15	<i>Nassarius sp.</i>	-	-	39	-	6	-	45
16	<i>Polinices peselephanti</i>	-	-	-	-	-	1	1
17	<i>Ovula sp.</i>	-	-	-	-	-	61	61
18	<i>Lophiotoma indica</i>	-	-	3	1	-	5	9
19	<i>Pleuroploca trapezium</i>	1	-	-	-	-	7	8
20	<i>Gomphina aequilatera</i>	-	-	-	8	-	-	8
21	<i>Anadara granosa</i>	-	-	371	-	-	-	371
22	<i>Murex crapa</i>	-	1	-	-	-	-	1

4.1.1 *Penaeus indicus* Sebagai Bioindikator

Berdasarkan hasil identifikasi yang telah dilakukan terhadap makrozoobentos yang didapatkan di Muara Sungai Porong menunjukkan bahwa hasil yang mendominasi adalah krustasea. Terdapat beberapa jenis yakni dari kepiting, udang, keong dan kerang. Persebaran yang paling merata dari krustasea tersebut adalah udang dengan spesies *Penaeus indicus*. Hal tersebut akan dijelaskan pada Tabel yang terletak pada lampiran 2. Ukuran berat rata – rata udang yang digunakan sebagai bioindikator sebesar 3.03 gr. Udang kelong ini ditemukan diseluruh stasiun, meskipun dengan jumlah yang berbeda. Persebaran dari udang kelong dengan spesies *Penaeus indicus* yang merata ini menjadikan udang jenis ini dijadikan sebagai bioindikator.

Digunakannya udang sebagai bioindikator ini karena udang memiliki pergerakan yang relatif pasif, dan memiliki habitat didasar sehingga dapat dijadikan sebagai bioindikator yang baik. Menurut Darmono (2003), Krustasea hidup didasar air. Organisme jenis ini memiliki pergerakan yang relatif rendah dan tidak secepat ikan sehingga krustasea air tidak dapat menghindar dari pencemaran logam dalam air. Pergerakan yang lambat dan mencari makan didasar air menyebabkan krustasea menjadi indikator yang baik untuk mengetahui pencemaran lingkungan, hal ini karena limbah tersebut mengendap didasar perairan.

4.2 Data Hasil Pengamatan Logam Berat

4.2.1 *Penaeus indicus*

Hasil analisis kandungan logam berat yang berada pada udang kelong yang diukur pada 2014 di Muara Sungai Porong dapat dilihat pada Tabel 7. Sebelum dilakukan analisis udang yang telah didapatkan di Muara Sungai

Porong diidentifikasi kemudian didapatkan hasil spesiesnya adalah *Penaeus indicus*.

Tabel 2. Kandungan Logam Berat Pada Udang *Penaeus indicus*

Stasiun	Udang (<i>Penaeus indicus</i>)			
	Cr (mg/L)	Ni (mg/L)	Zn (mg/L)	Hg (mg/L)
1	0.002	tt	0.003	tt
2	0.002	tt	tt	tt
3	0.003	tt	0.004	tt
4	0.003	tt	0.004	tt
5	0.003	tt	0.003	tt
6	0.004	tt	tt	tt
Baku mutu Lampiran II (Wisata Bahari)	-	-	-	-
Baku mutu Lampiran III (Biota Laut)	0.005	0.05	0.05	0.001

Keterangan :

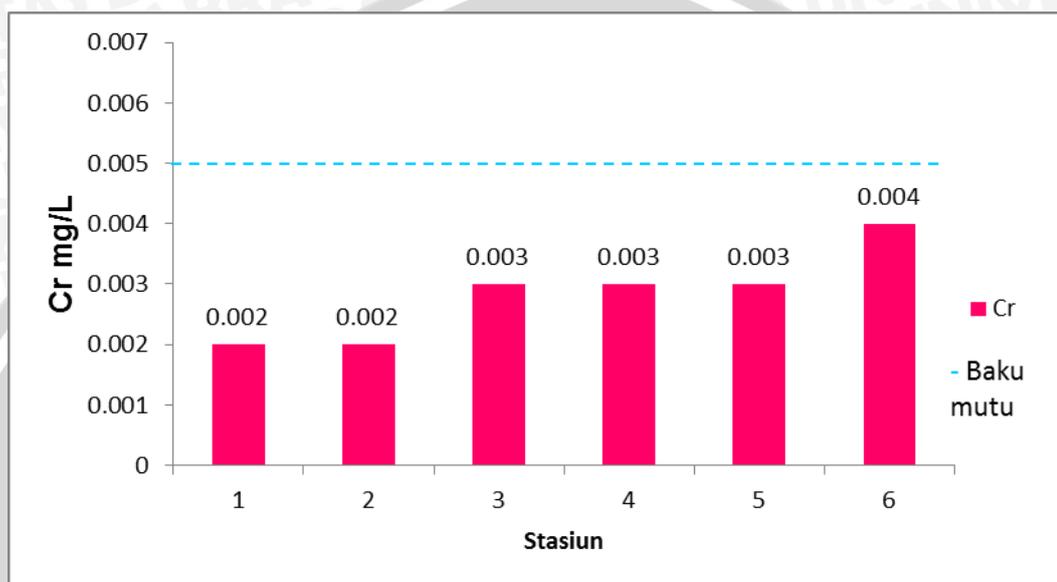
- tt : tidak terdeteksi
- : tidak terdapat nilai konsentrasi logam berat

Pada Tabel 7 diketahui bahwa setelah dilakukan uji konsentrasi empat kandungan logam berat pada tubuh udang diantaranya yakni Cr, Ni, Zn dan Hg didapatkan hasil kandungan logam berat yang terdapat dalam tubuh udang *Penaeus indicus* adalah Cr dan Zn. Konsentrasi Ni dan Hg tidak terdeteksi pada tubuh udang. Analisis setiap konsentrasi Cr, Ni, Zn dan Hg pada *Penaeus indicus* akan dijelaskan pada subbab di bawah ini.

4.2.1.1 Kromium (Cr)

Hasil pengukuran kromium yang dilakukan pada tubuh udang *Penaeus indicus* dengan menggunakan AAS didapatkan hasil konsentrasi Cr di stasiun 1 dan stasiun 2 sebesar 0.002 mg/L. Konsentrasi Cr dalam udang pada stasiun 3

yang berlokasi di depan daratan atau pantai sebesar 0.003 mg/L. Hasil konsentrasi logam berat pada tubuh udang stasiun 4 yang berlokasi di depan Pulau Sarinah sebesar 0.003 mg/L. Kandungan kromium pada tubuh udang pada stasiun 5 di laut lepas sebesar 0.003 mg/L. Udang yang terdapat pada stasiun 6 di laut lepas memiliki konsentrasi kromium sebesar 0.004 mg/L (Gambar 6).



Gambar 1. Kandungan Cr Pada *Penaeus indicus*

Berdasarkan data grafik diatas diketahui bahwa nilai terendah kromium pada udang terletak di stasiun 1 dan 2 yakni sebesar 0.002 mg/L. Nilai tertinggi dari konsentrasi kromium terletak pada stasiun 6 yakni sebesar 0.004 mg/L. Stasiun 3, 4 dan 5 memiliki nilai konsentrasi kandungan kromium yang tidak terlalu tinggi jika dibandingkan dari stasiun1 hingga 6. Nilai dari stasiun 3, 4 dan 5 yakni sebesar 0.003 mg/L. Konsentrasi kandungan kromium pada tubuh udang jika dilihat data grafik tersebut semakin menuju kearah stasiun yang berlokasi di laut lepas besaran konsentrasi kandungan kromium semakin tinggi. Hal ini dapat disebabkan udang tersebut menyerap kandungan logam berat kromium yang masuk ke perairan dan masuk kedalam jaring rantai makanan udang tersebut. Udang lebih mudah menyerap kandungan logam berat yang berasal dari

makanannya. Menurut Darmono (2003), Proses bioakumulasi logam berat dalam jaringan krustasea sangat bergantung pada konsentrasi logam dalam air namun, krustasea lebih mudah mengabsorpsi logam berat yang berasal dari makanan daripada yang berasal dari badan perairan. Rendahnya nilai konsentrasi kromium pada stasiun 1 dan 2 ini dapat disebabkan rendahnya konsentrasi Cr dalam air (Tabel 8) dan diikuti dengan konsentrasi Cr pada sedimen (Tabel 8) sangat rendah sehingga tidak ada serapan yang dilakukan terhadap biota yang menjadi makanan udang .

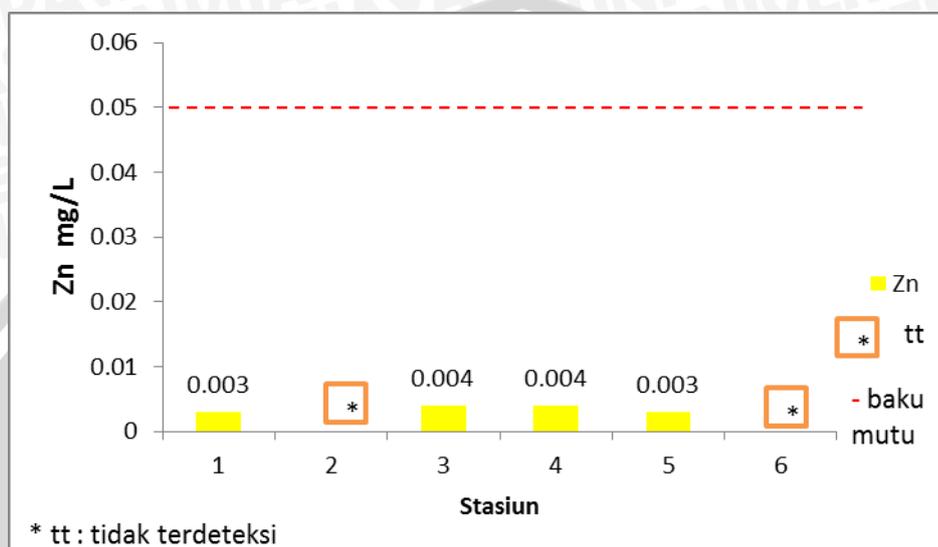
Hal ini didukung dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Pramana (2013), bahwa konsentrasi Cr dalam air tidak terdeteksi dan kandungan Cr dalam sedimen sangat rendah. Tingginya konsentrasi Cr pada tubuh udang yang terletak di stasiun 6 dikarenakan segala limbah tersebut mengarah ke laut, sehingga udang yang berada di stasiun 6 mendapatkan akumulasi yang tinggi. Menurut Pramana (2013), terjadinya akumulasi logam berat yang terdapat dalam tubuh organisme juga dipengaruhi oleh kondisi faktor lingkungan yakni suhu, salinitas dan pH.

Berdasarkan KepMen LH no. 51 tahun 2004 nilai ambang batas baku mutu Lampiran III (biota laut) konsentrasi Cr pada tubuh biota yakni sebesar 0.005 mg/L. Hasil penelitian mengenai konsentrasi Cr pada tubuh udang dari seluruh stasiun masih berada di bawah ambang batas baku mutu yang telah ditetapkan.

4.2.1.2 Seng (Zn)

Konsentrasi kandungan seng yang diukur pada tubuh udang pada stasiun 1 sebesar 0.003 mg/L. Pada udang yang berada di stasiun 2 konsentrasi seng tidak terdeteksi. Udang yang berada di stasiun 3 yakni di depan daratan atau pantai konsentrasi seng sebesar 0.004 mg/L. Konsentrasi kandungan seng pada

udang yang berada di stasiun 4 di depan Pulau Sarinah sebesar 0.004 mg/L. Stasiun 5 yang berlokasi di laut lepas memiliki konsentrasi seng pada udang sebesar 0.003 mg/L. Konsentrasi kandungan seng yang berada di stasiun 6 yakni di laut lepas tidak terdeteksi (Gambar 7).



Gambar 2. Kandungan Zn Pada *Penaeus indicus*

Berdasarkan data Gambar 7 dapat diketahui nilai terendah kandungan konsentrasi Zn pada udang *Penaeus indicus* di stasiun 1 dan 5 yakni sebesar 0.003 mg/L. Nilai tertinggi dari konsentrasi Zn pada udang *Penaeus indicus* terletak di stasiun 3 dan 4 yakni sebesar 0.004 mg/L. Rendahnya nilai konsentrasi Zn dari udang tersebut pada stasiun 1 dan 5 dapat juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan yaitu arus. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 9 diketahui bahwa nilai arus pada stasiun 1 sebesar 0.32 m/s dan stasiun 5 sebesar 0.33 m/s. Menurut Darmono (2003), Terjadinya proses bioakumulasi logam berat dalam jaringan krustasea juga sangat bergantung pada konsentrasi logam berat dalam perairan, kadar garam, suhu dan pH dalam air. Pada stasiun 2 nilai Zn pada udang tidak terdeteksi hal ini dapat dikarenakan terlalu kecilnya konsentrasi dari Zn pada perairan tersebut yakni sebesar < 0.0064 mg/L. Konsentrasi Zn

yang tidak terdeteksi pada stasiun 2 dan 6 dapat dikarenakan oleh pergerakan arus yang tinggi, sehingga konsentrasi dari Zn tersebut terdispersi ke stasiun selanjutnya. Menurut Newman *et al* (2002), Beberapa logam secara spesifik diserap oleh tubuh biota dikarenakan logam tersebut esensial digunakan untuk fase pertumbuhan (Fe, Zn, dan Cu), masukan ke tubuh biota tersebut umumnya tidak secara spesifik namun berikatan dengan unsur kimia yang lain. Pada stasiun 3 dan 4 yang memiliki konsentrasi Zn paling tinggi dapat disebabkan oleh pergerakan arus yang tinggi (Tabel 10) mempercepat polutan atau logam berat menuju ke dasar, dimana dasar perairan tersebut merupakan habitat dari udang *Penaeus indicus*. Faktor lain yang dapat menyebabkan perbedaan konsentrasi Zn pada tubuh udang dikarenakan kemampuan penyerapan dari biota, konsentrasi mineral dalam habitat dan fase pertumbuhannya (Jobling *et al* 2001 dalam Susanto *et al*, 2008).

Berdasarkan KepMen LH no. 51 tahun 2004 mengenai standar baku mutu air laut lampiran (III) untuk konsentrasi logam berat Zn yakni sebesar 0.05 mg/L. Berdasarkan hasil data pengukuran konsentrasi logam berat pada udang yang berada di Muara Sungai Porong masih berada di bawah standar baku mutu yang telah ditetapkan, sehingga udang tersebut masih aman untuk dikonsumsi oleh masyarakat.

4.2.1.3 Nikel (Ni)

Konsentrasi kandungan nikel (Ni) pada tubuh udang tidak terdeteksi hal ini dikarenakan nilai Ni berkisar < 0.0064 mg/L sehingga AAS tidak dapat mendeteksi nilai kandungan konsentrasi Ni pada tubuh udang *Penaeus indicus*. Hal lain yang dapat menyebabkan rendahnya atau tidak terdeteksinya kandungan Ni pada tubuh udang karena konsentrasi Ni dalam perairan dan sedimen kecil sehingga biota yang menjadi pakan dari udang tersebut tidak menyerap

konsentrasi dari logam Ni tersebut. Menurut Sanusi dan Putranto (2009), Rendahnya konsentrasi nikel dalam perairan dikarenakan kandungan tersuspensi dari nikel yang rendah serta kadar Ni dalam bentuk terlarut relative lebih tinggi. Hal ini didukung dengan pernyataan Darmono (2003), Proses bioakumulasi logam berat dalam jaringan krustasea sangat bergantung pada konsentrasi logam dalam air, dan faktor lingkungan yakni suhu, pH, salinitas. Akumulasi logam berat dalam jaringan krustasea air juga dipengaruhi oleh hadirnya logam lain yang terlarut dalam air.

Masuknya logam berat nikel (Ni) dari perairan dapat terakumulasi pada jaringan tubuh biota. Biota dapat mengadsorpsi nikel melalui makanan dan langsung dari air dengan melewati insang, nikel juga dapat berikatan dengan protein diseluruh jaringan biota (Mardihasbullah, 2013).

Berdasarkan KepMen LH No. 51 tahun 2004 mengenai konsentrasi kandungan logam berat pada Lampiran III (biota) batas konsentrasi Ni untuk biota yakni sebesar 0.05 mg/L.

4.2.1.4 Raksa (Hg)

Hasil pengukuran kandungan logam berat pada udang kelong *Penaeus indicus* yang dilakukan di Muara Sungai Porong mulai dari stasiun 1 hingga stasiun 6 tidak terdeteksi adanya kandungan raksa (Hg). Hal ini dapat dikarenakan konsentrasi kandungan Hg dalam udang berada di < 0.0064 mg/L, sehingga AAS tidak mampu mendeteksi nilai konsentrasi dari Hg yang berada didalam tubuh udang tersebut. Rendahnya nilai kandungan Hg dalam badan perairan dan dalam sedimen dapat mempengaruhi dari proses bioakumulasi dalam tubuh udang, faktor lain yang dapat mempengaruhi proses bioakumulasi dari Hg dalam tubuh udang adalah kondisi parameter lingkungan. Menurut Darmono (2003), Proses bioakumulasi logam berat dalam jaringan krustasea

sangat bergantung pada konsentrasi logam dalam air, dan faktor lingkungan yakni suhu, pH, salinitas. Akumulasi logam berat dalam jaringan krustasea air juga dipengaruhi oleh hadirnya logam lain yang terlarut dalam air.

Menurut Wulandari (2006), Hg merupakan logam berat yang paling berbahaya dibandingkan dengan logam berat lainnya, selain itu logam berat ini bersifat kumulatif dan dapat menyebabkan kematian. Pada kondisi perairan yang tidak terkontaminasi dengan bahan pencemar kandungan dari Hg sangat sedikit yakni kurang dari 0.1 mg/L. Aktivitas antropogenik yang terjadi dengan menghasilkan buangan limbah dari Hg akan meningkatkan dari konsentrasi Hg. Masuknya Hg ke tubuh biota terjadi secara pasif ke lapisan lemak dari biota tersebut (Newman *et al*, 2002).

Menurut KepMen LH no. 51 tahun 2004 mengenai konsentrasi kandungan logam berat pada Lampiran III (biota) Batas konsentrasi Hg untuk biota laut sebesar 0.001 mg/L

4.2.2 Air, Sedimen dan *Corbula faba*

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan pada tahun 2013 di Muara Sungai Porong dengan variabel air, sedimen dan biota yakni kupang putih *Corbula faba* didapatkan hasil bahwa konsentrasi logam berat yang berada di air, sedimen dan biota (*Corbula faba*) memiliki keterkaitan. Digunakannya kupang sebagai bioindikator pengukuran kandungan logam berat pada penelitian sebelumnya menjadi dasar pada penelitian selanjutnya digunakannya udang sebagai bioindikator selanjutnya. Hal ini dikarenakan udang merupakan salah satu komoditas ekonomi yang cukup penting di Indonesia khususnya di Muara Sungai Porong.

Pada Tabel 8 di bawah ini akan ditunjukkan mengenai hasil data pengamatan kandungan logam berat yang terdapat pada air, sedimen dan kupang (*Corbula faba*). Data pada Tabel 7 tersebut diambil pada tahun 2013.



Tabel 3. Kandungan Logam Berat (Cr, Ni, Zn, Hg) Pada Air, Sedimen dan Kupang Putih

Stasiun	Air (2013)				Sedimen (2013)				Kupang putih (<i>Corbula faba</i>) 2013			
	Cr (mg/L)	Ni (mg/L)	Zn (mg/L)	Hg (mg/L)	Cr (mg/L)	Ni (mg/L)	Zn (mg/L)	Hg (mg/L)	Cr (mg/L)	Ni (mg/L)	Zn (mg/L)	Hg (mg/L)
1	tt	0.11	<0.0064	0.0002	tt	tt	6.93	<0.00003	-	-	-	-
2	tt	0.037	<0.0064	0.0002	0.375	3.51	8.09	0.005	-	-	-	-
3	tt	0.093	<0.0064	0.0002	0.46	5.28	7.75	0.018	0.705	9.545	42.92	0.015
4	tt	0.126	<0.0064	0.0003	0.87	4.135	10.67	0.018	tt	9.645	3.755	0.016
5	tt	tt	<0.0064	0.0003	tt	3.405	5	0.008	1.035	8.815	3.685	0.009
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baku mutu Lampiran II (Wisata Bahari)	0.002	0.075	0.095	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-
Baku mutu Lampiran III (Biota Laut)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.005	0.05	0.05	0.001
Baku mutu IADC	-	-	-	-	100	35	140	0.3				

Sumber : (Pratiwi, 2013)

Keterangan :

tt : tidak terdeteksi - : tidak adanya data

Konsentrasi Cr yang terdapat dalam perairan menunjukkan hasil tidak terdeteksi pada seluruh stasiun. Kandungan Cr pada sedimen menunjukkan pada stasiun 1 dan 5 tidak terdeteksi, namun pada stasiun 2 sebesar 0.375 mg/L, stasiun 3 sebesar 0.46 mg/L, dan stasiun 4 sebesar 0.87 mg/L. Kandungan Cr pada kupang yaitu pada stasiun 1 dan 2 tidak diketemukan biota kupang tersebut, namun pada stasiun 3 bernilai 0.705 mg/L, stasiun 4 tidak terdeteksi, dan stasiun 5 sebesar 1.035 mg/L. Pada Tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai pada perairan tidak terdeteksi, namun pada biota dan pada sedimen nilai konsentrasi kromium tinggi. Hal ini dapat dikarenakan pergerakan arus yang berada di Muara Sungai Porong membantu pergerakan Cr ke dasar perairan dan terabsorpsi pada sedimen. Menurut Darmono (2003), Jenis kerang dapat mengakumulasi logam lebih besar daripada biota air lainnya karena sifatnya yang menetap, sehingga menyebabkan kerang ini tidak dapat menghindar dari pengaruh polusi, dan memiliki toleransi yang tinggi terhadap konsentrasi logam tertentu.

Konsentrasi Ni pada perairan untuk stasiun 1 yang berlokasi di Muara Sungai Porong Selatan sebesar 0.11 mg/L, stasiun 2 yang berlokasi di Muara Sungai Porong Utara sebesar 0.037 mg/L, untuk stasiun 3 yang berlokasi di depan daratan atau pantai sebesar 0.093 mg/L, stasiun 4 yang berlokasi di depan Pulau Sarinah sebesar 0.126b mg/L, stasiun 5 yang berlokasi di laut lepas nilai konsentrasi dari Ni tidak terdeteksi. Konsentrasi Ni pada sedimen pada stasiun 1 tidak terdeteksi, nilai konsentrasi Ni pada stasiun 2 sebesar 3.51 mg/L, nilai konsentrasi Ni pada stasiun 3 sebesar 5.28 mg/L, nilai konsentrasi Ni pada stasiun 4 sebesar 4.135 mg/L, untuk stasiun 5 yang berlokasi di Laut lepas sebesar 3.405 mg/L. Kupang yang berada pada stasiun 1 dan 2 tidak ditemukan sehingga tidak dapat dilakukan pengukuran. Nilai konsentrasi Ni pada kupang putih untuk stasiun 3 sebesar 9.545 mg/L, untuk

stasiun 4 memiliki nilai sebesar 9.645 mg/L, stasiun 5 yang berlokasi di laut lepas sebesar 8.815 mg/L.

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 Pramana (2013), 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.

Konsentrasi Zn pada perairan untuk stasiun 1 hingga stasiun 5 sebesar 0.0064 mg/L. Konsentrasi Zn pada sedimen yang terletak pada stasiun 1 sebesar 6.93 mg/L, untuk stasiun 2 yang berlokasi di Muara Sungai Porong Utara sebesar 8.09 mg/L. konsentrasi Zn pada sedimen yang terletak di stasiun 3 sebesar 7.75 mg/L, untuk stasiun 4 yang terletak di depan daratan atau pantai memiliki konsentrasi Zn sebesar 10.67 mg/L, konsentrasi Zn pada sedimen untuk stasiun 5 sebesar 5 mg/L. Dikarenakan pada stasiun 1 dan 2 tidak ditemukan kupang putih, maka konsentrasi Zn tidak dapat diketahui nilai konsentrasinya. Konsentrasi Zn pada kupang yang terletak di stasiun 3 sebesar 42.92 mg/L, untuk stasiun 4 yang berlokasi di depan daratan atau pantai besarnya nilai konsentrasi Zn pada kupang sebesar 3.755 mg/L, untuk kupang yang berada di stasiun 5 memiliki konsentrasi Zn sebesar 3.655 mg/L.

Rendahnya konsentrasi pada perairan dan tingginya nilai konsentrasi pada sedimen hal ini dikarenakan pergerakan arus perairan tersebut membantu cepatnya polutan logam berat untuk mengendap ke dasar perairan. Tidak hanya proses

pergerakan arus, faktor lingkungan juga turut membantu kelarutan suatu logam berat pada sedimen dan biota. Kenaikan pH air akan menurunkan kelarutan logam dalam air, karena kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air sehingga akan mengendap membentuk lumpur (Shindu, 2005). Aktivitas manusia seperti adanya pengerukan juga dapat meningkatkan kelarutan dari Zn tersebut kedasar perairan.

Konsentrasi Hg pada perairan untuk stasiun 1 hingga stasiun 3 memiliki nilai yang sama yakni sebesar 0.0002 mg/L, untuk stasiun 4 dan 5 memiliki konsentrasi yang sama pula yakni sebesar 0.0003 mg/L. Konsentrasi Hg pada sedimen yang terletak pada stasiun 1 sebesar <0.00003 mg/L, untuk stasiun 2 yang berlokasi di Muara Sungai Porong Utara konsentrasi Hg sebesar 0.005 mg/L, untuk stasiun 3 memiliki nilai konsentrasi Hg pada sedimen sebesar 0.018 mg/L, stasiun 4 yang berlokasi di depan Pulau Sarinah memiliki nilai konsentrasi Hg sebesar 0.018 mg/L, stasiun 5 yang berlokasi di laut lepas memiliki nilai konsentrasi Hg sebesar 0.008 mg/L.

Dikarenakan pada stasiun 1 dan 2 tidak ditemukan kupang putih, maka konsentrasi Zn tidak dapat diketahui nilai konsentrasinya. Konsentrasi Hg pada kuoang yang terletak di stasiun 3 sebesar 0.015 mg/L, kupang yang terletak di stasiun 4 memiliki nilai konsentrasi Hg sebesar 0.016 mg/L, kupang yang terletak di stasiun 5 memiliki nilai konsentrasi Hg sebesar 0.009 mg/L. Hg merupakan logam berat yang memiliki nilai toksisitas paling tinggi dibandingkan dengan logam berat yang lain. Diketahui nilai logam berat Hg pada perairan memiliki nilai konsentrasi yang rendah dan berada jauh diambang batas baku mutu yang ditentukan.

4.3 Data Hasil Parameter Lingkungan

Data yang telah diambil di perairan Muara Sungai Porong yakni data hasil pengukuran parameter fisika dan kimia oseanografi. Data parameter oseanografi fisika dan kimia diambil secara *in-situ* yakni pengukuran yang dilakukan secara langsung pada lokasi penelitian. Hasil nilai rata – rata pengukuran parameter oseanografi fisika dan kimia akan dibandingkan dengan nilai baku mutu air laut KepMenLH no. 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 (Tabel 10).

Data pada Tabel 9 adalah nilai parameter fisika dan kimia dari Muara Sungai Porong. Nilai parameter oseanografi fisika secara berurutan yakni nilai suhu, nilai kecerahan dan nilai kecepatan arus beserta nilai standar deviasinya yang didapatkan dengan pengulangan dengan selang waktu 10 menit sebesar $33.11\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.56$, $0.45\text{ m} \pm 3.25$, $0.26\text{ m/s} \pm 0.08$. Nilai parameter oseanografi kimia secara berurutan yakni nilai salinitas, pH, dan nilai DO beserta nilai standar deviasinya yang didapatkan dari hasil pengulangan dengan selang waktu 10 menit sebesar $25\text{ }^{\circ}\text{‰} \pm 1.07$, 7.38 ± 0.21 , $11.98\text{ mg/L} \pm 1.68$.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Parameter Oseanografi Kimia dan Oseanografi Fisika

Stasiun Pengamatan	Parameter Oseanografi Fisika							Parameter Oseanografi Kimia					
	Suhu (°C)	STDE V	Kecerahan (m)	STDEV	Arus (m/s)	STDEV	Arah arus	Salinitas (‰)	STDEV	pH	STDEV	DO (mg/L)	STDEV
1	32,8 *)	0.4	0,48 *)	3.74	0,32	0.051	B – T	17 *)	1.732	7,22 *)	0.115	9,76	1.504
2	33,6 *)	0.497	0,46 *)	6.26	0,29	0.062	B – T	20,67 *)	2.082	7,05 *)	0.037	12,2	1.757
3	33,3 *)	0.1	0,67 *)	3.5	0,15	0.012	T – B	29,67 *)	0.577	7,44 *)	0.077	14,03	3.818
4	32,6 *)	0.577	0,36 *)	1.01	0,27	0.122	T – B	21,67 *)	2.082	7,64 *)	0.421	12,5	0.556
5	32,5 *)	0.289	0,34 *)	3.71	0,17	0.032	B – T	30 *)	0	7,45 *)	0.088	13,22	2.041
6	33,8 *)	0.723	0,39 *)	1.26	0,33	0.02	U - S	31 *)	0	7,47 *)	0.045	10,2	0.556
Rata - Rata	33.1 *)	0.56	0.45	3.25	0.26	0.08	-	25 *)	1.07	7.38 *)	0.21	11.98	1.68
Baku Mutu Lampiran II (Wisata Bahari)	Alami ^{3(a)}	-	> 6 m	-	-	-	-	Alami ^{3(c)}	-	7 – 8,5 ^(b)	-	> 5	-
Baku Mutu Lampiran III (Biota)	28 – 30 ^(a)	-	> 5 m	-	-	-	-	34 ‰	-	7 – 8,5 ^(b)	-	> 5	-

Keterangan :

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

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

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

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

*) : Nilai tidak sesuai dengan standar baku mutu perairan laut

4.3.1 Parameter Oseanografi Kimia

Data hasil pengukuran nilai parameter oseanografi kimia dilakukan di Muara Sungai Porong didapatkan nilai rata – rata. Hasil pengulangan pengukuran sebanyak 3 kali dengan selang waktu 10 menit.

4.3.1.1 Salinitas

Nilai rata – rata dari salinitas pada seluruh stasiun 1 – 6 didapatkan nilai sebesar 25 ‰ dengan standar deviasi sebesar 1.07. Nilai dari salinitas di perairan Muara Sungai Porong tersebut berada di bawah standar baku mutu yang telah ditetapkan KepMenLH no. 51 tahun 2004 yakni sebesar 34 ‰. Rendahnya nilai salinitas pada perairan muara sungai porong tersebut dikarenakan lokasinya cukup jauh dari perairan laut, selain itu pada muara sungai banyak masukan air tawar yang berasal dari sungai – sungai yang alirannya Muara Sungai Porong. Menurut Jumiarti *et,al* (2014) interaksi antara air tawar dan air laut dapat mempengaruhi penyebaran salinitas, suhu maupun Gambaran dari oseanografi perairan lainnya.

4.3.1.2 pH

Hasil rata – rata pengukuran pH di perairan Muara Sungai Porong dari stasiun 1 – stasiun 6 sebesar 7.38 dengan nilai standar deviasi sebesar 0.21. Nilai standar baku mutu air laut KepMenLH no. 51 tahun 2004 untuk pH sebesar 7 – 8.5. Nilai pH dari Muara Sungai Porong berada pada nilai kisaran baku mutu yang telah ditentukan. Menurut Susana (2009), Nilai pH dalam perairan bervariasi mulai dari arah sungai sampai laut, semakin mengarah ke laut nilai pH semakin tinggi. Nilai pH optimal untuk kehidupan biota berkisar sekitar 6.5 – 8.

4.3.1.3 DO (Dissolved Oxygen)

Nilai hasil pengukuran rata – rata DO di perairan Muara Sungai Porong pada stasiun 1 – 6 yakni sebesar 11.98 mg/L dengan nilai standar deviasi sebesar 1.68. Nilai standar baku mutu air laut KepMenLH no. 51 tahun 2004 mengenai DO sebesar >5 mg/L. Pada perairan Muara Sungai Porong nilai DO nya melebihi standar yang telah ditentukan, sehingga perairan tersebut memiliki DO yang baik bagi kehidupan biota. Menurut Pangestu (2014), Nilai DO pada muara sungai memiliki nilai yang baik dikarenakan aliran arus yang cukup tinggi dan tingginya nilai DO pada perairan dapat dikarenakan pengukuran dilakukan pada saat pasang.

4.3.2 Parameter Oseanografi Fisika

Hasil pengukuran nilai parameter oseanografi fisika dilakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali dengan selang waktu sebesar 10 menit. Pengukuran nilai parameter oseanografi fisika dilakukan pada stasiun 1 – 6.

4.3.2.1 Suhu

Nilai rata – rata pengukuran suhu di Muara Sungai Porong yang dilakukan pada stasiun 1 – 6 sebesar 33.1 °C dengan nilai standar deviasi sebesar 0.56. Nilai standar baku mutu KepMenLH no.51 tahun 2004 mengenai standar suhu yang optimal bagi air laut yakni sebesar 28 – 30 °C. Nilai dari suhu pada Muara Sungai Porong melebihi dari standar baku mutu yang telah ditentukan. Menurut Patty (2013), Nilai suhu yang tinggi pada perairan ini dapat diakibatkan oleh faktor eksternal yaitu cuaca, angin dan arus. Faktor lain yang mempengaruhi dari suhu adalah adanya proses – proses alam seperti biokimia, melalui mikroorganisme yang dapat menghasilkan panas, dan buangan limbah.

4.3.2.2 Kecerahan

Hasil pengukuran rata – rata dari kecerahan pada Muara Sungai Porong yang dilakukan pada stasiun 1 – 6 yakni sebesar 0.45 m dengan nilai standar deviasi sebesar 3.25. Standar baku mutu air laut KepMenLH no. 51 tahun 2004 yang ditetapkan untuk standar nilai kecerahan yaitu sebesar >5 m. Rendahnya nilai kecerahan di Muara Sungai Porong ini dikarenakan banyaknya terjadi masukan limbah dan sampah.

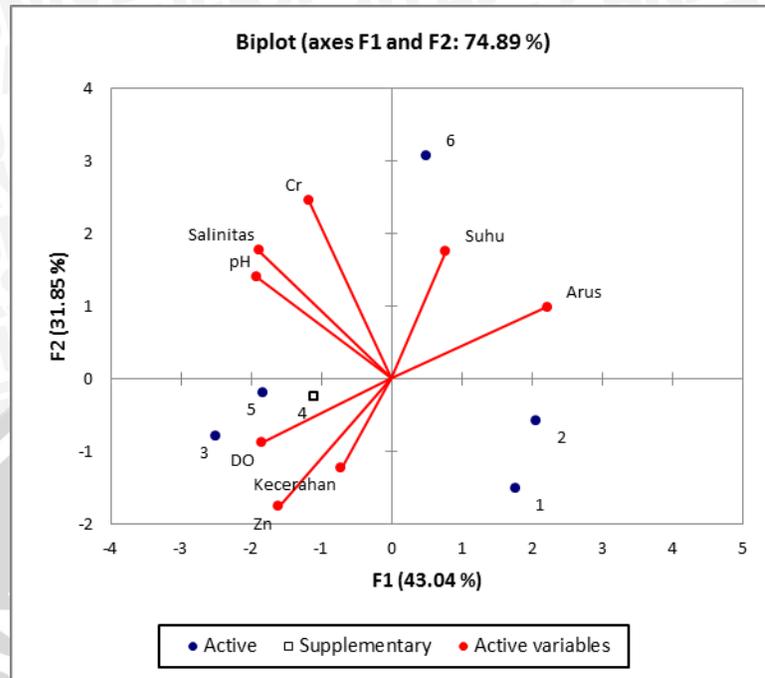
4.3.2.3 Arus

Nilai rata – rata hasil pengukuran dari arus yang dilakukan di Muara Sungai Porong pada stasiun 1 – 6 sebesar 0.26 dengan nilai standar deviasi sebesar 0.08. Standar Baku Mutu air laut KePMenLH no. 51 tahun 2004 tidak memiliki nilai standar arus yang ditetapkan. Menurut Surbakti (2012), Arus di muara sungai cenderung lebih dominan mengalami arus residu.

4.4 Analisis Statistik PCA

4.4.1 Hasil Biplot PCA

Analisis komponen utama yaitu metode analisis peubah multi yang bertujuan memperkecil dimensi peubah asal sehingga diperoleh peubah baru (komponen utama) yang tidak saling berkorelasi (Adiningsih *et.al*, 2004). Analisis ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara parameter fisika – kimia dengan parameter logam berat (Cr, Zn) dan menduga apakah terdapat pengelompokan stasiun berdasarkan parameter lingkungan. Analisis komponen utama dilakukan dengan menggunakan *software* XL-STAT. Beberapa parameter lingkungan yang dianalisis adalah suhu, arus, kecerahan, pH, salinitas, dan DO, nilai konsentrasi Zn dan Cr pada *Penaeus indicus*. Hasil analisis komponen utama dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 3. Hasil Analisis Komponen Utama

Hasil biplot pada Gambar 9 menggunakan hasil F1 dan F2 hal ini dikarenakan F1 dan F2 mampu menggambarkan kondisi perairan secara umum, sehingga tidak menitikberatkan pada beberapa parameter saja melainkan mampu menghubungkan seluruh parameter. F1 dan F2 memiliki keterkaitan yang sangat tinggi dibandingkan dengan F1 dan F3, F1 dan F4, F2 dan F3, F2 dan F4, F3 dan F4. Akurasi hasil pengukuran analisis komponen utama sebesar 74.89%. Menurut Miller, JN dan Miller, J.C (2005), Proporsi keragaman yang dianggap cukup mewakili total keragaman data jika keragaman kumulatif mencapai 70-80%.

Berdasarkan Gambar 9, diketahui bahwa stasiun 6 terletak pada kuadran 1 serta pada stasiun 6 hal yang paling mempengaruhi adalah nilai suhu dan arus. Hal ini dikarenakan pada penelitian ini letak stasiun 6 pada laut lepas sehingga memiliki nilai suhu serta nilai kecepatan arus yang berbeda dibandingkan dengan 5 stasiun

lain. Nilai suhu berdasarkan hasil pengukuran di stasiun 6 sebesar 33.8°C , nilai tersebut merupakan nilai suhu yang paling tinggi pada stasiun 6 dibandingkan dengan 5 stasiun lainnya, untuk nilai kecepatan arus juga memiliki nilai yang paling tinggi dibandingkan dengan 5 stasiun lainnya yakni sebesar 0.33 m/s .

Stasiun 1 dan stasiun 2 terletak pada kuadran yang sama. Hal ini dikarenakan stasiun 1 dan 2 lokasinya berdekatan dan hanya terhalang oleh Pulau Sarinah. Stasiun 1 dan 2 memiliki kemiripan yang tinggi. Didukung dengan hasil pengukuran nilai parameter lingkungan, stasiun 1 dan 2 memiliki kemiripan nilai kecerahan yakni untuk stasiun 1 sebesar 0.48 m dan untuk stasiun 2 sebesar 0.46 m . Pada kuadran selanjutnya stasiun 3, 4 dan 5 terletak pada kuadran yang sama. Stasiun 3, 4 dan 5 memiliki kemiripan karakteristik, hal ini dapat dilihat melalui hasil pengukuran nilai parameter lingkungan. Terdapat beberapa nilai yang tidak terlalu berbeda yakni suhu, arus, DO, dan pH. Nilai suhu secara berurutan pada stasiun 3, 4 dan 5 sebesar 33.3°C , 32.6°C , 32.5°C , untuk nilai kecepatan arus secara berurutan pada stasiun 3, 4 dan 5 sebesar 0.15 m/s , 0.27 m/s dan 0.17 m/s , kemudian besaran nilai pH secara berurutan pada stasiun 3, 4 dan 5 sebesar 7.44 , 7.64 dan 7.45 , selanjutnya nilai DO secara berurutan pada stasiun 3, 4 dan 5 sebesar 14.03 mg/L , 12.5 mg/L dan 13.22 mg/L , namun stasiun 4 dan 5 memiliki kemiripan yang sangat tinggi. Hal ini dikarenakan stasiun 4 yang berada di depan Pulau Sarinah mempengaruhi keadaan stasiun 5 yang berlokasi di laut lepas. Lokasi dari stasiun 4 dan 5 lurus dengan stasiun 5, selain lokasi stasiun yang tidak terlalu didukung dengan besaran nilai parameter lingkungan yang telah diukur pada stasiun tersebut. Beberapa nilai parameter lingkungan yang nilainya tidak terpaut terlalu jauh yaitu suhu, kecerahan dan DO. Nilai suhu secara berurutan pada stasiun 4 dan 5 sebesar 32.6°C dan 32.5°C , kemudian nilai kecerahan secara berurutan pada stasiun 4 dan 5

sebesar 0.36 m dan 0.34 m, selanjutnya nilai DO pada stasiun 4 dan 5 sebesar 12.5 mg/L dan 13.22 mg/L. Pada kuadran yang sama terdapat logam Zn, kecerahan dan DO. Hasil dari analisis tersebut dapat diketahui bahwa pada penelitian ini nilai konsentrasi Zn pada tubuh udang dipengaruhi oleh nilai DO dan nilai kecerahan.

Pada kuadran keempat terdapat Cr, salinitas dan pH. Hal ini dapat diartikan bahwa pada penelitian ini nilai konsentrasi Cr pada tubuh udang dipengaruhi oleh nilai salinitas dan pH. Menurut Pramana (2014), tingginya nilai akumulasi logam berat pada tubuh organisme dapat dipengaruhi oleh nilai suhu, salinitas dan pH.

4.4.2 Hasil Nilai *Factor Loading* PCA

Biplot adalah hasil yang dapat diketahui untuk mengetahui faktor lingkungan apa yang paling mempengaruhi dari sebaran logam berat namun tidak hanya itu, terdapat juga nilai *factor loading* yang nilainya dapat mengetahui faktor lingkungan yang paling mempengaruhi dari sebaran logam berat. Hasil dari *factor loading* dapat diketahui pada Tabel 11.

Tabel 5. Hasil *Factor Loading*

	F1	F2	F3	F4
Suhu	0.316	0.618	0.719	-0.011
Salinitas	-0.771	0.621	0.041	0.133
DO	-0.758	-0.312	0.320	0.476
pH	-0.781	0.492	-0.240	-0.299
Kecerahan	-0.292	-0.433	0.737	-0.428
Arus	0.904	0.348	-0.069	-0.239
Cr	-0.481	0.865	-0.029	-0.142
Zn	-0.656	-0.620	-0.188	-0.388

Berdasarkan hasil data Tabel 11 terdapat hasil dari *factor loading*. Nilai *factor loading* didapatkan dari hasil biplot yang menunjukkan faktor yang paling mempengaruhi dari konsentrasi logam berat pada udang. Nilai yang dilihat dari

Tabel tersebut yang terdapat pada f1. Hal ini dikarenakan nilai pada f1 yang menggambarkan nilai dari seluruh keadaan perairan. Pada penelitian ini nilai dari *factor loading* yang terdapat pada f1 yang memiliki nilai paling tinggi adalah arus yaitu sebesar 0.904. Nilai arus yang tinggi tersebut dapat diketahui pada penelitian ini sebagai salah satu faktor utama yang menyebabkan dari proses distribusi dari logam berat tersebut. Menurut Rochyatun *et.al* (2006), Kadar logam berat diperairan muara sungai lebih tinggi dibandingkan dengan di laut lepas. Hal ini dikarenakan logam berat mengalami proses pengenceran dalam air dengan pengaruh pola arus dan pasang surut.

Pada Tabel 12 menjelaskan mengenai hasil korelasi matrix dari variabel yang diuji. Variabel yang diuji diantaranya adalah nilai parameter lingkungan berupa suhu, salinitas, DO, pH, kecerahan dan arus, untuk parameter logam beratnya adalah Cr dan Zn.

Tabel 6. Hasil *Correlation Matrix (Person)*

Variables	Cr	Zn
Suhu	0.363	-0.722
Salinitas	0.888*	0.062
DO	0.018	0.446
pH	0.851	0.369
Kecerahan	-0.194	0.488
Arus	-0.098	-0.703

Keterangan : * : nilai yang signifikansi

Berdasarkan data pada Tabel 12 diketahui bahwa nilai korelasi matriks tertinggi adalah salinitas dengan Cr yakni sebesar 0.888, sedangkan korelasi matriks salinitas dengan Zn sebesar 0.062. Besarnya nilai korelasi matriks antara

salinitas dengan Cr disebabkan oleh jumlah data konsentrasi Cr terdapat pada seluruh stasiun, sedangkan jumlah data Zn hanya terdapat pada empat stasiun.

