

PERBANDINGAN KANDUNGAN LOGAM BERAT (CD, CR, PB) DALAM AIR DAN KERANG ANTAR EKOSISTEM SUNGAI, MUARA DAN PANTAI DI PERAIRAN SUNGAI TALLO MAKASSAR

The Ratio Of Heavy Metal (Cr, Cd, Pb) Concentration In Water And Shells Between River Ecosystem, Estuary And Beach In The Waters Of Tallo River, Makassar

Despri Setya Rumoy¹, Nur Asia Umar², Hadijah²

¹Magister Budidaya Perairan Program Pascasarjana. Universitas Bosowa

²Program Studi Budidaya Perairan Program Pascasarjana. Universitas Bosowa

Email : desprisetya.rumuy@gmail.com

Diterima: 05 Maret 2022

Dipublikasikan: 30 Juni 2022

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan konsentrasi logam berat (Cr, Cd, dan Pb) dalam air dan kerang antar ekosistem di perairan sungai Tallo Makassar pada saat surut dan pasang yang dilaksanakan dari bulan Juni-Agustus 2021. Metode yang digunakan adalah pengambilan sampel berdasarkan tempat yaitu pada saat air pasang dan air surut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Perairan yang tercemar logam berat Pb dan Cr ditiga stasiun yaitu sungai, muara dan pantai dengan nilai Pb = 0.11 mg/L di sungai, Cr = 0.12 mg/L , Pb = 0.13 mg/L di muara dan Cr = 0.11 mg/L di pantai. Kandungan logam berat Pb paling tinggi pada kerang di sungai dengan nilai 3.23 mg/Kg. Parameter lingkungan yang terukur masih dalam kondisi normal. Terdapat plankton sebagai bioindikator perairan dengan spesies yang dapat menyebabkan *blooming plankton* dan juga penyakit untuk biota perairan (ikan) seperti spesies *Prorocentrum. sp* dari kelas Dinoflagellatae.

Kata Kunci: Logam Berat, Air dan Kerang, Ekosistem, Perairan Sungai Tallo Makassar

ABSTRACT

*The research aims to compare the concentration of heavy metal (Cr, Cd, Pb) in water and shells between ecosystems in Tallo river, Makassar at high and low tide within two months from June to August 2021. The method used was sampling according to the place when high and low tide. The results showed that the waters were contaminated with heavy metals Pb and Cr at three stations namely rivers, estuarie, and beaches with Pb values = 0.11 mg/L in rivers, Cr = 0.12 mg/L, Pb = 0.13 mg/L in estuaries, and Cr = 0.11 mg/L at the beach. The highest content of heavy metal Pb was in shellfish in the river with a value of 3.23 mg/Kg. The measured environmental parameters are still in normal conditions. There are plankton as water bioindicators possibly causing plankton blooms and diseases for aquatic biota (fish) such as *Prorocentrum. sp* of the class Dinoflagellates*

Keywords: Heavy Metal, Water and Shells, Ecosystem, Waters of Tallo River Makassar



This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license

1. PENDAHULUAN

Pencemaran air sangat berbahaya bagi kesehatan lingkungan dan juga manusia. WHO (World Health Organization) atau Organisasi Kesehatan Dunia dan FAO (Food Agriculture Organization) atau Organisasi Pangan Dunia telah merekomendasikan untuk tidak mengkonsumsi organisme atau biota laut yang tercemar logam berat. Konsentrasi logam berat yang tinggi biasanya terakumulasi pada beberapa jenis biota perairan seperti kerang dan ikan. Salah satu jenis logam berat yang bersifat toksik atau racun adalah Pb (timbal) dan Cd (Kadmium) dikarenakan jenis logam berat ini tidak dapat dihancurkan (non degradable) oleh organisme yang hidup. Seperti yang kita ketahui bahwa kota Makassar merupakan salah satu kota yang besar di Provinsi Sulawesi Selatan dan terdapat juga sungai Tallo yang dimana

tingkat akumulasi pencemaran logam berat pada air dan kerang sudah melewati ambang batas. Lokasi perairan sungai Tallo Makassar juga berdekatan dengan pemukiman warga, usaha budidaya seperti keramba, kawasan industri seperti PLTU, pertanian dan masih banyak lainnya. Telah banyak penelitian yang dilakukan disepanjang sungai Tallo Makassar, seperti Kalsum (2016) yang dimana melakukan penelitian untuk melihat kandungan logam berat tetapi terbatas dimana hanya melihat pada organisme perairan seperti ikan.

Penelitian Kalsum menyatakan bahwa kandungan logam berat jenis Cr (krom) dan Cd (cadmium) pada ikan melebihi ambang batas dan baku mutu yang telah ditentukan oleh PP No.28 Tahun 2001. Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian ini dilakukan dan dianggap perlu untuk menganalisis serta membandingkan kandungan logam berat

(Cd, Cr, Pb) dalam air dan kerang antar ekosistem sungai, muara dan pantai di perairan Sungai Tallo Makassar.

2. METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni-Agustus 2021 pada tiga stasiun di perairan sungai Tallo Makassar, yaitu stasiun A di Sungai, Stasiun B di Muara dan Stasiun C di Pantai.

Prosedur Penelitian

Sampel yang diambil dilakukan secara insitu dimana untuk sampel air dan kerang langsung diambil dan kemudian dimasukan kedalam plastik sampel, sebagai parameter pendukung untuk menjadi bioindikator perairan dilokasi penelitian tercemar diambil sampel plankton yang dilakukan juga secara insitu dilokasi penelitian. Penelitian ini dilakukan pada saat kondisi perairan pasang dan surut.

Analisis Data

Analisa data dalam penelitian ini adalah :

- Analisis Varians (Anova) untuk membandingkan beberapa parameter lingkungan antar stasiun (sungai, muara dan pantai) pada saat pasang maupun surut.
- Principle Component Analysis (PCA) atau analisis komponen utama untuk menjelaskan karakteristik lokasi penelitian berdasarkan distribusi sapsiotemporal parameter lingkungannya.
- Factorial Correspondence Analysis (FCA) atau analisa faktor korespondensial yang bertujuan untuk menjelaskan assosiasi antar jenis fitoplankton dan zooplankton.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Logam Berat Perairan

Hasil analisis kandungan logam berat pada saat perairan pasang dan surut dapat dilihat pada tabel berikut:

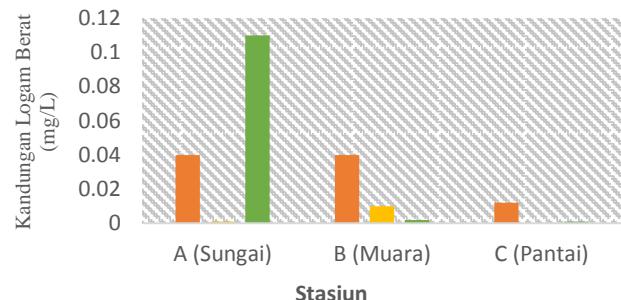
Tabel 1. Kandungan Logam Berat di Perairan Pasang

Stasiun	Kandungan Logam Berat		
	Cd	Cr	Pb
A (Sungai)	0.04	0.001	0.11
B (Muara)	0.04	0.01	0.002
C (Pantai)	0.012	0.0003	0.001

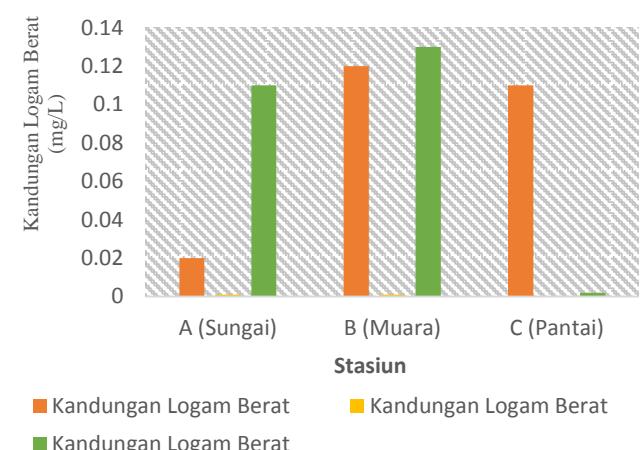
Tabel 2. Kandungan Logam Berat di Perairan Surut

Stasiun	Kandungan Logam Berat		
	Cd	Cr	Pb
A (Sungai)	0.02	0.001	0.11
B (Muara)	0.12	0.001	0.13
C (Pantai)	0.11	0.0003	0.002

Hasil rata-rata penelitian dan analisis kandungan logam berat (Cd, Cr, Pb) di perairan sungai Tallo Makassar pada saat pasang dan surut menunjukkan bahwa perairan tersebut tercemar, dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 1. Hasil Pengukuran Logam Berat pada Air ditiga Stasiun (Pasang)



Gambar 2. Hasil Pengukuran Logam Berat pada Air ditiga Stasiun (Surut)

Stasiun A yaitu sungai menunjukkan kadar logam berat timbal (Pb) yang tinggi sebesar 0,11 mg/L pada saat pasang dan surut dimana ambang batas yang ditetapkan yaitu 0,03 mg/L sesuai Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001, stasiun B menunjukkan kadar logam berat krom (Cr) dan timbal (Pb) yang tinggi yaitu sebesar 0,12 mg/L dan 0,13 mg/L yang dimana melebihi ambang batas yaitu 0,05 mg/L untuk krom (Cr) dan 0,03 mg/L untuk timbal (Pb) sesuai Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001, pada stasiun C yaitu pantai menunjukkan kadar logam berat krom (Cr) sebesar 0,11 mg/L dimana melebihi ambang batas yaitu 0,05 mg/L sesuai dengan Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001. Hasil dari rata-rata kandungan logam berat pada perairan Sungai Tallo Makassar menunjukkan bahwa perairan ini tercemar. Hasil analisis varians (Anova), menunjukkan bahwa ada perbedaan antar stasiun terhadap kandungan logam berat Pb di air baik pasang maupun surut. Hasil dari uji Tukey (HSD) terlihat bahwa logam berat Pb di air berbeda antar pantai dan muara, pantai dan sungai tetapi tidak berbeda dengan sungai dan muara demikian pula muara tidak berbeda dengan sungai. Hasil analisis varians (Anova) untuk kandungan logam berat Cr pada air menunjukkan bahwa adanya perbedaan antar stasiun terhadap pasang maupun surut. Hasil dari uji Tukey (HSD)

terlihat bahwa logam berat Cr di air tidak berbeda antar sungai dan muara begitu pula muara dan sungai, tetapi ada perbedaan antar sungai dan pantai demikian pula muara dan pantai.

Merujuk pada penelitian Rukma *et al.*, (2020) di perairan sungai Tallo dimana menunjukkan hasil yaitu kandungan logam berat Pb (Timbal) sebesar 0,0892 dan 0,0650 mg/L dan hasil tersebut melebihi ambang batas sesuai PP No.82 Tahun 2001, begitupun dengan penelitian Nurjanna *et al.*, (2020) dimana kandungan logam berat Cr (krom) 0,12 mg/L dan ini sudah melebihi ambang batas yang telah ditentukan yaitu 0,05 mg/L.

Kandungan Logam Berat Kerang

Ada beberapa jenis kerang yang ditemukan pada lokasi penelitian yaitu pada sungai, muara dan pantai.



Gambar 3. Sampel Kerang di Lokasi Penelitian

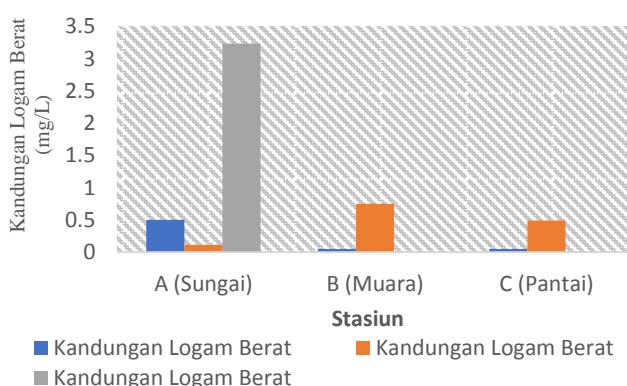
Kerang yang didapatkan pada ketiga Stasiun kemudian dianalisis untuk melihat kandungan logam berat (Cr, Cd, Pb). Kerang yang diambil pada lokasi penelitian dilakukan pada saat air surut untuk memudahkan proses pengambilan sampel selama penelitian dikarenakan kerang hidup di substrat.

Hasil analisis logam berat pada kerang dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 3. Kandungan Logam Berat Pada Kerang

Stasiun	Kandungan Logam Berat		
	Cd	Cr	Pb
A (Sungai)	0.5	0.113	3.2309
B (Muara)	0.05	0.751	0.01
C (Pantai)	0.05	0.492	0.01

Hasil rata-rata kandungan logam berat pada kerang juga dapat dilihat pada grafik berikut,



Gambar 4. Hasil Pengukuran Logam Berat Pada Kerang

Hasil dari tabel dan juga grafik menunjukkan bahwa kerang yang tercemar logam berat jenis timbal (Pb) adalah di stasiun A, sungai dengan nilai 3,2309 mg/kg dan ini sudah melebihi ambang batas yang telah ditentukan menurut SNI (2009) untuk jenis kerang yang dikonsumsi. Kandungan logam berat pada kerang juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti limbah industri, kegiatan pertanian, sampah rumah tangga yang bermukim disekitar kawasan perairan sungai Tallo Makassar. Kerang juga bersifat filter feeder dimana mekanisme pencernaan bergabung dengan penafasan, dan juga kerang yang terkontaminasi logam berat akan susah menguraikan logam berat tersebut sehingga akan mengendap dalam tubuh kerang dan bahaya bagi manusia yang mengkonsumsi kerang tersebut. Oleh karena itu kerang merupakan indikator untuk mengetahui suatu perairan tersebut tercemar atau tidak (Rumampuk *et.al* 2015).

Parameter Lingkungan Suhu

Parameter lingkungan yang dilihat dalam penelitian adalah suhu, salinitas dan juga BOT. Beberapa parameter lingkungan yang diukur sebagai parameter tambahan untuk mengetahui kondisi perairan selama penelitian. Hasil perhitungan parameter lingkungan dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 berikut,

Tabel 4. Suhu ($^{\circ}\text{C}$) Air Pasang dan Surut

Kondisi Perairan	Stasiun		
	A (Sungai)	B (Muara)	C (Pantai)
Pasang	28	28	27
Surut	27	29	29

Tabel 5. Salinitas ($^{/\text{o}}$) Air Pasang dan Surut

Kondisi Perairan	Stasiun		
	A (Sungai)	B (Muara)	C (Pantai)
Pasang	8	23	33
Surut	5	20	34

Tabel 6. BOT(mg/L) Air Pasang dan Surut

Kondisi Perairan	Stasiun		
	A (Sungai)	B (Muara)	C (Pantai)
Pasang	12.75	61.67	56.5
Surut	10.5	61.36	56.75

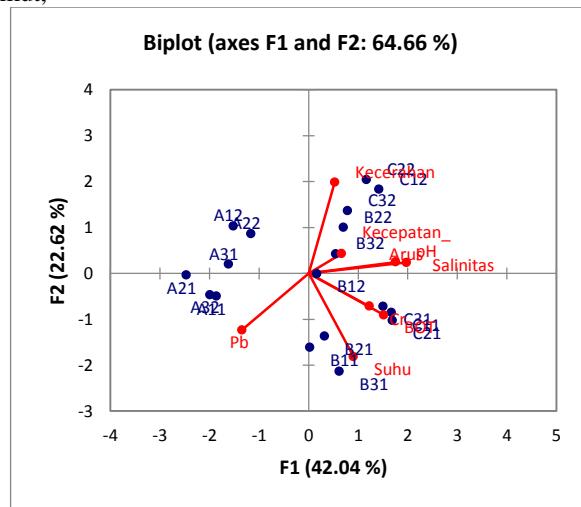
Parameter lingkungan yang diukur selama penelitian semua masih dalam batas normal untuk biota perairan seperti:

1. Suhu dimana suhu pada saat pasang dan surut tidak terlalu berbeda jauh masih dalam batas normal. Suhu juga menunjukkan kelayakan suatu perairan dimana biota yang dapat hidup dalam kisaran suhu tertentu dan pada prinsipnya suhu juga dipengaruhi oleh masa air yang disebabkan oleh pasang dan juga surut.
2. Salinitas selama penelitian menunjukkan kondisi perairan normal untuk biota perairan. Salinitas juga berfungsi untuk mengetahui apakah suatu perairan tersebut normal, asam atau basa. Sebaran salinitas dilaut disebabkan oleh

- beberapa faktor seperti curah hujan, pola sirkulasi air, aliran sungai dan juga penguapan. Suatu perairan dengan tingkat curah hujan yang tinggi dan juga dipengaruhi aliran sungai memiliki salinitas yang rendah, sedangkan perairan dengan tingkat evaporasi yang tinggi memiliki salinitas yang tinggi (Tubajaworthy, 2001).
3. Hasil pengukuran BOT menunjukkan bahwa nilai tertinggi terdapat pada stasiun B yaitu muara dimana lokasi tersebut sangat dekat dengan pemukiman warga dan juga aktivitas rumah tangga, dimana hal ini berkaitan dengan pernyataan Afu (2005) bahwa tingginya konsentrasi BOT saat pasang berhubungan dengan lokasi yang berdekatan dengan lokasi pemukiman warga dan lokasi industri. Hasil BOT terendah terdapat pada sungai dimana terjadi proses pembilasan bahan organik karena proses keluarnya air menuju muara dan laut (Afu, 2005). Bahan organik total dalam penelitian ini masih dalam kisaran normal yang dimana belum melebihi 80 mg/L sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

Karakteristik Lokasi Penelitian

Karakteristik lokasi penelitian ini adalah sebagai penciri untuk mengetahui ciri pembeda yang lebih menonjol pada suatu perairan di lokasi penelitian, dapat dilihat pada gambar berikut,



Gambar 5. Plot Observasi dan Variabel Pada Sumbu Utama Pertama dan Kedua

Princypal Componen Analysis (PCA) dilakukan menggunakan data yang terdiri dari 8 variabel fisik kimia yaitu: suhu, salinitas, pH, kecerahan, BOT, Cr dan Cd dari 9 observasi (stasiun) dari 3 ekosistem (sungai, muara, pantai) masing-masing 3 ulangan stasiun. Hasil analisis PCA menunjukkan bahwa nilai akar ciri pada 3 sumbu utama pertama memiliki nilai akar ciri (eigenvalue) F1, F2 dan F3 masing-masing sebesar 3.3829, 1.8007, 1.2175 dengan total keragaman terjelaskan pada ketiga sumbu utama tersebut mencapai 80.0135%. Variabel salinitas, pH dan BOT yang berkorelasi cukup dengan sumbu utama 1 (F1) positif

berkontribusi besar dalam pembentukan sumbu komponen utama pertama. Kecerahan dan suhu merupakan variabel yang berkorelasi kuat dan berperan besar dalam pembentukan sumbu utama kedua (F2). Plot observasi dan variabel pada sumbu 1 dan 2 dengan varian terjelaskan sekitar 65% menunjukkan bahwa kelompok observasi di stasiun A (sungai) baik pada saat pasang maupun surut yg terdistribusi pada sumbu 1 negatif dicirikan dengan nilai variabel Pb yang tinggi dengan salinitas rendah. Kelompok observasi di stasiun B (muara) dan C (laut) terlihat terdistribusi mengikuti pasang surut dimana semua stasiun di muara dan laut pada saat surut (B11, B21, B31, C11, V21 dan C31) dicirikan dengan nilai suhu dan BOT yang tinggi. Sebaliknya ketika surut dicirikan dengan kecerahan dan salinitas yang tinggi.

Komposisi Plankton

Pengukuran plankton sebagai parameter tambahan sebagai bioindikator bahwa perairan itu tercemar atau tidak. Pola Komposisi plankton dalam penelitian ini menunjukkan perbedaan pada saat surut dan pasang. Rata-rata komposisi plankton tertinggi berada pada saat air pasang seperti *Chaetoceros. sp* dan *Prorocentrum. sp*. *Chaetoceros. sp* merupakan genus yang terbesar dalam diatom laut dengan jumlah berkisar 400 spesies dan juga merupakan dasar rantai makanan (Cahyaningsih, 2009 dalam Rahmadiani & Aunurohim, 2013). Plankton dalam penelitian ini lebih didominasi oleh fitoplankton dan yang mendominasi pada saat air surut adalah *Chaetoceros sp*, *Ceratium sp*, *Protopredinium sp*, *Prorocentrum sp*, *Rhyzosolenia sp*, *Oscillatori sp*, *Skeletonema sp*, *Coscinudiscus sp*. Dalam usaha marikultur, *Chaetoceros. sp* merupakan pakan alami yang memiliki kandungan protein tinggi dan mudah dicerna (Sektiana, 2008). Zooplankton lebih didominasi oleh *Copepoda sp*, *Favella sp*, *Balanus nauplius sp*, *Apocyclops sp*, *Acartia sp*, *Tintinnopsis sp*, pada saat air surut. Beberapa jenis fitoplankton yang terdapat dilokasi penelitian dapat menyebabkan blooming plankton seperti *Prorocentrum. sp* dari kelompok dinoflagellatae dan juga dapat menyebabkan penyakit pada ikan, kematian massal biota dan perubahan struktur perairan serta menyebabkan keracunan dan kematian pada manusia (Nasir, et al., 2012).

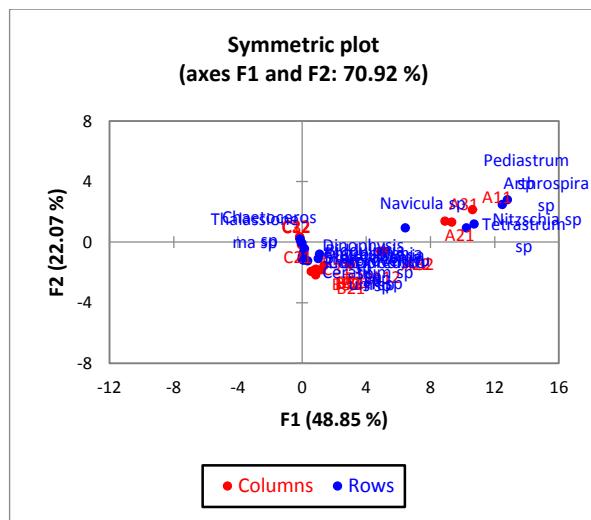
Komposisi zooplankton lebih didominasi oleh *Copepoda sp* yang merupakan salah satu komponen dalam rantai makanan yang diukur berdasarkan nilai produksi suatu ekosistem. Zooplankton berperan ganda sebagai konsumen pertama maupun konsumen kedua. Zooplankton juga sebagai penghubung rantai makanan antara fitoplankton dan nekton (Priyanto, 2008).

Analisis Correspondence Analysis (CA)

Correspondence Analysis (CA) digunakan untuk melihat adanya asosiasi antara jenis plankton dengan stasiun pengamatan. Data yang digunakan dalam analisis CA terdiri dari 16 jenis dan 18 stasiun/observasi (9 stasiun pada saat surut dan 9 stasiun pada saat pasang). Hasil analisis CA menunjukkan bahwa nilai akar ciri (eigen value) pada 3 sumbu mencapai 81.39% dengan nilai pada masing-masing sumbu

secara berurut adalah $F_1 = 0.4831$, $F_2 = 0.2182$, $F_3 = 0.1035$. Banyaknya ragam terjelaskan pada 3 sumbu utama pertama mencapai 81.39% dengan nilai pada masing-masing sumbu secara berurut adalah $F_1 = 48.85\%$, $F_2 = 22.07\%$ dan $F_3 = 10.4\%$. Akumulasi ragam terjelaskan dalam 3 sumbu yang mencapai 81.39% menunjukkan bahwa dengan mereduksi data hingga menggunakan 3 sumbu maka asosiasi antar jenis plankton dengan stasiun pengamatan dapat dijelaskan meskipun kehilangan sebagian informasi sekitar 18.61%.

Hasil analisis CA memperlihatkan bahwa 3 observasi di Stasiun A baik pada saat pasang maupun surut (A11, A21, A31, A21, A22, A32) bersama-sama dengan jenis plankton *Pediastrum sp*, *Arthospira sp*, *Nitzschia sp*, *Tetraselmis sp*, dan *Navicula sp* berkontribusi cukup besar dalam pembentukan sumbu utama pertama (F_1). Plot sebaran jenis plankton (eow) dan observasi (colum) memperlihatkan bahwa jenis-jenis plankton seperti *Pediastrum sp*, *Arthospira sp*, *Nitzschia sp*, *Tetrastrum sp*, dan *Navicula sp* berasosiasi cukup kuat dengan observasi di stasiun A terutama pada saat surut (A11, A21, A31) seperti ditunjukkan pada gambar 5. Jenis-jenis plankton lainnya tidak menunjukkan asosiasi yg kuat dengan stasiun pengamatan tertentu yang ditunjukkan dengan persebaran yang cenderung mendekati pusat sumbu.



Gambar 6. Plot Observasi Sebaran Plankton pada Sumbu Utama Pertama dan Kedua

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam berat diperairan Sungai Tallo Makassar diatas ambang rata-rata baik pasang maupun surut dari semua stasiun baik stasiun A (Sungai), B (Muara), dan C (Pantai). Olehnya itu tidak disarankan untuk dilakukan kegiatan budidaya dan mengkonsumsi biota perairan dalam hal ini kerang secara berebihan dan terus menerus. Plankton sebagai bioindikator parameter suatu perairan menunjukkan adanya jenis fitoplankton yang bisa menyebabkan blooming dan juga

menyebabkan penyakit pada biota perairan, contoh ikan, seperti *Prorocentrum sp* dari kelompok dinoflagellatae.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Afu, La Ode Alirman (2005). Pengaruh Limbah Organik Terhadap Kualitas Air Perairan Teluk Kendari Sulawesi Tenggara (Tesis). Bogor: Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Budi, S., & Aslamsyah, S. (2011). Improvement of the Nutritional Value and Growth of Rotifer (*Brachionus plicatilis*) by Different Enrichment Period with Bacillus sp. Jurnal Akuakultur Indonesia, 10(1), 67-73.
- Budi, S., dan Jompa, H. (2012, December). Pengaruh Periode Pengkayaan Rotifer *Brachionus Plicatilis* oleh Bacillus sp. Terhadap kualitas asam amino esensial. In prosiding forum inovasi teknologi akuakultur (pp. 599-603).
- Budi, S., & Zainuddin, Z. (2012). Peningkatan Asam Lemakrotifer *Brachionus Plicatilis* Dengan Periode Pengkayaan Bakteri Bacillus Sp. Berbeda. Octopus: Jurnal Ilmu Perikanan, 1(1), 1-5.
- Budi, S., Karim, M. Y., Trijuno, D. D., Nessa, M. N., Gunarto, G., & Herlinah, H. (2016). The use of fatty acid omega-3 HUFA and Ecdyson Hormone To Improve Of Larval Stage Indeks and Survival Rate Of Mud Crab *Scylla olivacea*. Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan, 3, 487-498.
- KMNLH. (2004). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 Tentang baku mutu air laut. Jakarta-Indonesia: Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- Nasir A, Muhammad L dan Nurfadillah, "Ratio of Nutrient and Diatom-Dinoflagellate community In Spremonde Waters, South Sulawesi" Jurnal Perikanan dan Kelautan, Vol. 3 No. 1 (Bandung: Universitas Padjajaran, 2012).
- Nurjanah, et al.. Analisis Kandungan Logam Berat Hg, Cd dan Pb Daging Kijing Lokal (*Pilsbryoconcha exilis*) Dari Perairan Situ Gede, Bogor. Jurnal No. 1. IPB. 2012.
- Peraturan Pemerintah (PP) RI No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Priyanto, N. Dwiyitno, dan A. Farida. 2008. Kandungan logam berat (Hg, Pb, Cd dan Cu) pada ikan, air, dan sedimen di waduk cirata, jawa barat. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, Vol. 3(1): 69-78.
- Rahmadiani, W.D., & Aunurohim. (2013). Bioakumulasi logam berat cadmium (Cd) oleh *Chaetoceros calcitrans* pada konsentrasi sublethal. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(2), 202-206.
- Rumampuk C.D N, Rompas Max R, Kasan R. Telaah Kandungan Arsn Pada Sedimen di Estuari Sungai Marisa, Kabupaten Pohuwato, Gorontalo. 2015;62-8.
- Sektiana, S.P. (2008). Pengembangan Medium Untuk Kultur Semi Massal Diatom Laut, *Chaetoceros gracilis* Schutt. Tesis. Pascasarjana. IPB Bogor, 135 pp.
- Standar Nasional Indonesia, Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan, 2009.

- Tubalaworthy, S. 2001. Pengaruh Faktor-faktor Oseanografi Terhadap Produktivitas Primer Perairan Indonesia. Makalah Filsafah Sains (Pps 702) Program Pasca Sarjana / S3 IPB. Bogor (tidak diterbitkan).
- Ummi Kalsum. Kadar Kromium dan Kadmium di Perairan Sungai Tallo. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Muslim Indonesia; 2016.
- Yunus, A. R., Budi, S., & Salam, S. (2019). Analisis Kelayakan Lokasi Budidaya Metode Karamba Jaring Apung Di Perairan Desa Pulau Harapan Sinjai. *Journal of Aquaculture and Environment*, 2(1), 1–5.
- Yusneri, A., Budi, S., & Hadijah, H. (2020). Pengayaan Pakan Benih Rajungan (*Portunus Pelagicus*) Stadia Megalopa Melalui Pemberian Beta Karoten. *Journal of Aquaculture and Environment*, 2(2), 39–42.
- Yusneri, A., & Budi, S. (2021, May). Blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) megalopa stage seed feed enrichment with beta carotene. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 763, No. 1, p. 012026). IOP Publishing.
- Wahyuni, S., Budi, S., & Mardiana, M. (2020). Pengaruh Shelter Berbeda Terhadap Pertumbuhan Dan Sintasan Crablet Kepiting Rajungan (*Portunus pelagicus*). *Journal of Aquaculture and Environment*, 3(1), 06-10.