

VARIASI MUSIMAN PARAMETER FISIKA KIMIA DI SEKITAR PERAIRAN
ESTUARIA JENEBERANG, SULAWESI SELATAN

*(SEASONAL VARIATION OF PHYSIC CHEMICAL PARAMETERS AROUND THE
WATERS OF JENEBERANG ESTUARY, SOUTH SULAWESI)*

Najamuddin¹

¹Program Studi Ilmu Kelautan, FPIK-Universitas Khairun, Ternate
Corresponding Author: najamuddin313@gmail.com

ABSTRAK

Perairan estuaria merupakan wilayah pertemuan antara perairan tawar dan asin menyebabkan perairan ini mengalami dinamika massa air yang cukup tinggi. Massa air tawar dari sungai dan massa air asin dari pasang surut air laut, keadaan atmosfer (curah hujan, penguapan, kelembaban udara), kondisi angin, dan upwelling di sekitar perairan pantai merupakan faktor yang berperan penting dalam proses dinamika massa air di perairan estuaria. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis variasi musiman parameter fisika kimia perairan berdasarkan periode musim barat dan timur yang meliputi parameter suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut, total partikel tersuspensi, dan kandungan organik terlarut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat variasi musiman pada parameter suhu, salinitas, pH, total partikel tersuspensi, dan kandungan organik terlarut. Variasi musiman sangat signifikan terjadi pada parameter total partikel tersuspensi. Parameter oksigen terlarut tidak mengalami variasi musiman atau cenderung stabil pada musim barat dan timur.

Kata kunci : fisika kimia, variasi musiman, estuaria, Jeneberang

Abstract

Estuary water is a boundary area between fresh and salt waters causing these waters to experience the dynamics of water mass is high enough. The freshwater mass from river and the salt water mass from tides, the atmosphere (rainfall, evaporation, air humidity), wind conditions, and upwelling around coastal waters are important factors in the dynamics of water mass in estuary waters. The objective of this research is to analyze the seasonal variation of water physic chemistry parameters on west and east season which include temperature, salinity, pH, dissolved oxygen, total suspended particle, and dissolved organic content. The results showed that there were seasonal variations in temperature, salinity, pH, total suspended particulates, and dissolved organic content parameters. Seasonal variation was the most important significance in the parameter of total suspended particles. The dissolved oxygen parameters did not experience seasonal variation or tended to be stable in the west and east seasons.

Keywords: physic chemical, seasonal variation, estuary, Jeneberang

1. PENDAHULUAN

Dinamika atmosfer dan interaksinya dengan perairan laut akan menentukan variabilitas parameter fisika kimia yang berkembang di dalam perairan. Besarnya dinamika tersebut berkorelasi dengan variasi musiman akibat adanya perubahan tekanan di laut dan atmosfer karena perubahan musim. Kecenderungan tekanan atmosfer lebih rendah pada

musim panas dan sebaliknya pada musim dingin sehingga secara langsung berimplikasi terhadap variabilitas parameter fisika kimia perairan .

Dinamika dan variabilitas parameter fisika kimia akan menentukan laju reaksi (kinetika) dan dinamika elemen kimia di dalam perairan seperti polutan. Diantara parameter parameter fisika kimia utama yang berperan adalah suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut, kandungan organik terlarut, dan konsentrasi partikel tersuspensi. Dinamika dan variabilitas parameter fisika kimia antara di sistem sungai, estuaria, dan pantai tentu berbeda karena dalam merespon variasi musiman karena perbedaan karakteristik ke tiga sistem perairan tersebut.

Perairan sungai yang merupakan perairan tawar yang sempit dan memanjang dengan volume air yang lebih kecil akan mengalami dinamika dan variabilitas parameter fisika kimia yang lebih besar akibat respon terhadap variasi musim. Karakter tersebut tentu sangat berbeda dengan perairan pantai dan laut yang merupakan perairan asin yang sangat luas yang tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi atmosfer dan lingkungan bersifat lokal tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi global. Akibatnya dinamika dan variabilitas parameter fisika kimia lebih kompleks. Adapun karakteristik estuaria sebagai perairan peralihan antara sungai dan pantai, maka dinamika dan variabilitas parameter fisika kimia yang berkembang ditentukan dari dominasi antara kekuatan pengaruh laut dan sungai.

Dinamika dan variabilitas parameter fisika kimia di dalam perairan kemudian secara signifikan akan berpengaruh terhadap dinamika polutan di dalam perairan. Secara khusus pada peran estuaria sebagai penyaring alami polutan logam berat yang ditranspor dari sungai akan menentukan jumlah polutan yang diterima oleh perairan pantai. Jika estuaria mampu berperan secara efektif sebagai penyaring alami polutan logam berat maka sebagian besar polutan logam berat yang berasal dari sungai akan mengalami adsorpsi lalu terdeposisi di estuaria sehingga hanya sebagian kecil yang masuk ke perairan pantai. Namun, jika mekanisme adsorpsi tidak berlangsung secara efektif di estuaria maka peran estuaria sebagai penyaring alami polutan logam berat tidak berfungsi secara efektif maka polutan logam berat yang berasal dari sungai seluruhnya atau sebagian besar akan masuk ke perairan laut sehingga akan memberikan efek bagi kelangsungan hidup biota akuatik dan penurunan kualitas perairan pantai dan laut.

Estuaria sebagai perairan semi tertutup yang berhubungan bebas dengan laut sehingga sangat dipengaruhi air tawar dari sungai dan air laut. Kombinasi pengaruh air laut dan air tawar tersebut akan menghasilkan wilayah dengan karakter yang khas dengan kondisi lingkungan yang bervariasi, antara lain (Wolanski, 2007):

- 1) Tempat bertemunya arus sungai dengan arus pasang dari laut, yang berlawanan menjadikan pola sedimentasi, pencampuran air, dan ciri-ciri fisika lainnya, serta membawa pengaruh besar pada biotanya.
- 2) Pencampuran kedua jenis air tersebut menghasilkan sifat fisika kimia lingkungan khusus yang tidak sama dengan sifat air sungai maupun sifat air laut.
- 3) Perubahan yang terjadi akibat adanya pasang surut mengharuskan komunitas mengadakan penyesuaian secara fisiologis dengan lingkungan sekelilingnya. Tingkat kadar garam di daerah estuaria tergantung pada pasang surut air laut, besarnya aliran air tawar, dan topografi daerah estuaria tersebut.

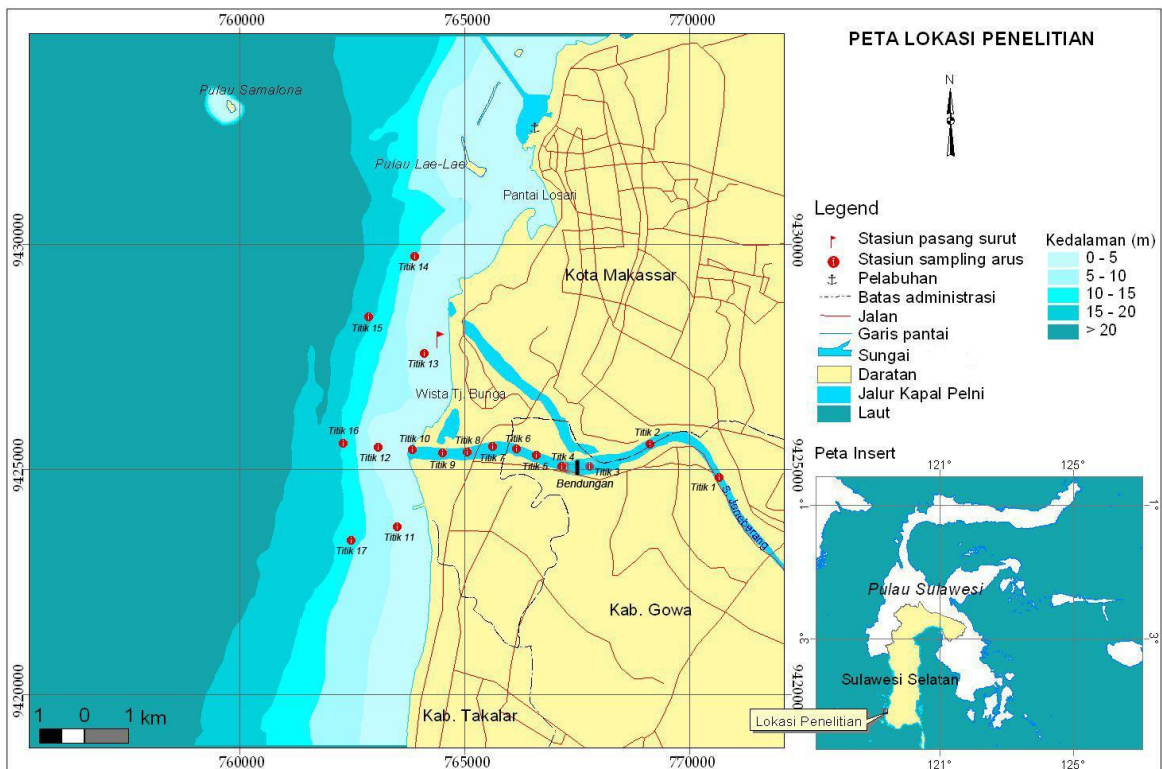
Demikian pula yang dikemukakan Dyer (1986) bahwa karena perairan estuaria merupakan wilayah perairan dimana terjadi percampuran antara air laut dan air tawar sehingga interaksi antara aliran air dari sungai dan arus pasang surut yang masuk dari laut akan berpengaruh terhadap pola hidrodinamika dan parameter fisika kimia yang selanjutnya menentukan dinamika polutan seperti pola sebaran dan transpor polutan di perairan estuaria.

Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai variasi musiman parameter fisika kimia perairan pada ke tiga sistem perairan tersebut yaitu di sungai, estuaria, dan pantai atau laut terutama terkait dengan perannya dalam mempengaruhi dinamika dan perilaku polutan di dalam perairan. Pendekatan yang digunakan adalah pengumpulan data lapangan parameter fisika kimia perairan pada tiga sistem perairan yang dilakukan pada dua musim berbeda yaitu musim barat (musim penghujan) dan musim timur (musim kemarau).

2. METODE PENELITIAN

2.1. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

Pengumpulan data penelitian dilaksanakan pada dua musim berbeda yaitu musim barat (musim hujan) yaitu bulan Desember 2014-Februari 2015 dan musim timur (musim kemarau) yaitu bulan Juni-Agustus 2015. Tempat penelitian di perairan Estuaria Jeneberang, Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan yang terletak pada posisi geografis antara 5°08'40" sampai 5°12'40" LS dan 119°21'00" sampai 119°24'10" BT. Pengukuran parameter dan pengambilan sampel air dilakukan pada 17 titik sampling yang dibagi dalam tiga zona perairan yaitu perairan tawar atau sungai (titik 1-3), payau atau estuaria (4-10), dan pantai/laut (11-17) seperti disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan sebaran titik sampling Estuaria Jeneberang (Sumber peta; diolah dari data Citra Landsat 7 ETM+)

2.2. PENGAMBILAN DAN ANALISIS SAMPEL

Sampel air diambil pada lapisan permukaan dengan pertimbangan tipe estuaria dilokasi penelitian adalah tipe tercampur sempurna (massa air tidak terstratifikasi secara

vertikal) dan kedalaman maksimal perairan sungai dan estuaria hanya 3 meter. Sampel air diambil dengan alat *Van Dorn Water Sampler* yang terbuat dari bahan PVC dengan kapasitas 2 liter. Sampel air diambil pada dua periode waktu yang berbeda yaitu; musim barat dan timur. Sampel air yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam botol sampel dengan volume 1 liter dan selanjutnya disimpan dalam *ice box*. Botol sampel sebelumnya telah dibersihkan dengan cara direndam dengan HCl 2 N selama 24 jam dan setelah itu dibilas dengan air suling sebanyak tiga kali.

Pentuan total partikel tersuspensi (TSS) menggunakan metode gravimetric dengan tahapan homogenisasi sampel, penyaringan, pencucian, pengeringan dan penimbangan. Karbon organik terlarut dianalisis menggunakan titrasi KMNO₄. Titrasi dilakukan dengan melihat perubahan warna (merah jambu) dan mencatat volume titran yang dipakai. Beberapa parameter fisika kimia yang lain diukur secara *in situ* adalah salinitas dengan hand-refraktometer, suhu dengan termometer, pH dengan pH Meter, oksigen terlarut dengan DO Meter.

2.3. ANALISIS DATA

Distribusi parameter fisika kimia perairan di analisis secara deskriptif pada masing-masing sistem perairan (sungai, estuaria, dan pantai/laut) yang disajikan dalam bentuk tabel dan gambar. Karakteristik parameter fisika kimia perairan berdasarkan titik-titik sampling pada tiga sistem perairan dianalisis dengan *Principal Component Analysis* (PCA). Penggunaan analisis komponen utama bertujuan untuk menyederhanakan variabel parameter fisika kimia yang diamati tanpa mengurangi jumlah variabel asal sehingga diperoleh ekstraksi informasi yang terdapat dalam matriks data yang dapat menunjukkan karakter atau penciri variabel (parameter fisika kimia) pada titik-titik pengamatan berdasarkan variasi musim. Analisis data menggunakan program XL Stat 2015.

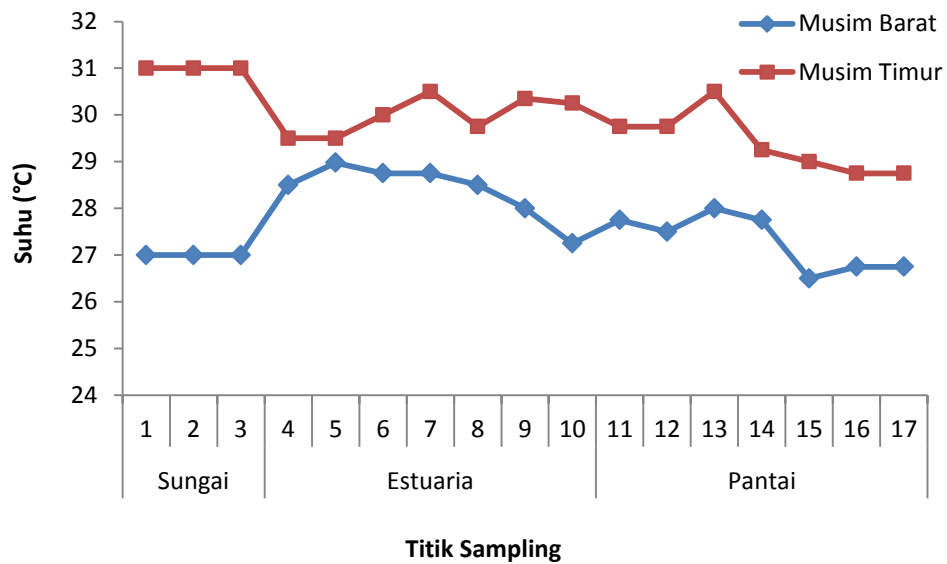
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. VARIASI MUSIMAN PARAMETER FISIKA KIMIA PERAIRAN

A. SUHU

Kisaran suhu permukaan pada Musim Barat dan Timur antara 25-29.7 °C dan 27.5-32 °C (Gambar 2). Kondisi suhu permukaan perairan pada Musim Barat lebih rendah karena dipengaruhi oleh kondisi atmosfer dimana kurangnya penyinaran matahari dan tingginya curah hujan. Sebaliknya, pada Musim Timur penyinaran matahari berlangsung secara intensif sehingga suhu perairan meningkat. Pernyataan ini senada dengan Nontji (1987) bahwa suhu air di permukaan dipengaruhi oleh kondisi meteorologi seperti curah hujan, penguapan, kelembaban udara, suhu udara, kecepatan angin, dan intensitas radiasi matahari.

Variasi suhu yang sama dimana kisaran suhu pada Musim Barat lebih rendah dibanding pada Musim Timur diperoleh Ginting (2002) di Estuaria Sembilang, Banyuasin yaitu pada Musim Barat antara 28-30 °C dan Musim Timur 30.5-31 °C. Demikian pula Rastina (2012) di perairan Estuaria Tallo Makassar, dengan kisaran suhu pada Musim Barat antara 26.5-31.6 °C dan pada Musim Timur antara 28.1-31.7 °C dan Yusuf (2016) di lokasi yang sama memperoleh kisaran suhu Musim Barat 28.5-31.3 °C dan Musim Timur 30-31.5 °C. Variasi suhu yang sama juga diperoleh Yuliana (2012) di Teluk Jakarta dimana pada Musim Barat suhu perairan berkisar antara 26.0-28.6 °C dan Musim Timur berkisar 28.4-30.3 °C.



Gambar 2. Variasi suhu (°C) di perairan Estuaria Jeneberang pada pada Musim Barat dan Timur

Kisaran dan rata-rata suhu perairan juga dipengaruhi oleh pasang surut air laut dan sangat nyata terlihat pada perairan estuaria (Kinne, 1964). Suhu permukaan perairan pada saat surut lebih tinggi dibanding pada saat pasang baik pada Musim Barat maupun Musim Timur. Kondisi ini terjadi karena terjadinya penurunan volume massa air saat surut sehingga badan air cenderung lebih panas. Selain itu, pada saat air surut, tekanan volume massa air dari sungai lebih besar masuk ke dalam estuaria, dimana suhu air sungai lebih hangat dibanding suhu air dalam estuaria sehingga terjadi peningkatan suhu massa air dalam estuaria.

Hasil berbeda diperoleh Waas (2014) di perairan utara kontinen Papua dan Widyastuti dan Atmadipoera (2014) di Selat Makassar bagian selatan, dimana suhu permukaan laut minimum terjadi pada Musim Timur. Demikian pula Karman (2015) di perairan barat dan selatan Maluku Utara yang memperoleh kisaran suhu permukaan lebih rendah pada Musim Timur dibanding Musim Barat yaitu Musim Timur 29.0-29.5 °C dan pada Musim Barat 29.8-30.2 °C kemudian Syahdan (2015) di perairan Selat Makassar-Laut Jawa dengan kisaran suhu permukaan laut pada Musim Timur (Juni-Agustus) 29.5-30°C dan Musim Barat (Desember-Februari) 29.5-31 °C.

Perbedaan variasi suhu musiman tersebut terjadi karena perbedaan karakteristik wilayah dimana wilayah studi berupa perairan dangkal seperti di estuaria dan teluk memiliki karakter massa air yang sama dari permukaan sampai ke dasar karena merupakan kedalaman lapisan tercampur (*mixed layer depth*) sehingga variasi suhu sangat dipengaruhi oleh kondisi atmosfer dan daratan. Pada Musim Barat dengan curah hujan yang tinggi sehingga masukan massa air dingin dari sungai dan presipitasi dari atmosfer menyebabkan terjadi penurunan suhu permukaan laut dan sebaliknya pada Musim Timur terdapat masukan air hangat dari sungai dan evaporasi yang tinggi sehingga suhu permukaan laut menjadi lebih hangat.

Pada perairan lepas, variasi suhu permukaan selain dipengaruhi oleh kondisi atmosfer juga sangat di pengaruhi oleh sirkulasi massa air vertikal dan sirkulasi regional dan tidak lagi dipengaruhi oleh aliran massa air sungai. Suhu permukaan laut yang rendah pada Musim Timur seperti yang ditemukan pada perairan Selat Makassar akibat dari pencampuran vertikal oleh proses *upwelling*. Mekanisme kejadian *upwelling* di selatan

Selat Makassar dikemukakan oleh Widyastuti dan Atmadipoera (2014) dibangkitkan oleh dorongan angin kuat yang menghasilkan transpor Ekman ke arah barat daya di kawasan selatan Pulau Sulawesi. Gesekan angin permukaan ini meningkatkan difusitas vertikal dan pelepasan fluks bahang ke atmosfer. Dengan demikian proses tersebut meningkatkan aktivitas pencampuran massa air secara vertikal, yang berimplikasi terhadap menurunnya suhu permukaan laut. Dijelaskan pula oleh Waas (2014) bahwa suhu permukaan laut yang rendah ditemukan di perairan utara kontinen Papua pada Musim Timur disebabkan oleh adveksi air dingin dari kejadian *upwelling* di Laut Solomon dan sekitarnya. Sedangkan peningkatan suhu permukaan laut pada Musim Barat diperkirakan diakibatkan oleh adanya gelombang Kelvin yang membawa massa air hangat dari Samudera Hindia karena posisi matahari pada Musim Barat berada di belahan bumi selatan sehingga intensitas radiasi matahari lebih besar diterima oleh perairan di belahan bumi selatan.

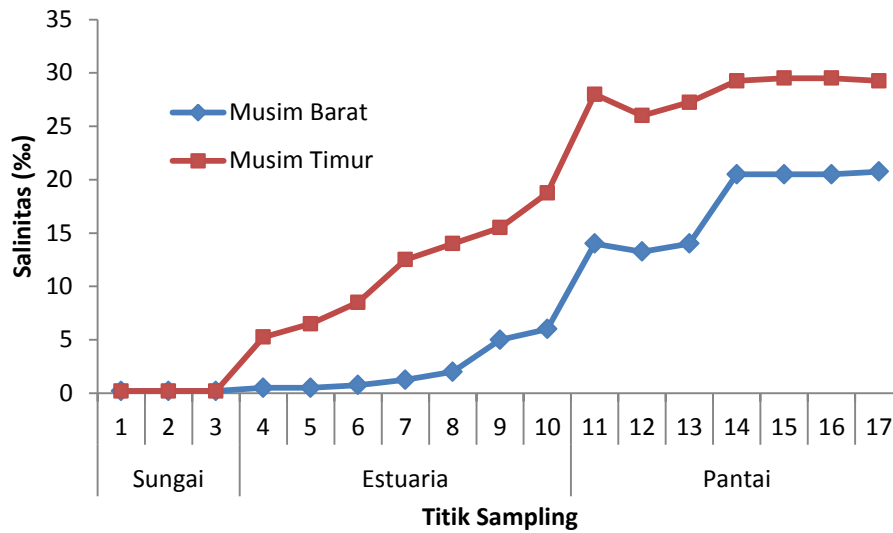
Variasi suhu dalam perairan akan mempengaruhi reaktivitas elemen kimia yang ada di dalamnya termasuk logam berat. Pada saat suhu perairan rendah menyebabkan kecenderungan elemen logam berat terlarut dalam kolom air teradsorpsi oleh partikel. Akibatnya konsentrasi logam berat terlarut dalam kolom air cenderung menurun sedang logam berat dalam bentuk partikulat meningkat konsentrasinya. Sebaliknya, kenaikan suhu perairan menyebabkan peningkatan kelarutan sehingga meningkatkan proses desorpsi logam berat ke dalam kolom air yang diikuti peningkatan konsentrasi logam berat terlarut di dalam kolom air. Peningkatan laju desorpsi akibat peningkatan suhu terjadi karena kenaikan suhu menstimulasi mobilitas molekul semakin tinggi sehingga molekul bergerak lebih bebas menyebabkan ikatan kimia yang terbentuk antara partikel dengan ion logam berat terlepas.

B. SALINITAS

Variasi salinitas yang diperoleh dari hasil pengukuran di perairan Estuaria Jeneberang pada dua musim berbeda yaitu Musim Barat berkisar antara 0.2-21 ‰ dan pada Musim Timur berada pada kisaran 0.2-30 ‰ (Gambar 3). Salinitas pada Musim Barat lebih rendah dibanding Musim Timur karena adanya input massa air tawar yang lebih besar dari aliran sungai oleh tingginya curah hujan maupun dari presipitasi secara langsung dari atmosfer masuk ke dalam perairan estuaria dan laut.

Salinitas juga dipengaruhi oleh siklus pasang surut di perairan estuaria. Masuknya air laut yang bersalinitas tinggi saat pasang ke dalam perairan estuaria menyebabkan salinitas di perairan estuaria menjadi lebih tinggi. Tipe perairan Estuaria Jeneberang yang sangat dominan aliran massa air pasang dibanding aliran massa air tawarnya menyebabkan nilai salinitas lebih tinggi pada saat pasang.

Pada Gambar 3 terlihat bahwa variasi salinitas tidak terjadi pada titik 1 sampai 3 yang memastikan bahwa zona tersebut adalah perairan sungai karena tidak dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Fluktuasi salinitas mulai terlihat ketika memasuki zona perairan estuaria yaitu di mulai pada titik 4 sampai titik 10 dan zona perairan pantai yaitu titik 11 sampai titik 17, yang ditandai dengan peningkatan nilai salinitas. Fluktuasi salinitas yang paling besar terlihat di zona perairan estuaria baik pada Musim Barat maupun Timur. Tingginya salinitas pada Musim Timur terutama disebabkan oleh beberapa pengaruh seperti tingginya evaporasi dan rendahnya presipitasi (curah hujan), sedang pada Musim Barat salinitas lebih rendah karena tingginya presipitasi dan rendahnya evaporasi. Sementara pada zona perairan dekat dari garis pantai (titik 11-13) juga menunjukkan variasi nilai salinitas yang lebih besar dibanding titik-titik yang agak jauh dari garis pantai (titik 14-17) karena wilayah yang dekat garis pantai masih mendapat pengaruh yang kuat dari estuaria terutama pada Musim Barat.

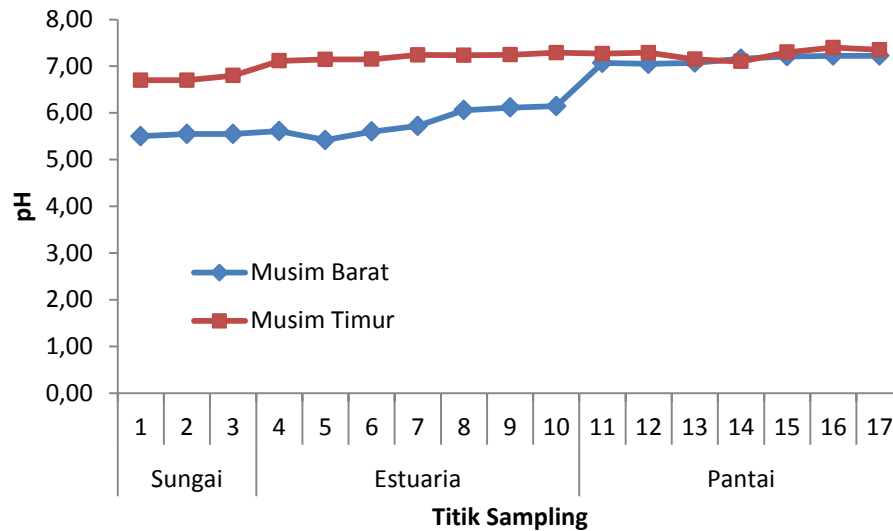


Gambar 3. Variasi salinitas (%) di perairan Estuaria Jeneberang pada Musim Barat dan Timur

Variasi nilai salinitas, pada Musim Barat-Timur di wilayah perairan estuaria yaitu di mulai di titik 4 sampai titik 13 dengan kisaran 0.5-18.75 ‰. Kisaran ini sesuai dengan kisaran umum salinitas di wilayah estuaria yang berkisar antara 0.5-10 ‰ (Effendi, 2003). Kisaran salinitas di wilayah perairan estuaria tersebut berada pada kisaran nilai yang cukup optimum bagi proses adsorpsi logam berat terlarut oleh partikel tersuspensi sebagaimana yang dikemukakan oleh Burton & Liss (1976), Chester (1990), Libes (2009) bahwa logam berat secara umum mengalami adsorpsi secara optimum pada kisaran salinitas antara 5–25 ‰.

C. pH

Hasil pengukuran pH di lokasi penelitian berada pada kisaran masing-masing pada Musim Barat dan Timur adalah 5.50-7.25 dan 6.70-7.50 (Gambar 15). Kisaran pH ini secara umum menunjukkan kisaran pH perairan alami. Secara alami, pH perairan tawar lebih bersifat asam sedang pH perairan laut bersifat alkalis atau basa. Kisaran pH di sungai pada Musim Barat adalah 5.50-5.55 dan pada Musim Timur berkisar antara 6.70-6.80. pH kemudian meningkat ketika memasuki perairan estuaria dengan rata-rata 5.81 pada Musim Barat dan 7.20 pada Musim Timur dan pada perairan pantai rata-rata sebesar 7.02 dan 7.27 masing-masing pada Musim Barat dan Timur. Hasil yang diperoleh tersebut sama dengan hasil penelitian Rastina (2012) di Estuaria Tallo, Makassar dengan kisaran pH 5,62-7,75; Samawi (2007) dan Nurfaida (2009) di perairan pantai Kota Makassar pada titik sampling Estuaria Jeneberang diperoleh rata-rata 7,23 dan 7,75. Kisaran pH yang diperoleh di lokasi penelitian cukup sesuai bagi berlangsungnya proses adsorpsi logam berat sebagaimana Bibby dan Webster-Brown (2006) mengemukakan bahwa logam berat mengalami adsorpsi pada kisaran pH antara 3.5-7 namun optimum terjadi pada kisaran pH antara 6.5-7.5 seperti yang dikatakan oleh Hatje *et al.* (2003).



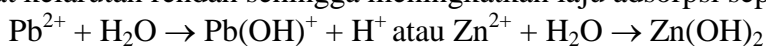
Gambar 4. Variasi pH di perairan Estuaria Jeneberang pada Musim Barat dan Timur

Pada Gambar 4 terlihat peningkatan pH mulai terjadi pada titik 4 hingga ke titik 17 yang merupakan wilayah perairan estuaria dan pantai. Peningkatan pH tersebut disebabkan oleh adanya sistem buffer dari CO₂ dan komponen ion major air laut seperti Na, K, Ca, Mg bersifat basa. Komponen ion mayor dan karbon dioksida di dalam air bersalinitas lebih tinggi dan bersifat basa menyebabkan kelarutan elemen kimia menjadi rendah sehingga logam berat cenderung mengalami adsorpsi lebih tinggi (Saeni, 1989).

Hatje *et al.* (2003) menyatakan bahwa pH dapat mempengaruhi nilai adsorpsi logam (*trace metal*). Perubahan pH mempengaruhi adsorpsi karena perubahan pH berhubungan dengan mekanisme pertukaran ion. Proses pertukaran ion selanjutnya berperan dalam menentukan interaksi dalam larutan dan permukaan partikel. Pengaruh langsung pH terhadap laju adsorpsi terlihat pada pH rendah (asam) laju adsorpsi rendah dan sebaliknya pada pH tinggi (alkalis) laju adsorpsi lebih tinggi

Hal yang sama juga dikemukakan oleh (Sanusi, 2006) bahwa perubahan pH mempengaruhi laju adsorpsi melalui mekanisme perubahan kelarutan elemen kimia di dalam air. Pada pH basa (alkalis) kelarutan elemen kimia menjadi rendah sehingga mudah diadsorpsi oleh partikel, sebaliknya pH asam menyebabkan kelarutan elemen kimia menjadi tinggi sehingga sulit diadsorpsi oleh partikel. Kenaikan pH (bersifat basa) akan mengubah kestabilan elemen kimia dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang kemudian membentuk ikatan kimia dengan partikel sehingga terjadi peningkatan adsorpsi. Pada pH rendah (bersifat asam) jumlah proton akan meningkat sehingga mengganti ion-ion logam yang terikat pada permukaan partikel melalui mekanisme pertukaran kation akibatnya laju desorpsi ion-ion logam mengalami peningkatan. pH alkalis juga menyebabkan penurunan sifat *negative charge potential* partikel dimana *negative charge potential* menyebabkan efek repulsive (gaya tolak menolak) antara partikel dan zat terlarut, kemudian akan meningkatkan efektifitas gaya Van der Waals (gaya tarik menarik) sehingga adsorpsi meningkat.

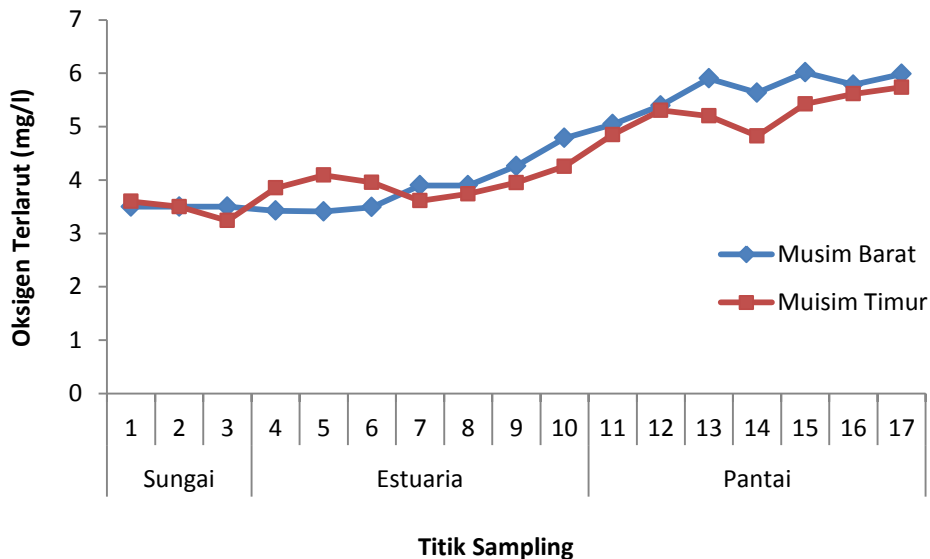
Chester (1990), perairan dalam kondisi pH alkalis atau bersifat basa, maka ion-ion logam akan dihidrolisis kemudian membentuk ikatan logam hidroksida yang mempunyai sifat kelarutan rendah sehingga meningkatkan laju adsorpsi seperti reaksi berikut:



Pada perairan bersifat alkalis, ion-ion logam akan membentuk ikatan kompleks yang bentuknya lebih stabil terutama ikatan kompleks logam yang membentuk chelat dibanding dalam bentuk ion bebas. Ikatan kompleks logam yang terbentuk dapat berupa kompleks ligan organik seperti CuHCO_3^- , CH_3Hg maupun kompleks ligan anorganik seperti PbCl^+ , PbCO_3 , CdCl^+ , $(\text{Cu}(\text{NH}_3)_5\text{Cl})^+$, dll. Khelat adalah ligan polidentate (dua atau lebih ligan) yang membentuk ikatan kompleks yang berbentuk siklik. Chester (1990) menyatakan bahwa proses adsorpsi lebih efektif terjadi pada logam kompleks anorganik dibanding kation bebas.

D. OKSIGEN TERLARUT (DO)

Kisaran oksigen terlarut pada Musim Barat dan Timur masing-masing antara 3.35-6.77 mg/l dan 3.24-6.26 mg/l. Secara umum, perbedaan musim tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap variasi kandungan oksigen terlarut di dalam perairan baik pada perairan sungai, estuaria, maupun pantai. Kondisi ini mengindikasikan bahwa variasi kandungan oksigen terlarut di dalam perairan tidak berkaitan erat dengan variasi kondisi atmosfer namun variasinya sangat dipengaruhi oleh aktivitas organisme akuatik dan potensi input polutan organik atau sumber alami di dalam perairan. Namun faktor pasang surut memberikan pengaruh terhadap distribusi oksigen terlarut di dalam perairan. Kandungan oksigen terlarut cenderung lebih tinggi pada saat pasang (Gambar 5).



Gambar 5. Variasi oksigen terlarut (mg/l) di perairan Estuaria Jeneberang pada Musim Barat dan Timur

Hasil penelitian Ginting (2002) di Estuaria Sembilang Banyuasin memperoleh kisaran oksigen terlarut 3.07-4.82 mg/l, Rastina (2012) di Estuaria Tallo Makassar memperoleh nilai oksigen terlarut pada Musim Barat saat pasang 3,50-6,21 mg/l, saat surut 2,75-6,77 mg/l dan pada Musim Timur saat pasang 3,70-6,16 mg/l, saat surut 3,86-5,62 mg/l. Yusuf (2016) juga melakukan penelitian di Estuaria Tallo memperoleh kandungan oksigen terlarut pada Musim Barat berkisar 1.9-5.0 mg/l dan Musim Timur 2.0-4.5 mg/l. Rendahnya kandungan oksigen terlarut di Estuaria Sembilang dan Tallo diduga disebabkan oleh tingginya kandungan organik dimana dalam penguraian bahan organisme oleh mikroorganisme memerlukan oksigen terlarut. Hal ini sesuai dengan Fardiaz (1992) bahwa kandungan oksigen terlarut yang rendah dalam suatu perairan dapat disebabkan oleh adanya input bahan organik dalam jumlah yang besar sehingga organisme pengurai

membutuhkan oksigen dalam jumlah yang besar untuk menguraikan bahan organik tersebut.

Kandungan oksigen terlarut di lokasi penelitian masih menunjukkan kondisi perairan normal atau alami, dimana perairan alami mengandung oksigen terlarut lebih besar dari 3 mg/l. Oksigen terlarut di zona perairan sungai lebih rendah dibanding pada perairan estuaria dan pantai karena difusi dari atmosfer lebih kecil serta rendahnya sumber dari fotosintesis tumbuhan dalam perairan sungai, sebagaimana Welch (1980), Salmin (2000) menyatakan bahwa sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan.

Perairan yang mengalami kekurangan oksigen (kondisi anoksik) akibat input bahan organik dalam jumlah yang besar mengakibatkan kelarutan *trace element* secara umum menjadi lebih rendah sehingga mudah mengendap. Namun hal itu tidak berlaku pada besi (Fe) dimana pada kondisi dimana oksigen dalam jumlah yang banyak dalam perairan Fe^{2+} akan dioksidasi sehingga berubah menjadi Fe^{3+} sehingga kelarutannya menjadi rendah dan mudah mengendap ke dasar perairan. Demikian pula pada logam Cr dimana terjadi reaksi oksidasi pada kondisi ketersediaan oksigen terlarut dalam jumlah yang cukup akan membentuk ion logam bervalensi lebih besar sehingga memiliki kelarutan yang lebih rendah dan mudah membentuk agregat kemudian mengendap seperti pada reaksi $Cr^{4+} + O_2 \rightarrow Cr^{6+}$ (Moore dan Ramamoorthy, 1984).

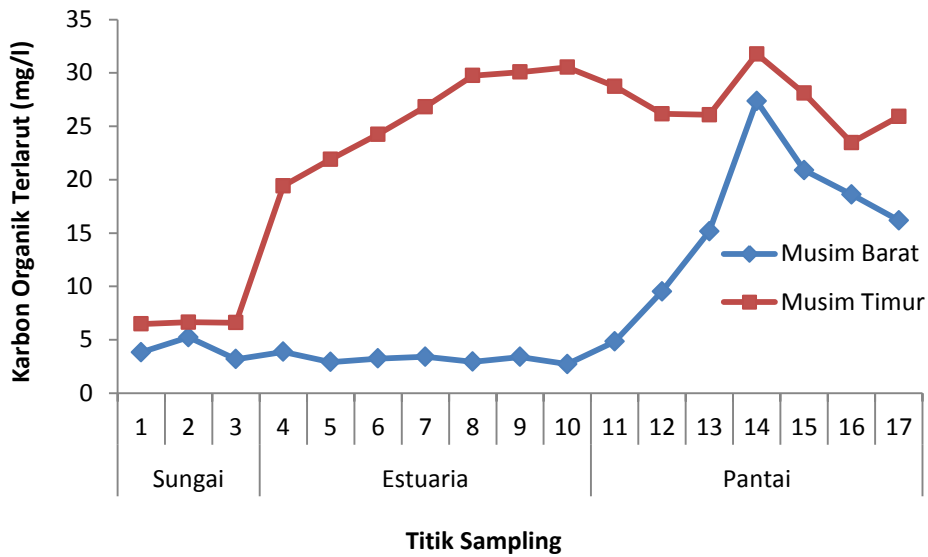
Pada kondisi yang kekurangan oksigen maka reaksi reduksi terhadap ion-ion logam terjadi sehingga terbentuk spesiasi logam berat yang memiliki kelarutan yang rendah seperti Hg atau Hg^+ dan jika terdapat sulfid maka reaksi reduksi membentuk HgS atau ZnS yang bersifat stabil tetapi dalam kondisi oksik maka ion-ion logam mengalami reaksi oksidasi dan membentuk spesiasi logam berat yang memiliki kelarutan yang tinggi seperti Hg^{2+} (Sanusi, 2006).

E. KARBON ORGANIK TERLARUT (DOC)

Konsentrasi karbon organik terlarut yang diperoleh di sekitar perairan Estuaria Jeneberang berkisar antara 1.23-27.68 mg/l dan 6.48-31.91 mg/l masing-masing pada Musim Barat dan Musim Timur dan dalam kondisi pasang dan surut seperti disajikan pada Gambar 6. Kisaran konsentrasi karbon organik terlarut terlihat lebih rendah pada Musim Barat dibanding Musim Timur disebabkan oleh adanya faktor pengenceran baik oleh massa air hujan yang langsung dari atmosfer, volume massa air dari aliran sungai dan dari aliran permukaan (*run off*) yang masuk ke dalam perairan.

Karbon organik terlarut di perairan pantai jauh lebih tinggi dibanding pada perairan sungai dan estuaria. Diperkirakan bahwa sumber bahan karbon organik yang tinggi di dalam perairan pantai karena selain berasal dari produktivitas primer organisme akuatik, hasil eksresi, juga berasal dari buangan limbah organik hasil sampingan kegiatan manusia di sekitar pantai Losari dan aktivitas sekitar pelabuhan Internasional Makassar di bagian utara Estuaria Jeneberang. Hal ini sesuai dengan Libes (2009) bahwa karbon organik terlarut di perairan pantai jauh lebih tinggi dibanding pada perairan sungai dan estuaria karena adanya sumber bahan karbon organik dari berbagai sumber masuk ke dalam pantai.

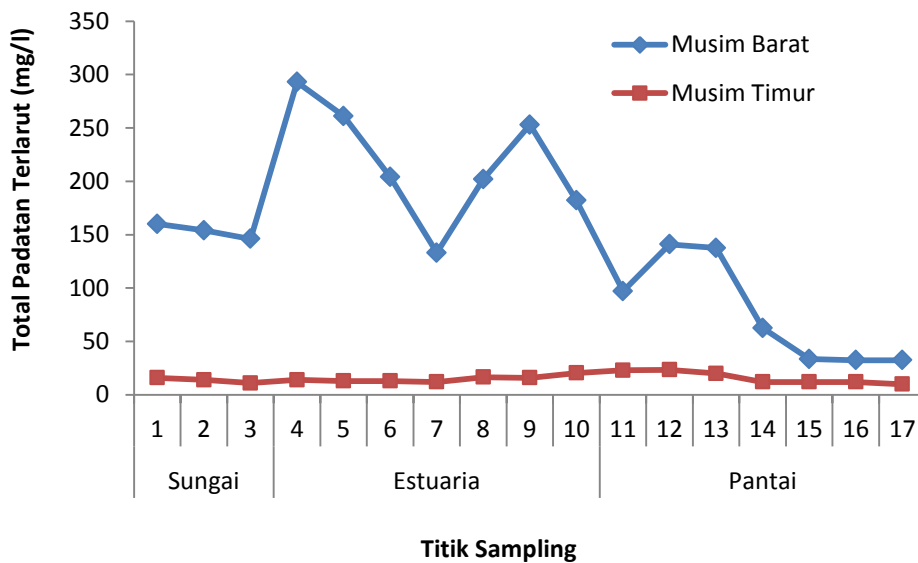
Kandungan organik karbon terlarut dalam kolom air akan memicu peningkatan laju adsorpsi logam berat terlarut oleh partikel melalui pembentukan senyawa kompleks dengan ligan organik. Konsentrasi organik karbon terlarut yang lebih tinggi di wilayah perairan pantai dan laut menyebabkan di zona tersebut mekanisme adsorpsi lebih besar terjadi, akibatnya di wilayah perairan pantai konsentrasi logam berat partikulat lebih tinggi sedang logam berat terlarut lebih rendah.



Gambar 6. Variasi kandungan karbon organik terlarut (mg/l) di perairan Estuaria Jeneberang pada Musim Barat dan Timur

F. TOTAL PADATAN TERSUSPENSISI (TSS)

Konsentrasi padatan tersuspensi total pada Musim Barat dan Timur masing-masing berada pada kisaran antara 30-306 mg/l dan 10-31 mg/l (Gambar 7). Terlihat pada gambar bahwa perbedaan musim signifikan mempengaruhi distribusi konsentrasi padatan tersuspensi dalam perairan. Tingginya nilai konsentrasi TSS dalam kolom air pada Musim Barat disebabkan oleh tingginya input partikel yang berasal dari aliran sungai yang berasal dari hasil pengikisan atau erosi di bagian hulu akibat tingginya curah hujan dimana partikel tersebut menjadi agen utama terjadinya transpor logam berat dari hulu ke dalam perairan estuaria dan laut.



Gambar 7. Variasi total padatan tersuspensi (mg/l) di perairan Estuaria Jeneberang pada Musim Barat dan Timur

Konsentrasi TSS menurun secara drastis pada perairan estuaria di titik 4 (pada posisi setelah bendungan) khususnya pada Musim Barat. Hal ini terjadi karena tingginya proses deposisi partikel tersuspensi di atas bendungan. Berbeda pada Musim Timur, dimana variasi TSS hanya sedikit terlihat pada titik 11 sampai 13 (perairan pantai). Peningkatan konsentrasi pada wilayah pantai diperkirakan oleh adanya gelombang pecah di wilayah pantai sehingga terjadi pengadukan yang menyebabkan resuspensi sedimen dasar. Konsentrasi TSS di wilayah pantai yang agak jauh dari laut pada titik 14 sampai 17 cenderung stabil pada Musim Barat pada kisaran 30-35 mg/l dan Musim Timur antara 10-12 mg/l. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengaruh massa air dari sungai pada zona perairan tersebut sudah sangat kecil.

Secara alami, padatan tersuspensi di dalam perairan estuaria berperan sebagai penyerap polutan logam berat terlarut. Namun peranan itu dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti komposisi, ukuran partikel, dan konsentrasi partikel tersuspensi. Mekanisme itu berlangsung melalui proses sebagai berikut:

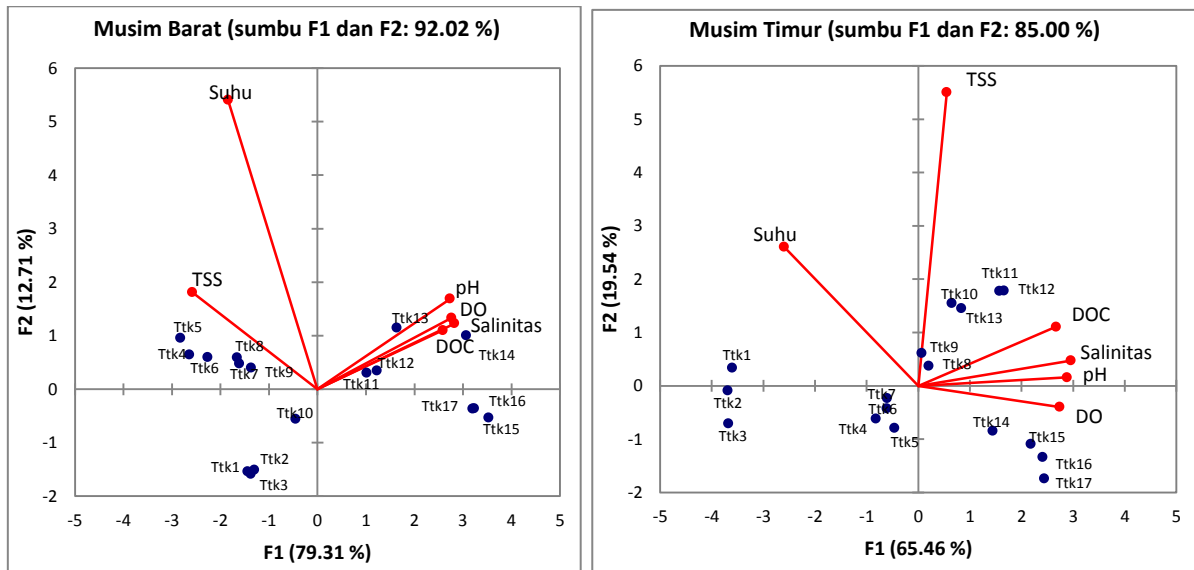
- Komposisi organik-anorganik padatan tersuspensi, dimana padatan tersuspensi yang mengandung komposisi organik yang lebih besar memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih besar, dimana komponen organik akan membentuk ikatan kompleks dengan unsur kimia runtu.
- Ukuran padatan tersuspensi, semakin kecil ukuran padatan tersuspensi semakin besar kapasitas adsorpsinya karena padatan tersuspensi yang berukuran kecil memiliki luas permukaan yang lebih besar sehingga mampu menyerap zat terlarut yang lebih banyak.
- Konsentrasi padatan tersuspensi, pada konsentrasi padatan tersuspensi yang tinggi maka laju adsorpsi juga semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena jumlah padatan tersuspensi yang semakin banyak menyerap komponen kimia terlarut.

Peranan padatan tersuspensi dalam penelitian ini dalam mekanisme adsorpsi yang bisa diamati hanya konsentrasi TSS, sementara ukuran, kandungan organik, dan kandungan mineral tidak bisa dilihat pengaruhnya karena tidak dianalisis. Pengaruh konsentrasi TSS terhadap kapasitas adsorpsi logam berat bersifat linier dimana semakin tinggi konsentrasi TSS dalam perairan maka kapasitas adsorpsi juga semakin tinggi. Hal ini sesuai Hatje *et al.* (2003) bahwa peningkatan konsentrasi partikel tersuspensi menyebabkan peningkatan adsorpsi logam berat terlarut.

3.2. KARAKTERISTIK PARAMETER FISIKA KIMIA PERAIRAN

Karakteristik parameter fisika kimia di Estuaria Jeneberang dianalisis dengan analisis komponen utama (PCA) berdasarkan titik sampling dan zona perairan seperti disajikan pada Gambar 8. Karakteristik parameter fisika kimia Estuaria Jeneberang berdasarkan sebaran titik sampling pada Musim Barat menunjukkan bahwa pada zona perairan sungai (titik 1-3) tidak dicirikan secara khusus dengan satu parameter fisika kimia yang artinya bahwa tidak ada variasi parameter fisika kimia di sistem perairan sungai. Pada sistem perairan estuaria (titik 4-10) terbentuk karakter parameter fisika kimia yang dicirikan dengan parameter suhu dan padatan tersuspensi total (TSS) yang artinya bahwa parameter suhu dan TSS di estuaria memiliki variasi yang sangat signifikan. Adapun di sistem perairan pantai/laut terbentuk karakter yang dicirikan dengan parameter pH, oksigen terlarut (DO), salinitas, dan karbon organik terlarut (DOC) artinya bahwa parameter ini sangat menonjol dan berbeda konsentrasinya dengan di perairan sungai dan estuaria serta memiliki nilai variabilitas yang tinggi. Karakteristik parameter fisika kimia pada Musim Timur berbeda dengan Musim Barat, dimana parameter suhu menjadi ciri dari sistem

perairan sungai dan estuaria. Adapun parameter yang lainnya membentuk ciri dari sistem perairan pantai/laut.



Gambar 22. Karakteristik parameter fisika kimia terhadap sebaran titik sampling pada Musim Barat dan Timur di Estuaria Jeneberang.

Hasil analisis PCA menunjukkan bahwa terdapat variasi musiman dari parameter fisika kimia di perairan estuaria dan pantai/laut sedang di perairan sungai tidak mengalami variasi musiman yang signifikan. Adapun hasil analisis korelasi *Pearson* menunjukkan bahwa nilai korelasi antara parameter fisika kimia pada Musim Barat lebih kuat dibanding pada Musim Timur. Kuatnya hubungan antara parameter fisika kimia pada Musim Barat disebabkan karena kuatnya dinamika dan variasi parameter fisika kimia yang bekerja akibat tekanan dinamika massa air dan kondisi atmosfer.

Pada Musim Barat, parameter salinitas dan partikel tersuspensi total (TSS) memiliki hubungan yang paling kuat dengan parameter lainnya dan pada Musim Timur hubungan kuat terdapat pada parameter oksigen terlarut (DO). Penambahan massa air tawar dalam jumlah yang besar pada Musim Barat, baik yang berasal dari sungai maupun curah hujan langsung dari atmosfer menyebabkan perubahan salinitas yang sangat tajam dan massa air tawar yang terbawa dari sungai mengandung konsentrasi partikel tersuspensi yang cukup tinggi akibat erosi dan pengikisan lahan atas sehingga kedua parameter ini sangat kuat mempengaruhi parameter lainnya. Pada Musim Timur, gerak massa air di sekitar estuaria melemah sehingga konsentrasi oksigen terlarut menjadi lebih rendah sehingga mempengaruhi dinamika parameter lainnya.

4. KESIMPULAN

Parameter fisika kimia perairan di sekitar perairan Estuaria Jeneberang sangat signifikan mengalami variasi musiman pada sistem perairan estuaria dan pantai/laut namun tidak nyata terlihat pada sistem perairan sungai. Parameter suhu, salinitas, pH, total padatan tersuspensi, dan kandungan karbon organik terlarut mengalami variasi musiman. Parameter oksigen terlarut tidak mengalami variasi musiman atau konsentrasinya cenderung sama pada Musim Barat dan Timur.

DAFTAR PUSTAKA

- Bibby RL, Webster-Brown JG. 2006. Trace metal adsorption onto urban stream suspended particulate matter (Auckland region, New Zealand). *App Geochem* 21, 1135–1151.
- Burton JD, Liss PS. 1976. *Estuarine Chemistry*. New York (US): Academic Press. 229p.
- Chester R. 1990. *Marine Geochemistry*. London (GB): Unwin Hyman Ltd.
- Dyer KD. 1986. *Coastal and Estuarine Sediment Dynamics*. London (GB): John Wiley and Son.
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air. Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta (ID): Kanisius. 258hlm.
- Fardiaz S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta (ID): Kanisius.
- Ginting MI. 2002. Analisis fungsi ekosistem dan sumberdaya estuaria sebagai penunjang perikanan berkelanjutan. Studi kasus Sungai Sembilang Musi Banyuasin Sumatera Selatan (disertasi). Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor. 250hlm.
- Hatje V, Payne TE, Hill DM, McOrist G, Birch GF, Szymczak R. 2003. Kinetics of trace element uptake and release by particles in estuarine waters: Effects of pH, alkalinity, and particle loading. *Environ Int* 29, 619–629.
- Karman A. 2015. Konsep pengelolaan perikanan cakalang berkelanjutan di wilayah perairan barat dan selatan Provinsi Maluku Utara (disertasi). Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor. 181hlm.
- Kinne O. 1964. *Marine Ecology. A Comprehensive Integrated Treatise on Life in Oceans and Coastal Water*. New York (US): Willey Interscience, John Willey and Sons Ltd.
- Libes S. 2009. *Introduction to Marine Biogeochemistry*. California (US): Academic Press. 909p.
- Moore JW, Ramamoorthy S. 1984. *Heavy Metal in Neutral Water*. New York (US): Springer Verlag.
- Nonjti A. 1987. *Laut Nusantara*. Jakarta (ID): Djambatan.
- Nurfaida, 2009. Pengembangan dan rencana pengelolaan lanskap pantai Kota Makassar sebagai *Waterfront City* (tesis). Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor. 153hlm.
- Rastina. 2012. Strategi pengelolaan lingkungan berdasarkan pemodelan kualitas air di perairan estuaria Tallo, Sulawesi Selatan (disertasi). (ID): Institut Pertanian Bogor. 141hlm.
- Saeni MS. 1989. *Kimia Lingkungan*. Bogor (ID): Pusat Antar Ilmu Hayat, Institut Pertanian Bogor.
- Salmin. 2000. Kadar oksigen terlarut di perairan sungai Dadap, Goba, Muara Karang dan Teluk Banten. Di dalam : Djoko P. Praseno, Ricky Rositasari dan S. Hadi Riyono: *Foraminifera sebagai Bioindikator Pencemaran. Hasil Studi di Perairan Estuarine Sungai Dadap, Tangerang*. Jakarta (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi LIPI.
- Samawi MF. 2007. Desain sistem pengendalian pencemaran perairan pantai kota. Studi kasus perairan pantai Kota Makassar (disertasi). Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor. 139hlm.
- Sanusi HS. 2006. *Kimia Laut. Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan*. Bogor (ID): Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Institut Pertanian Bogor. 188hlm.
- Syahdan M. 2015. Pola spasial dan variabilitas temporal data satelit multisensory hubungannya dengan distribusi ikan pelagis kecil di Selat Makassar-Laut Jawa (disertasi). Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor. 113hlm.

- Waas HJD. 2014. Pengaruh *coastal upwelling* di utara kontinen Papua dan gelombang ekuatorial Rossby terhadap produktivitas perairan dan perikanan tuna di barat Pasifik *warm pool* (disertasi). Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor. 168hlm.
- Welch EB. 1980. *Ecological Effect of Waste Water*. Cambridge (GB): Cambridge University Press.
- Widyastuti P, Atmadipoera AS. 2014. A numerical modeling study on upwelling mechanism in southern Makassar Strait. *J Ilmu dan Tekn Kel Trop* 6(2), 355-371.
- Wolanski E. 2007. *Estuarine Ecohydrology*. Amsterdam (NL): Elsevier.
- Yusuf M. Model pengelolaan lingkungan estuaria Sungai Tallo kawasan perkotaan Makassar (disertasi). Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor. 154hlm.
- Yuliana. 2012. Implikasi perubahan ketersediaan nutrient terhadap perkembangan pesat (*blooming*) fitoplankton di perairan Teluk Jakarta (disertasi). Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor. 177hlm.