



COJ (Coastal and Ocean Journal)

e-ISSN: 2549-8223

Journal home page: <https://journal.ipb.ac.id/index.php/coj>;email: journal@pksplipb.or.id

DINAMIKA TEMPORAL DAN SPASIAL FOSFAT(PO_4-P) DAN NITRAT (NO_3-N) SEBAGAI INDIKATOR KESUBURAN PERAIRAN DI TELUK JAKARTA

TEMPORAL AND SPATIAL DYNAMICS OF PHOSPHATE (PO_4-P) AND NITRATE (NO_3-N) AS WATER PRODUCTIVITY INDICATORS IN JAKARTA BAY

Amanah Zakiah¹, Yonvitner^{1,2}, Ario Damar^{1,2}¹Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University,²Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, IPB University,*Corresponding author: amanahzakiah9i@gmail.com

ABSTRAK

Teluk Jakarta terletak di pantai utara Pulau Jawa merupakan muara bagi 13 sungai besar di Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi. Berbagai aktivitas yang melibatkan pemanfaatan perairan baik teluk maupun sungai dapat menyebabkan penurunan kualitas perairan dan pengayaan nutrisi. Salah satu akibat pengayaan nutrisi yaitu peningkatan nutrisi seperti fosfat dan nitrat. Penelitian ini bertujuan menentukan pola sebaran spasial konsentrasi fosfat dan nitrat sebagai indikator kesuburan perairan di Teluk Jakarta. Pemantauan kualitas air dilakukan sejak tahun 2012-2019 dari 23 stasiun pengamatan. Penentuan 23 stasiun berdasarkan keterwakilan wilayah Teluk Jakarta menjadi zona pantai dan zona teluk. Status kesuburan perairan berdasarkan nutrisi fosfat tergolong mesotrofik dengan pola sebaran spasial lebih tinggi di sekitar pantai dan semakin rendah seiring mendekati mulut teluk. Sementara berdasarkan nutrisi nitrat tergolong oligotrofik dengan sebaran yang cenderung tinggi di pinggir pantai dan rendah didekat mulut teluk. Secara temporal, konsentrasi fosfat dan nitrat terdapat perbedaan yang signifikan.

Kata kunci: fosfat, nitrat, spasial, Teluk Jakarta, temporal

ABSTRACT

Jakarta Bay is located on the north coast of Java Island and is the mouth of 13 major rivers in Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang and Bekasi. Various activities that involve the use of waters, both bays and rivers, can cause a decrease in water quality and nutrient enrichment. One result of nutrient enrichment is an increase in nutrients such as phosphate and nitrate. This study aims to determine the pattern of spatial distribution of phosphate and nitrate concentrations as indicators of water fertility in Jakarta Bay. Water quality monitoring was carried out from 2012-2019 from 23 observation stations. The determination of 23 stations is based on the representation of the Jakarta Bay area into the coastal zone and the bay zone. Water fertility status based on phosphate nutrients is classified as mesotrophic with a spatial distribution pattern that is higher around the coast and lower as it approaches the mouth of the bay. Meanwhile, based on nutrient nitrate, it is classified as oligotrophic with a distribution that tends to be high on the beach and low near the mouth of the bay. Temporally, there is a significant difference in the concentration of phosphate and nitrate.

Keywords: Jakarta Bay, nitrate, phosphate, spatial, temporal

Article history: Received 27/01/2023; Received in revised from 14/03/2023; Accepted 27/04/2023

1. PENDAHULUAN

Teluk Jakarta terletak di pantai utara Pulau Jawa memiliki peran penting baik dari segi ekonomis maupun ekologis. Perairan tersebut merupakan muara bagi 13 sungai besar dari Sungai Cisadane di bagian barat sampai muara Sungai Citarum di bagian timur (Makmur *et al.* 2012). Hal ini mengakibatkan perairan Teluk Jakarta sebagai perangkap sedimen, nutrien, dan bahan-bahan pencemar sehingga banyak mendapatkan beban masukan. Banyaknya beban masukan berasal dari berbagai sumber seperti kegiatan domestik, industri, dan pertanian di wilayah Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi (Van der Wulp *et al.* 2016). Beban masukan tersebut mengakibatkan terganggunya suatu ekosistem. Hal ini dapat diketahui dari kesuburan perairan yang dapat dilihat dari indikator kesuburan perairan. Indikator yang digunakan dalam menentukan kesuburan perairan di antaranya terdapat nutrien nitrat dan fosfat yang memengaruhi keberlangsungan populasi biota-biota laut (Isnaeni *et al.* 2015).

Permasalahan terkait dengan beban masukan nutrien dapat muncul apabila konsentrasi beban masukan tersebut melebihi daya dukung. Menurut Damar *et al.* (2020), terdapat peningkatan rata-rata tahunan fosfat di Teluk Jakarta dari 11,31 μM (tahun 2001) dan nitrogen terlarut 27,97 μM menjadi 25,92 μM fosfat dan 88,99 μM nitrogen terlarut pada tahun 2019. Selain itu, menurut Prismayanti (2017), total estimasi beban DIN (*dissolved inorganic nitrogen*) yang masuk ke Teluk Jakarta sebesar 1888,73 ton. Sumber utama DIN berasal dari sungai-sungai di kawasan tengah Jakarta terutama Sungai Pesanggrahan dengan debit yang dihasilkan tidak begitu besar. Sedangkan estimasi beban DIP (*dissolved inorganic phosphate*) yang masuk ke Teluk Jakarta sebesar 823,30 ton. Sungai yang menyumbang ortofosfat terbesar yaitu Sungai Citarum dengan debit air yang besar. Peningkatan nutrien yang cukup besar tersebut disebabkan kurangnya pengelolaan yang sesuai, seperti belum memadainya pengolahan air limbah yang ada di Jakarta dan sekitarnya. Menurut Damar *et al.* (2020), beban masukan nutrien yang melebihi daya dukung perairan memberikan akumulasi pengayaan nutrien (eutrofikasi) perairan tersebut.

Eutrofikasi di perairan dapat memberikan dampak terhadap komponen ekosistem akuatik di dalamnya. Dampaknya antara lain meningkatnya pertumbuhan fitoplankton yang mengakibatkan penurunan kualitas air seperti tingginya kekeruhan, bau, warna, penurunan nilai estetika; penurunan oksigen terlarut; dan perubahan komposisi spesies dan meningkatkan kemungkinan interaksi dengan alga yang beracun dan berbahaya (Cosme *et al.* 2015). Menurut Koropitan *et al.* (2009), kawasan Teluk Jakarta merupakan perairan yang paling subur di Indonesia. Hal tersebut disebabkan jumlah nitrat dan fosfat sebagai komponen pembatas bagi fitoplankton terdapat dalam jumlah yang signifikan (Yogaswara 2020).

Kawasan pinggir Teluk Jakarta menurut Damar *et al.* (2020) telah berada dalam status hipereutrofik. Area dengan status hipereutrofik pada tahun 2019 seluas 114 km^2 , dalam hal ini area tersebut sudah 1,5 kali lebih luas sejak tahun 2011 yang luasnya 75,1 km^2 . Kondisi tersebut dapat menyebabkan terjadinya ledakan alga (*alga blooms*) yang sangat cepat. Tercatat sejak tahun 2004 hingga 2007 terdapat 7 kasus kematian massal ikan, 2 kasus tahun 2004, 3 kasus tahun 2005, dan 2 kasus tahun 2007. Peristiwa tersebut juga bersamaan dengan adanya *algal blooms* sebanyak 8 peristiwa tahun 2004, 4 peristiwa tahun 2005, 5 peristiwa tahun 2006, dan 7 peristiwa tahun 2007.

Kajian sebaran fosfat dan nitrat di Teluk Jakarta dapat menjadi informasi untuk mengetahui daerah yang mengalami eutrofikasi. Penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi mengenai sebaran nitrat dan fosfat di Teluk Jakarta sehingga dapat menjadi salah satu komponen dalam pengelolaan perairan. Analisis sebaran spasial dan temporal difokuskan pada parameter fosfat dan nitrat dengan menggunakan analisis statistik dan perangkat lunak sistem informasi geografis (SIG).

Ledakan alga memiliki risiko yang tinggi terhadap kesehatan dan keberlangsungan hidup biota akuatik. Ledakan alga dapat menurunkan oksigen hingga *anoksik* yang dapat menyebabkan kematian massal ikan. Kajian sebaran fosfat dan nitrat diperlukan untuk mengetahui daerah

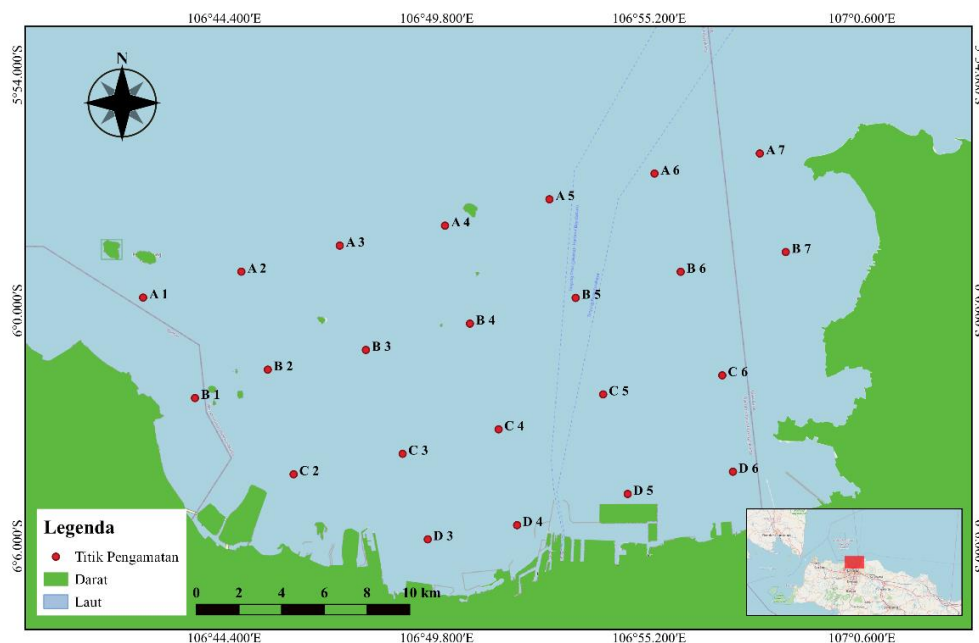
yang mengalami pengayaan nutrisi. Oleh karena itu, perlu adanya analisis sebaran fosfat dan nitrat di Teluk Jakarta untuk mengetahui pola sebaran nitrat dan fosfat.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pola sebaran konsentrasi fosfat dan nitrat perairan di Teluk Jakarta secara spasial dan temporal.

2. METODE PENELITIAN

Metode Pengumpulan Data

Data untuk penelitian ini diperoleh dari data pemantauan kualitas air yang dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta yang berlokasi di Teluk Jakarta pada tahun 2012 (Juli, Oktober, Desember), 2015 (Juli), 2018 (April, Juli), dan 2019 (April, Juli). Titik pengambilan sampel sebanyak 23 stasiun di laut. Penentuan stasiun tersebut berdasarkan keterwakilan wilayah Teluk Jakarta yaitu zona pantai dan zona teluk. Zona pantai yaitu daerah luar sungai menuju tengah teluk (A1, A2, A6, A7, B1, B6, C2, C3, C4, C5, C6, D3, D4, D5, D6) dan zona teluk yaitu zona yang ada di tengah teluk yang mendapat pengaruh laut lebih dominan dari input darat (A3, A4, A5, B3, B4, B5).



Gambar 1 Lokasi penelitian di Teluk Jakarta

Penelitian ini menggunakan data monitoring yang bersumber dari Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta sejak tahun 2012-2019. Pengamatan dan pengukuran parameter kualitas air dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Provinsi DKI Jakarta bekerja sama dengan Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan Institut Pertanian Bogor (PKSPL IPB) secara *in situ* di lapangan (Teluk Jakarta) dan *ex situ* di Laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Perairan (Proling) Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Parameter yang diamati meliputi parameter fisika (suhu, kekeruhan, TSS), dan kimia (fosfat, nitrat).

Prosedur pengukuran, pengambilan contoh, dan analisis parameter kualitas air mengacu pada metode SNI 6964.8.2015 bagian 8 tentang Metode pengambilan contoh uji air laut (BSN 2015). Alat dan bahan yang digunakan antara lain *cool-box*, *Global Positioning System (GPS)*, *van dorn water sampler*, wadah gelas, alat pelindung diri (masker, sarung tangan, pelampung, *safety shoes*, *safety gogle*, *safety helmet*), alat tulis, kertas saring. Wadah sampel yang sudah disiapkan memenuhi syarat SNI 6964.8:2015. Syarat yang harus dipenuhi sebagai berikut botol terbuat dari bahan gelas atau plastik *Polietilen (PE)* atau *Polipropilen (PP)* atau teflon (*Politetrafluoroetilen, PTFE*); dapat ditutup dengan rapat dan kuat; bersih dan bebas dari kontaminan; serta tidak memengaruhi contoh.

Metode Analisis Data

Analisis deskriptif digunakan untuk mengumpulkan data berupa informasi mengenai suatu kondisi saat penelitian dengan membandingkan variabel yang satu dengan lainnya sehingga menjadi bentuk yang lebih mudah dipahami dan lebih ringkas (Ashari *et al.* 2017). Analisis sebaran temporal diolah menggunakan Microsoft Excel 2013. Sebaran temporal konsentrasi parameter kualitas air (fosfat, nitrat) dibandingkan dengan baku mutu dengan Lampiran VIII Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021.

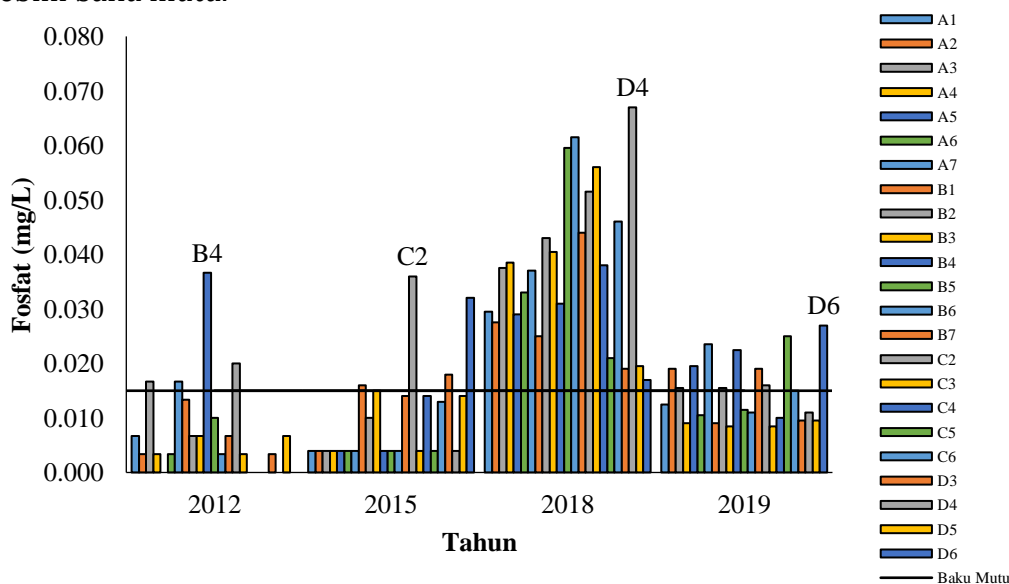
Sebaran spasial dilakukan untuk memvisualisasikan sebaran fosfat dan nitrat di Teluk Jakarta. Hasil yang akan disajikan berupa peta kontur sebaran fosfat dan nitrat. *Boxplot* adalah teknik grafis univariat yang biasanya disajikan secara vertikal tetapi horizontal juga dimungkinkan. *Boxplot* digunakan untuk melihat bentuk tebaran dan keragaman dari suatu gugus data. Panjang *box* menunjukkan besar atau kecilnya penyebaran data. Sebaran data yang kecil ditunjukkan dengan pendeknya *box*. Uji ANOVA (*Analysis of Variance*) digunakan untuk membandingkan perbedaan rata-rata stasiun dengan rata-rata stasiun yang lain dengan cepat dan memiliki risiko kesalahan yang lebih kecil. Uji statistik yang digunakan merupakan analisis ragam dua arah (*two-way ANOVA*) tanpa ulangan dengan nilai α sebesar 0,05 menggunakan *software* Microsoft Excel 2013. Hipotesis awal yang digunakan yaitu terdapat perbedaan yang signifikan secara spasial dan temporal pada penelitian ini.

Hubungan antara stasiun dan variabel lingkungan dianalisis menggunakan *principal component analysis* (PCA). Biplot PCA berupa gambar dua dimensi yang digunakan untuk menyajikan data yang tersedia. Informasi yang disajikan berupa objek dan peubah.

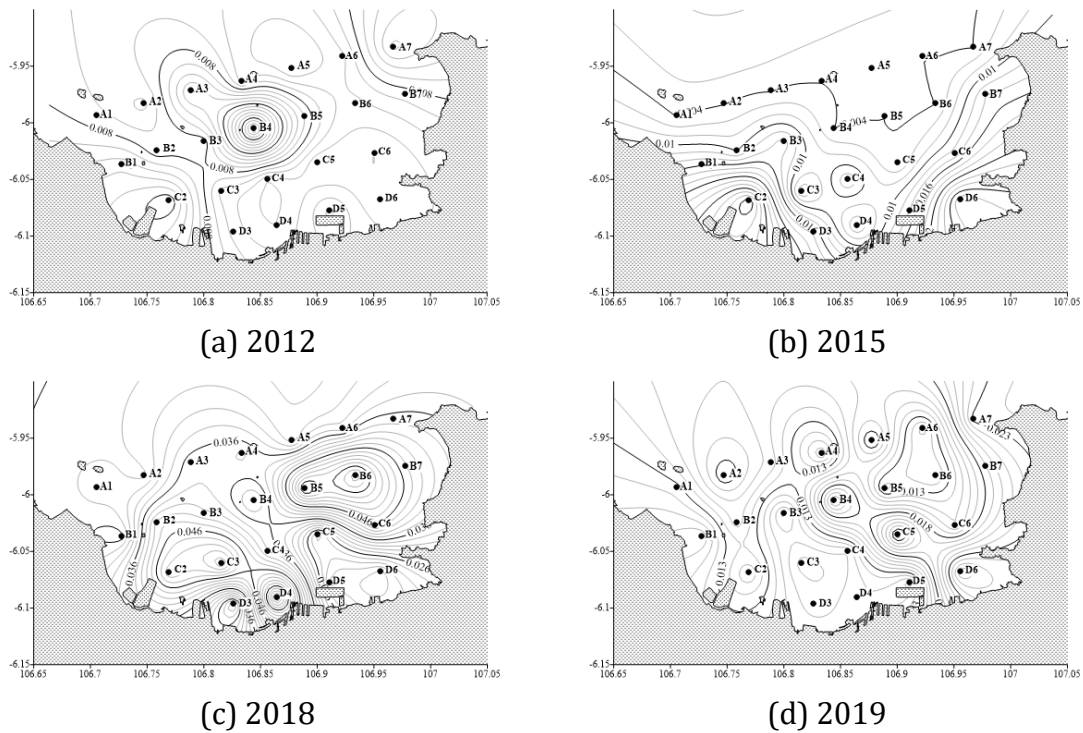
3. HASIL DAN DISKUSI

Hasil Analisa

Konsentrasi fosfat (PO₄) di Teluk Jakarta berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa rata-rata konsentrasi fosfat dari tahun 2012-2019 secara berturut-turut 0,0072 mg/L, 0,0102 mg/L, 0,0379 mg/L, dan 0,0147 mg/L. Konsentrasi tertinggi terjadi pada tahun 2018 dengan rata-rata 0,0394 mg/L. Sedangkan konsentrasi fosfat terendah terdapat pada tahun 2012 dengan rata-rata 0,0072 mg/L. Stasiun dengan rata-rata konsentrasi fosfat tertinggi terdapat di stasiun C2 (0,0309 mg/L) dan stasiun terendah terdapat di stasiun D5 (0,0124 mg/L). Konsentrasi rata-rata total fosfat sebesar 0,0175 mg/L (Gambar 2). Pola sebaran fosfat pada tahun 2012 terlihat rapat di stasiun B4, sebaran fosfat tahun 2015 terlihat rapat di stasiun C2. Tahun 2018 pola sebaran fosfat terlihat rapat di beberapa stasiun seperti B5, B6, dan D4. Sedangkan pada tahun 2019 pola sebaran fosfat cenderung rapat secara rata namun terdapat beberapa stasiun yang cukup tinggi seperti stasiun B4, C5, dan D6 (Gambar 3). Berdasarkan Lampiran VIII PPRI Nomor 22 Tahun 2021 baku mutu konsentrasi fosfat di perairan sebesar 0,015 mg/L sehingga rata-rata total konsentrasi fosfat sudah melebihi baku mutu.

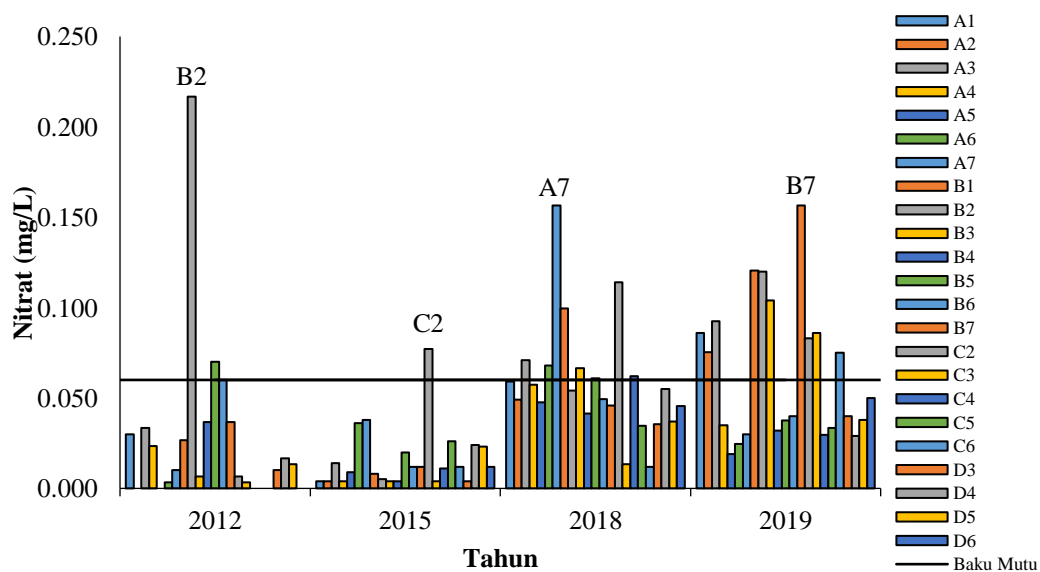


Gambar 2 Rata-rata fosfat di Teluk Jakarta

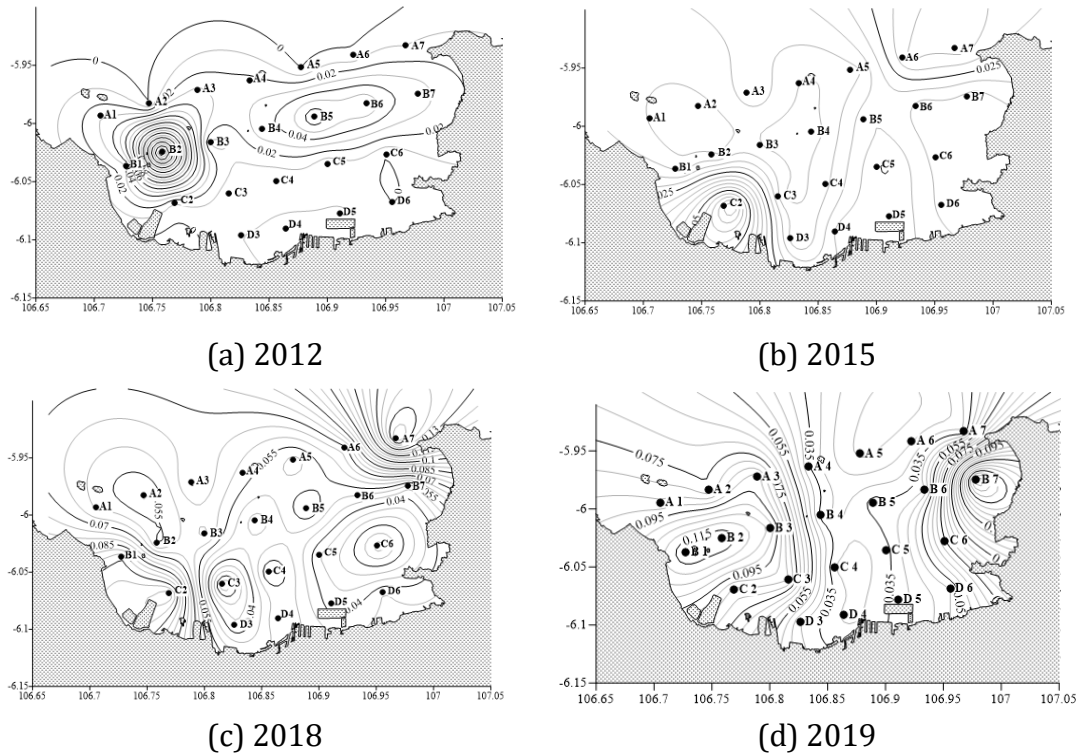


Gambar 3 Sebaran spasial fosfat di Teluk Jakarta

Rata-rata konsentrasi nitrat tiap tahun secara berturut-turut tahun 2012-2019 yaitu 0,0262 mg/L, 0,0160 mg/L, 0,0581 mg/L, dan 0,0625 mg/L. Nilai rata-rata total nitrat sebesar 0,0407 mg/L. Konsentrasi nitrat tertinggi terdapat pada tahun 2019 dengan rata-rata 0,0625 mg/L sedangkan konsentrasi nitrat terendah terdapat pada tahun 2015 dengan rata-rata 0,0160 mg/L. Stasiun B2 memiliki rata-rata konsentrasi nitrat tertinggi sebesar 0,0989 mg/L sedangkan stasiun A5 dengan rata-rata konsentrasi nitrat terendah sebesar 0,0189 mg/L. Hal ini dapat terlihat pada peta sebaran nitrat (Gambar 4) dimana nilai nitrat tertinggi tahun 2012 terdapat pada stasiun B2 memiliki pola yang lebih rapat dibandingkan dengan stasiun lainnya. Kemudian pada tahun 2015 nilai nitrat tinggi di stasiun C2, tahun 2018 stasiun dengan nilai nitrat tinggi ditemukan di stasiun A7. Sedangkan pada tahun 2019 sebaran nitratnya cenderung sama di beberapa stasiun. Berdasarkan Lampiran VIII PPRI Nomor 22 Tahun 2021 baku mutu konsentrasi nitrat di perairan sebesar 0,06 mg/L. Sehingga rata-rata kandungan nitrat di Teluk Jakarta masih di bawah baku mutu.

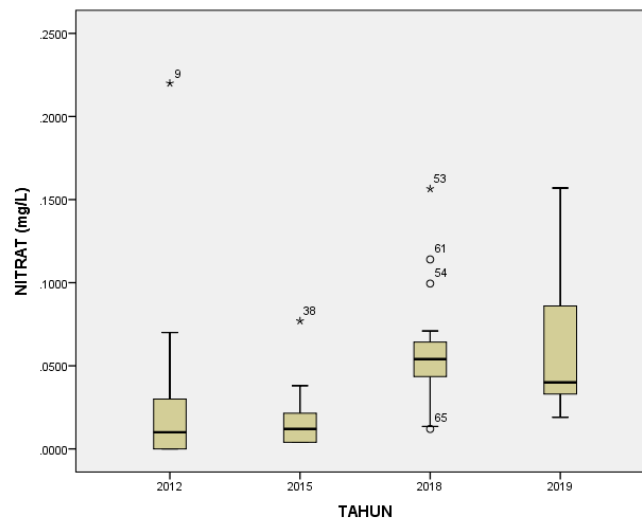


Gambar 4 Rata-rata nitrat di Teluk Jakarta

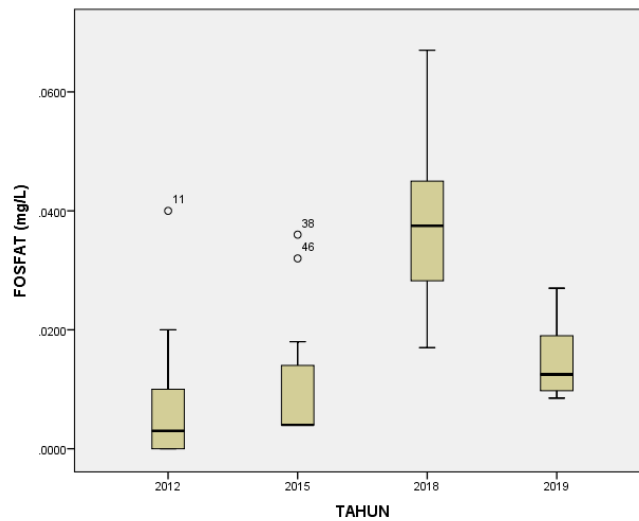


Gambar 5 Sebaran spasial nitrat di Teluk Jakarta

Boxplot nitrat (Gambar 6) terlihat konsentrasi nitrat terendah pada tahun 2015 kemudian meningkat pada tahun selanjutnya (2019). Nitrat tahun 2012 tidak berbeda nyata dengan tahun 2015, 2018, dan 2019. *Boxplot* fosfat (Gambar 7) menunjukkan distribusi fosfat terpantau rendah pada tahun 2012-2015 kemudian tertinggi terlihat pada tahun 2018 dan kembali menurun pada tahun 2019. Fosfat tahun 2012 tidak berbeda nyata dengan tahun 2015, 2018, dan 2019.



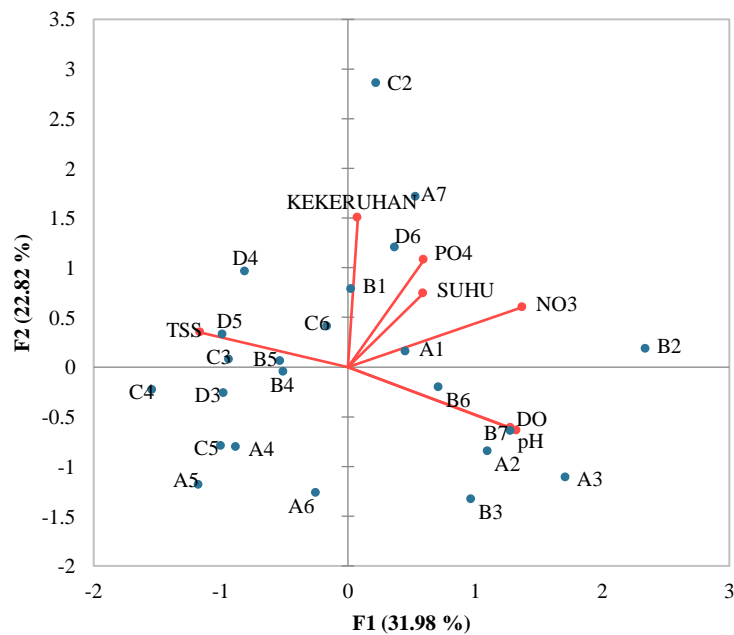
Gambar 1 *Boxplot* nitrat di Teluk Jakarta



Gambar 2 Boxplot fosfat di Teluk Jakarta

Berdasarkan uji Anova, perbedaan periode pengambilan sampel (tahun) memengaruhi nilai konsentrasi nitrat dan fosfat secara signifikan ($p < 0,05$), sedangkan perbedaan spasial (stasiun) tidak memengaruhi keragaman nilai konsentrasi baik nitrat dan fosfat secara signifikan ($p > 0,05$) di Teluk Jakarta. Hasil Anova *one-way* menunjukkan nilai *p-value* $> 0,05$ yang berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar stasiun baik parameter fosfat maupun nitrat. Sebaran konsentrasi nitrat (Gambar 3) dan fosfat (Gambar 5) setiap tahunnya dapat terlihat pola yang ditampilkan berbeda-beda setiap tahunnya.

Hubungan antara parameter kualitas air dan stasiun disajikan menggunakan biplot *principal component analysis* (Gambar 8) diolah berdasarkan data parameter (fosfat, nitrat, DO, pH, suhu, kekeruhan, dan TSS). Hasil analisis biplot dari parameter fisika, kimia, dan 23 stasiun menunjukkan nilai variansi kumulatif dari PCA-Biplot sebesar 54,80% dengan nilai akar ciri sumbu F1 (31,98%) dengan sumbu F2 (22,82%). Nilai variansi kumulatif dapat menjelaskan keragaman data hingga 54,80% dari ragam total. Parameter yang berada paling jauh dari titik 0 menjadi parameter penciri stasiun yang paling kuat. Stasiun A4, A5, A6, B4, C4, C5, D3 pada kuadran III tidak terdapat parameter penciri yang dominan. Stasiun A1, A7, B1, B2, C2, D6 pada kuadran I dicirikan dengan parameter fosfat, nitrat, suhu dan kekeruhan. Stasiun B5, C3, C6, D4, D5 pada kuadran II dicirikan dengan parameter TSS. Stasiun A2, A3, B3, B6, B7 pada kuadran IV dicirikan dengan parameter DO dan pH.



Gambar 8 Biplot PCA parameter fisika, kimia, dan stasiun

4. Hasil Pembahasan

Teluk Jakarta merupakan muara untuk sungai-sungai yang berada di wilayah Jabodetabek. Terdapat beragam aktivitas manusia yang melibatkan sungai maupun teluk secara langsung sehingga dapat memengaruhi kualitas perairan Teluk Jakarta. Menurut Badan Pusat Statistik (2021), kepadatan penduduk yang tinggal di Jakarta mencapai 15.978 jiwa/km². Padatnya jumlah penduduk seringkali diikuti dengan banyaknya limbah yang dihasilkan. Sekitar 60-80% limbah-limbah cair yang tidak melalui proses pengolahan mengalir ke sungai melalui drainase bermuara ke Teluk Jakarta (Damar *et al.* 2012). Hal ini menyebabkan akumulasi bahan organik yang semakin meningkat dalam air. Secara fisik limbah-limbah tersebut berpengaruh terhadap kekeruhan air dan menimbulkan bau tidak sedap serta banyaknya sampah di beberapa wilayah. Teluk Jakarta mendapat beban masukan nutrien yang termasuk tinggi. Total nitrogen yang masuk berkisar 40 hingga 174 ton/hari dan fosfat berkisar antara 14 hingga 60 ton/hari (Van der Wulp *et al.* 2016).

Konsentrasi fosfat sejak tahun 2012-2019 berkisar 0,0076-0,0394 mg/L. Fluktuasi tertinggi terdapat pada tahun 2018, sedangkan tahun dengan konsentrasi terendah terdapat pada tahun 2015. Limbah industri turut menyumbang masukan fosfat dan nitrat. Tercatat pada tahun 2012 terdapat 1.410 industri dan meningkat menjadi 1.792 industri besar dan sedang pada tahun 2019 (BPS DKI Jakarta 2019). Sedangkan secara spasial hasil uji anova menunjukkan nilai *p-value* >0,05 yang berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar stasiun pengamatan. Namun, terlihat pada peta sebaran fosfat dari tahun 2012 hingga 2019 (Gambar 4) sebaran fosfat tinggi di pinggir pantai lalu semakin menjauh dari pinggir pantai konsentrasi semakin rendah. Pola yang serupa juga ditemukan pada penelitian Ayuningsih *et al.* (2014) di Teluk Sekumbu, pola fosfat tinggi di muara sungai dan semakin ke arah laut cenderung menurun. Hal tersebut terjadi karena berkurangnya masukan nutrien akibat pengaruh jarak stasiun dari pantai, arus yang dinamis, suhu, salinitas, kedalaman perairan, kecepatan arus laut, curah hujan dan angin musim (Sari *et al.* 2022). Angin musim timur terjadi pada bulan Juli-Oktober dimana waktu tersebut pergerakan massa air minim dikarenakan angin musim timur yang bergerak dengan tenang (Damar *et al.* 2021). Umumnya perairan yang mengandung fosfat antara 0,011-0,03 mg/L termasuk perairan yang mesotrofik (Effendi 2003).

Konsentrasi nitrat yang diperoleh berkisar 0,0126-0,0680 mg/L sejak tahun 2012 hingga 2019. Konsentrasi terendah 0,0126 mg/L pada tahun 2015 dan konsentrasi tertinggi 0,0680 mg/L tahun 2019. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi nitrat antar tahun. Hasil yang serupa juga disajikan pada penelitian Sidabutar *et al.* (2020) di Teluk Jakarta bahwa terdapat peningkatan nitrat dari tahun 2008 hingga 2015. Berdasarkan uji anova (*p*<0,05) menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan antar waktu pengamatan. Menurut Damar *et al.* (2012), Teluk Jakarta mendapat masukan nitrogen terlarut dan fosfat tahunan tertinggi, dibandingkan Teluk Lampung dan Semangka. Perairan dengan konsentrasi nitrat 0-1 mg/L termasuk oligotrofik (Effendi 2003). Berdasarkan PPRI Nomor 22 Tahun 2021, konsentrasi nitrat di Teluk Jakarta sudah melebihi baku mutu (0,06 mg/L). Nitrat yang berlebih di perairan dapat menyebabkan oksigen berkurang sehingga mengakibatkan populasi ikan menurun, bau busuk, dan rasa air yang tidak enak (Afidin dan Kholidah 2021).

Uji anova (Lampiran 1) menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan antar waktu pengamatan (tahun) untuk konsentrasi fosfat dan nitrat (*p*<0,05). Secara temporal terdapat peningkatan nitrat yang signifikan dengan nilai terendah tahun 2012 dan nilai tertinggi tahun 2019. Menurut Suteja (2016), total cemaran berupa ammonia dan nitrat berasal dari bidang batas, terbawa air hujan, dan masukan air sungai. Selain itu, menurut Damar *et al.* (2012) dan Van der Wulp *et al.* (2016) juga menekankan bahwa sungai menjadi salah satu faktor yang memengaruhi kadar nutrien di Teluk Jakarta. Konsentrasi fosfat berbeda signifikan antar tahun dengan tahun terendah tahun 2012 dan tertinggi tahun 2018. Walaupun secara statistik tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar stasiun baik konsentrasi fosfat maupun nitrat (*p*>0,05), secara visual konsentrasi fosfat (Gambar 6) dan nitrat (Gambar 4) tinggi di sekitar muara. Hasil yang serupa juga didapatkan pada penelitian Damar *et al.* (2020) menunjukkan perbedaan gradien yang curam di daerah muara sungai yang diindikasikan tingginya masukan nutrien dari sungai. Pengaruh nutrien sungai melemah menuju daerah luar teluk akibat pencampuran dengan air dari Laut Jawa.

Biplot *Principal Component Analysis* (PCA) menunjukkan nitrat, fosfat, suhu, DO, pH, kekeruhan, dan TSS saling berhubungan (Gambar 8). Nilai persen varian kumulatif yang dihasilkan sebesar 31,98% dari F1 dan 22,82 % dari F2 sehingga persen varian kumulatif total sebesar 54,80%. Hal ini berarti biplot masih kurang dapat menjelaskan kondisi yang sebenarnya terjadi berdasarkan data yang diperoleh. Menurut Mattjik dan Sumertajaya (2011), biplot

dianggap mampu memberikan informasi setidaknya dengan nilai variansi sebesar 70%. PCA bertujuan untuk mengetahui parameter yang membedakan atau menjadi ciri dari setiap perlakuan (stasiun) (Sianipar *et al.* 2016).

Biplot PCA menunjukkan hubungan antara parameter kualitas air dan stasiun. Stasiun A4, A5, A6, B4, C4, C5, D3 pada kuadran III tidak terdapat parameter penciri yang dominan. Diduga parameter penciri dari stasiun-stasiun tersebut bukan parameter yang diteliti (fosfat, nitrat, DO, suhu, pH, kekeruhan, dan TSS), tetapi parameter yang lain. Stasiun A1, A7, B1, B2, C2, D6 pada kuadran I dicirikan dengan parameter fosfat, nitrat, suhu dan kekeruhan. Stasiun B5, C3, C6, D4, D5 pada kuadran II dicirikan dengan parameter TSS. Stasiun A2, A3, B3, B6, B7 pada kuadran IV dicirikan dengan parameter DO dan pH. Semakin tinggi DO disebabkan semakin sedikitnya pemanfaatan DO untuk dekomposisi bahan organik (Patty dan Akbar 2019). Derajat keasaman (pH) di beberapa sungai dan laut sekitar Teluk Jakarta, umumnya rendah di badan sungai dan semakin tinggi ke arah laut (Susana 2009).

Daerah muara dan pinggir perairan Teluk Jakarta menurut Damar *et al.* (2020), telah berada dalam status hipereutrofik, bagian tengah eutrofik, dan mesotrofik di mulut teluk. Masukan limbah organik yang tinggi menyebabkan konsentrasi nutrien tinggi di wilayah muara dan dekat pantai. Upaya yang dapat disarankan untuk kondisi tersebut di antaranya mengelola limbah pemukiman dan industri menggunakan instalasi pengelolaan air limbah (IPAL) sebelum limbah-limbah tersebut masuk ke Teluk Jakarta. Selain itu, perlu adanya kerjasama antar pemangku kepentingan bersama dengan masyarakat daerah Jabodetabek untuk mengendalikan masukan bahan organik ke Teluk Jakarta.

4. KESIMPULAN

Status kesuburan perairan berdasarkan nutrien fosfat tergolong mesotrofik dengan pola sebaran spasial lebih tinggi di sekitar pantai dan semakin rendah seiring mendekati mulut teluk. Sementara berdasarkan nutrien nitrat tergolong oligotrofik dengan sebaran yang cenderung tinggi di pinggir pantai dan rendah di dekat mulut teluk. Secara temporal, konsentrasi fosfat dan nitrat terdapat perbedaan yang signifikan cenderung meningkat dari tahun ke tahun.

Perlunya penelitian atau pemantauan klorofil-a untuk lebih memberikan gambaran mengenai kesuburan perairan. Selain itu, tingginya masukan fosfat dari daratan memerlukan upaya pengolahan limbah sebelum masuk ke Teluk Jakarta. Peran pemangku kepentingan dan masyarakat juga diperlukan dalam menjaga kelestarian ekosistem Teluk Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2021. Kepadatan Penduduk menurut Provinsi (jiwa/km²), 2019-2021. Jakarta (ID) : Badan Pusat Statistik.
- [BPS] Badan Pusat Statistika DKI Jakarta. 2019. *Statistik Industri Manufaktur DKI Jakarta 2019*. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Kualitas air laut – Bagian 8 : Metode pengambilan contoh uji air laut*. Jakarta (ID): Badan Standarisasi Nasional.
- [PRI] Pemerintah Republik Indonesia. 2021. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta (ID): Sekretariat Negara.
- Afidin IMZ, Kholidah. 2021. Analisis kandungan nitrat dan nitrit serta total bakteri *coliform* pada air sungai di PT.Sucofindo Semarang. *Inov Tek Kim*. 6(1):23–27.
- Ashari BH, Wibawa BM, Persada SF. 2017. Analisis deskriptif dan tabulasi silang pada universitas di Kota Surabaya. *J Sains dan Seni ITS*. 6(1):17–21.
- Ayuningsih MS, Hendarto IB, Purnomo PW. 2014. Distribusi kelimpahan fitoplankton dan klorofil-a di Teluk Sekumbu Kabupaten Jepara: hubungannya dengan kandungan nitrat dan fosfat di perairan. *Maquares*. 3(2):138–147.
- Cosme N, Koski M, Hauschild MZ. 2015. Exposure factors for marine eutrophication impacts assessment based on a mechanistic biological model. *Ecol Modell*. 317(2015):50–63.
- Damar A, Colijn F, Hesse KJ, Adrianto L, Yonvitner, Fahrudin A, Kurniawan F, Prismayanti AD, Rahayu SM, Rudianto BY, *et al.* 2020. Phytoplankton biomass dynamics in tropical coastal waters of Jakarta Bay, Indonesia in the period between 2001 and 2019. *J Mar Sci Eng*. 8(9):1–17.
- Damar A, Colijn F, Hesse KJ, Wardiatno Y. 2012. The eutrophication states of Jakarta, Lampung and Semangka Bays: Nutrient and phytoplankton dynamics in Indonesian

- tropical waters. *J Trop Biol Conserv.* 9(1):61–81.
- Damar A, Hesse KJ, Colijn F, Vitner Y. 2019. The eutrophication states of the Indonesian sea large marine ecosystem : Jakarta Bay 2001-2013. *J Deep Res Part II.* 163(2019):72–86.
- Damar A, Prismayanti AD, Rudianto BY, Ramli A, Kurniawan F. 2021. Algae bloom phenomenon in Jakarta Bay as symptoms of severe eutrophication: Monitoring results of 2014-2016. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci.* 744(2021):1–10.
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Lingkungan Perairan.* Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Isnaeni, Nurannisa, Pujiono PW. 2015. Kesuburan perairan berdasarkan nitrat, fosfat, dan klorofil-a di perairan ekosistem terumbu karang Pulau Karimun Jawa. *Manag Aquat Resour J.* 4(2):75–81.
- Koropitan AF, Ikeda M, Damar A, Yamanaka Y. 2009. Influences of physical processes on the ecosystem of Jakarta Bay: A coupled physical-ecosystem model experiment. *ICES J Mar Sci.* 66(2):336–348.
- Makmur M, Kusnopranto H, Moersidik SS, Wisnubroto DS. 2012. Pengaruh limbah organik dan rasio N/P terhadap kelimpahan fitoplankton di kawasan budidaya kerang hijau Cilincing. *J Teknol Pengelolaan Limbah.* 15(2):51–64.
- Mattjik AA, Sumertajaya IM. 2011. *Sidik peubah ganda dengan menggunakan SAS.* Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Patty SI, Akbar N. 2019. Sebaran horizontal fosfat, nitrat dan oksigen terlarut di Perairan Pantai Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara. *J Ilmu Kelaut Kepul.* 2(1):13–21.
- Prismayanti AD. 2017. Estimasi beban nutrien di sungai-sungai yang bermuara di Teluk Jakarta [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sari RS, Wulandari SY, Maslukah L, Kunarso, Wirasatriya A. 2022. Konsentrasi ion fosfat di Perairan Wiso, Ujungbatu, Jepara. *Indones J Oceanogr.* 4(1):88–95.
- Sianipar I, Restuhadi F, Zalfiatri Y. 2016. Analisis tingkat kesukaan konsumen terhadap es krim probiotik dengan penambahan *Lactobacillus acidophilus* terenkapsulasi. *JOM FAPERTA.* 3(2):1–13.
- Sidabutar T, Srimariana ES, Wouthuyzen S. 2020. The potential role of eutrophication, tidal and climatic on the rise of algal bloom phenomenon in Jakarta Bay. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci.* 429(1):1–13.
- Susana T. 2009. Tingkat keasaman (pH) dan oksigen terlarut sebagai indikator kualitas perairan di sekitar muara Sungai Cisadane. *J Teknol Lingkung Univ Trisakti.* 5(2):33–39.
- Suteja Y. 2016. Beban pencemar dan kapasitas asimilasi amonium dan nitrat saat puncak musim barat di Teluk Jakarta. *J Mar Aquat Sci.* 2(1):16–22.
- Van der Wulp SA, Damar A, Ladwig N, Hesse KJ. 2016. Numerical simulations of river discharges, nutrient flux and nutrient dispersal in Jakarta Bay, Indonesia. *Mar Pollut Bull.* 110(2):675–685.
- Yogaswara D. 2020. Distribusi dan siklus nutrien di perairan estuari serta pengendaliannya. *Oseana.* 45(1):28–39.