

Pengaruh Siklus Pasang Surut dan Perbedaan Musim Terhadap Konsentrasi Nitrat (NO_3) dan Fosfat (PO_4) di Perairan Tegal Timur, Kota Tegal

Alfiatun Hasanah^{1*}, Muhammad Zainuri², Bambang Yulianto¹

¹Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

²Departemen Oseanografi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Jacub Rais, Tembalang, Semarang, 50275 Indonesia

Email: alfiatun.khasanah@gmail.com

Abstrak

Kawasan pesisir Tegal Timur memiliki peran krusial dalam ekologi pesisir dengan kompleksitasnya serta beragam aktivitas manusia yang menghasilkan limbah dan meningkatkan bahan organik. Di wilayah muara dan pesisir, siklus pasang surut dan variabilitas musim memengaruhi konsentrasi nitrat dan fosfat, yang berasal dari dekomposisi bahan organik serta aktivitas antropogenik. Penelitian ini bertujuan menganalisis dampak siklus pasang surut dan perbedaan musim terhadap konsentrasi nitrat dan fosfat di perairan Tegal Timur. Penelitian dilakukan di pesisir Kecamatan Tegal Timur, Kota Tegal, Jawa Tengah, dengan pengambilan sampel air di 7 titik (3 titik di muara dan 4 titik di laut). Data primer berupa konsentrasi nitrat dan fosfat, sedangkan data sekunder berasal dari pasang surut BIG (Badan Informasi Geospasial). Pengambilan sampel dilakukan pada Maret dan Agustus saat pasang tertinggi dan surut terendah. Hasil studi menunjukkan bahwa pada bulan Maret, konsentrasi nitrat tertinggi ditemukan saat pasang tertinggi, sedangkan pada bulan Agustus saat surut terendah. Pola berlawanan terjadi pada fosfat, dengan konsentrasi lebih tinggi saat surut pada bulan Maret dan lebih tinggi saat pasang tertinggi pada bulan Agustus. Musim penghujan menunjukkan konsentrasi nitrat dan fosfat lebih tinggi dibanding musim kemarau. Studi ini mengonfirmasi bahwa siklus pasang surut dan perbedaan musim memengaruhi distribusi nitrat dan fosfat di perairan Tegal Timur.

Kata Kunci: Pesisir Tegal Timur, Nitrat, Fosfat, Pasang Surut, Variabilitas Musim

Abstract

Effect of Tidal Cycles and Seasonal Variability on Nitrate (NO_3) and Phosphate (PO_4) Concentrations in the waters of Tegal Timur, Tegal City

The coastal area of East Tegal plays a crucial role in coastal ecology due to its complexity and diverse human activities, which contribute to waste generation and increased organic matter input. In estuarine and coastal regions, tidal cycles and seasonal variability influence nitrate and phosphate concentrations, which originate from the decomposition of organic matter and anthropogenic activities. This study aims to analyze the impact of tidal cycles and seasonal differences on nitrate and phosphate concentrations in the waters of East Tegal. The study was conducted in the coastal area of East Tegal District, Tegal City, Central Java, with water sampling at 7 locations (3 in the estuary and 4 offshore). Primary data consist of nitrate and phosphate concentrations, while secondary data on tidal patterns were obtained from the Geospatial Information Agency (BIG). Sampling was carried out in March and August during the highest high tide and the lowest low tide conditions. The results indicate that in March, the highest nitrate concentration was observed during the highest high tide, whereas in August, it was found during the lowest low tide. An inverse pattern was observed for phosphate, with higher concentrations during low tide in March and during the highest high tide in August. The rainy season exhibited higher nitrate and phosphate concentrations compared to the dry season. This study confirms that tidal cycles and seasonal variations significantly influence the spatial distribution of nitrate and phosphate in the waters of East Tegal.

Keywords: Coastal Area of Tegal Timur, Nitrate, Phosphate, Tidal, Seasonal Variability

PENDAHULUAN

Kawasan perairan Tegal Timur memainkan peran krusial sebagai muara bagi tiga sungai utama di Kota Tegal. Sungai Kalibacin di sebelah barat Kecamatan Tegal Timur, Sungai Gung yang melintasi kawasan tersebut, dan Sungai Ketiwon yang menjadi perbatasan sebelah timur antara Kota Tegal dan Kabupaten Tegal, semuanya merupakan jalur vital yang mempengaruhi ekologi perairan di daerah ini (Qualifa *et al.*, 2016; Febriani *et al.*, 2019). Aktivitas manusia yang beragam, termasuk industri, pertanian, budidaya perikanan, pemukiman, niaga, dan peternakan, menambah kompleksitas ekosistem pesisir Tegal Timur (Suyono, 2009). Limbah dari berbagai sumber ini membawa kontribusi signifikan terhadap peningkatan konsentrasi bahan organik dalam perairan, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi kualitas air dan kesehatan ekosistem perairan pesisir (Suyono, 2009; Qualifa *et al.*, 2016; Febriani *et al.*, 2019).

Studi oleh Muchtar *et al.* (2021) menunjukkan bahwa pencemaran lingkungan perairan, yang disebabkan oleh berbagai aktivitas manusia seperti pemukiman, kegiatan pelabuhan, pariwisata, dan pengelolaan limbah budidaya yang tidak memadai, telah menyebabkan penurunan produksi udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) di kawasan budidaya Kota Tegal. Faktor utama dalam peningkatan konsentrasi bahan organik adalah limbah dari kegiatan pemeliharaan biota perikanan, yang terdiri dari sisa pakan yang tidak terkonsumsi dan sisa metabolisme ikan berupa feses dan urin (Febrianto *et al.*, 2016). Proses demineralisasi oleh bakteri pengurai juga dapat menjadi penyebab bertambahnya konsentrasi bahan organik total dalam perairan (Kristiawan *et al.*, 2014).

Pola sebaran konsentrasi nitrat dan fosfat yang berasal dari dekomposisi bahan organik serta aktivitas antropogenik, di wilayah muara dan pesisir dipengaruhi oleh variabilitas musim (Misbach *et al.*, 2021) dan dinamika pesisir seperti siklus pasang surut air laut (Wang *et al.*, 2020; Utami, 2016; Maslukah *et al.*, 2014; Sukarno, 2013). Studi oleh Misbach *et al.* (2021), mengkaji konsentrasi nitrat, fosfat dan fitoplankton kaitannya dengan perbedaan musim. Studi tersebut menunjukkan perbedaan musim menghasilkan perbedaan konsentrasi nitrat dan fosfat yang signifikan.

Studi oleh Utami (2016), mengenai “Sebaran Nitrat (NO₃) dan Fosfat (PO₃) di Perairan Karangsong Kabupaten Indramayu”

menunjukkan sebaran konsentrasi nitrat dan fosfat mengikuti pola arah arus yang dibangkitkan oleh gaya pasang surut. Studi tersebut menunjukkan adanya perbedaan konsentrasi nitrat dan fosfat yang dipengaruhi oleh perubahan pola arus kaitannya dengan pola pasang surut. Pengaruh pasang surut terhadap konsentrasi nitrat juga ditunjukkan pada studi yang dilakukan oleh Sukarno (2013). Studi tersebut menunjukkan kecenderungan akumulasi konsentrasi parameter fisika-kimia di wilayah muara dan pesisir yang dipengaruhi oleh pola pasang surut.

Pasang surut air laut, sebagai salah satu faktor oseanografi yang mempengaruhi perairan, berdasarkan penelitian – penelitian sebelumnya telah membuktikan pasang surut berkontribusi pada variabilitas konsentrasi faktor fisika-kimia perairan. Saat pasang surut, terutama saat surut, konsentrasi bahan organik cenderung lebih tinggi karena penambahan limbah dari daratan ke perairan, yang mengakibatkan peningkatan konsentrasi bahan organik di wilayah tersebut (Sembel dan Manan, 2018).

Berdasarkan peran penting dari faktor-faktor ini, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak siklus pasang surut serta perbedaan musim (musim penghujan dan musim kemarau) terhadap konsentrasi nitrat dan fosfat di perairan Tegal Timur. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang variabilitas ini, diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam dalam upaya pelestarian dan pengelolaan ekosistem perairan pesisir yang rentan.

MATERI DAN METODE

Tahap pengumpulan data hingga analisis data penelitian dilakukan dengan menggunakan pendekatan metode kuantitatif. Analisis pemecahan masalah atau fenomena dilakukan melalui pengumpulan data dalam bentuk angka (*numeric*) dan analisis dengan pendekatan metode matematika. Penelitian ini menggunakan data kuantitatif yang meliputi pengambilan sampel (*sampling*) *in situ* di lokasi penelitian, analisis laboratorium terhadap sampel, dan hasil korelasi pengaruh siklus pasang surut dan perbedaan musim terhadap konsentrasi nitrat dan fosfat.

Data primer sebagai data utama hasil analisis laboratorium terhadap sampel air berupa data konsentrasi nitrat dan fosfat. Data sekunder sebagai data penunjang penelitian adalah data pasang surut yang diperoleh dari BIG (Badan Informasi Geospasial).

Lokasi penelitian dilakukan di wilayah pesisir Kecamatan Tegal Timur, Kota Tegal, Jawa Tengah (koordinat: $109^{\circ} 8'13.36''$ BT hingga $109^{\circ} 9'44.66''$ BT dan $6^{\circ} 50'17.00''$ LS hingga $6^{\circ} 50'49.02''$ LS). Titik–titik pengambilan sampel air laut sejumlah 7 titik dengan 3 titik berada di masing–masing muara Sungai dan 4 titik lainnya tersebar di area laut (Gambar 1).

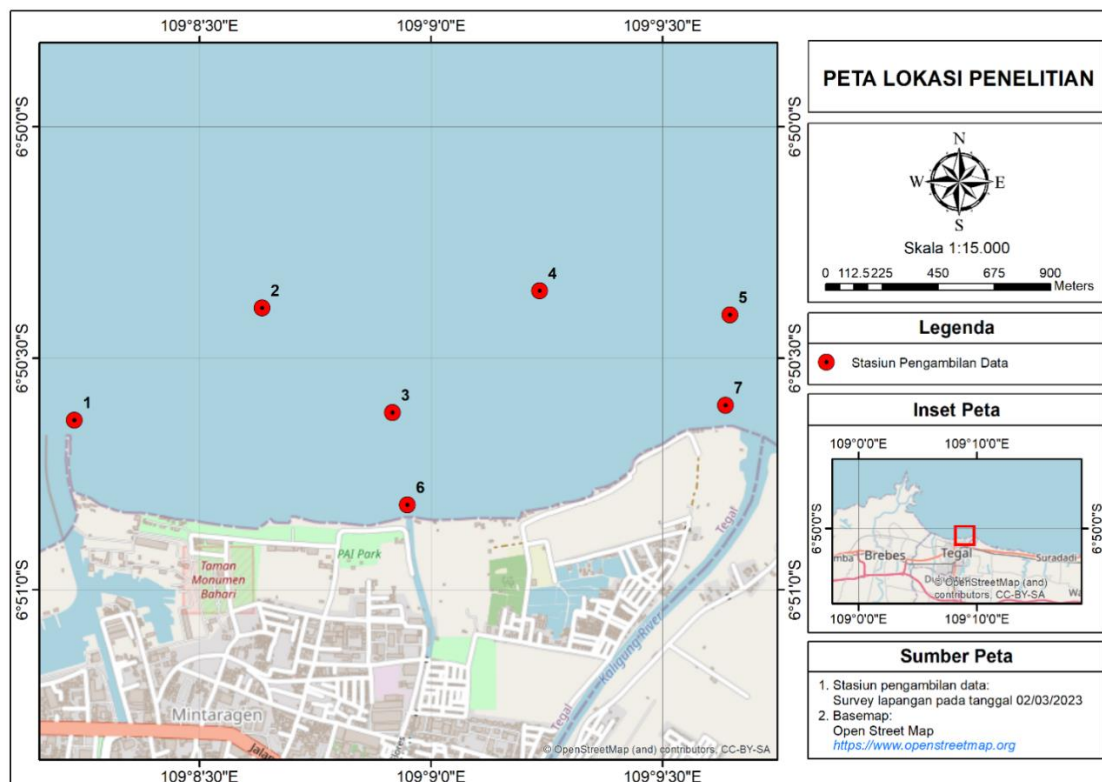
Metode pengambilan sampel air laut merupakan aspek kunci dalam penelitian ilmiah untuk memastikan representativitas dan validitas data yang akan dianalisis di laboratorium. Dalam konteks ini, metode purposive sampling digunakan, yang memungkinkan peneliti untuk memilih sampel berdasarkan ciri dan kondisi yang khusus sesuai dengan tujuan penelitian (Hidayat, 2017). Penggunaan metode ini penting untuk memperoleh informasi yang relevan dan mewakili kondisi sebenarnya dari lingkungan air laut yang diteliti.

Pengambilan sampel air laut dilakukan pada bulan Maret dan Agustus, masing-masing mewakili musim penghujan dan musim kemarau, guna mencakup variasi musiman yang signifikan. Pengambilan sampel dilakukan secara berkala pada saat kondisi pasang tertinggi dan surut terendah

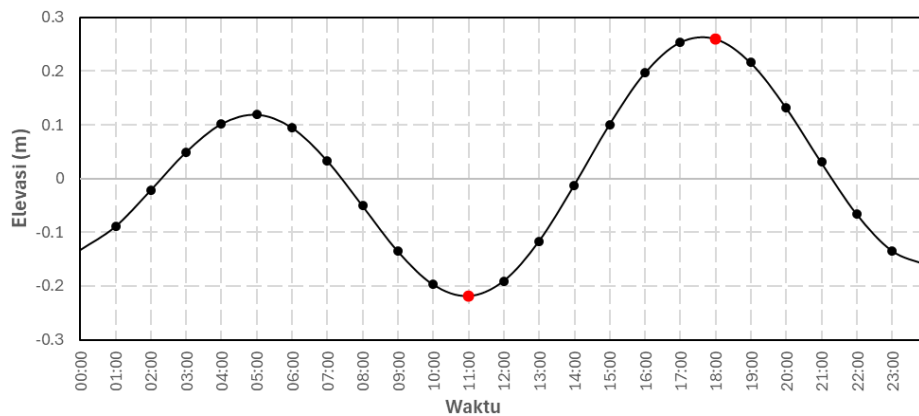
untuk memperoleh gambaran yang holistik tentang kualitas air laut di lokasi penelitian.

Alat yang digunakan untuk pengambilan sampel air laut adalah botol Nansen, yang telah terbukti efektif dalam mempertahankan integritas sampel dan mencegah kontaminasi selama proses pengambilan (Fonseca *et al.*, 2019). Sampel air laut kemudian disimpan dalam *cool box* yang dipertahankan pada suhu 2°C - 4°C selama proses transportasi ke laboratorium. Pemeliharaan suhu yang konstan ini sangat penting untuk mencegah perubahan kimiawi yang tidak diinginkan dalam sampel, sehingga memastikan akurasi analisis yang dilakukan di laboratorium.

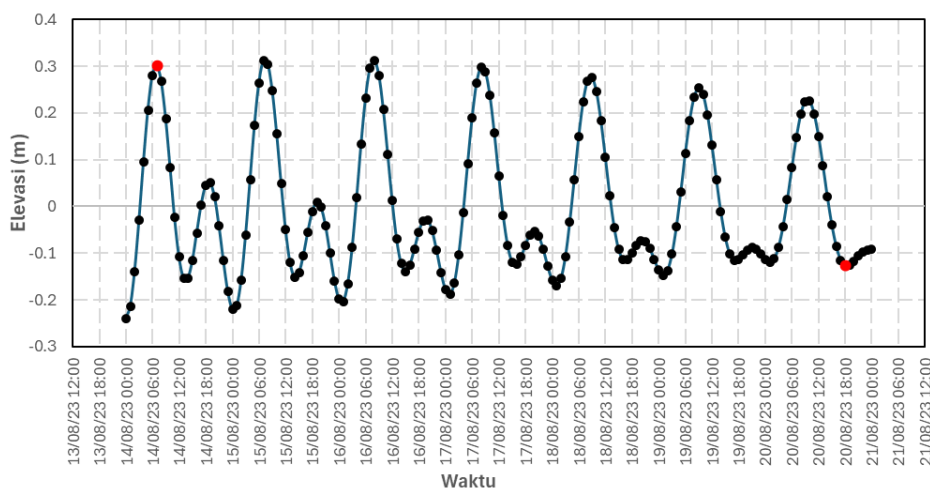
Data pasang surut didapatkan melalui portal unduh data prediksi pasang surut di Sistem Referensi Geodesi Indonesia (SRGI) milik Badan Informasi Geospasial (BIG). Data pasang surut digunakan sebagai acuan waktu pengambilan sampel air laut. Grafik pasang surut pada bulan Maret ditampilkan pada Gambar 2 dan pada bulan Agustus ditampilkan pada Gambar 3. Titik merah pada gambar menunjukkan waktu pengambilan sampel. Berdasarkan data pasang surut SRGI, kondisi surut terendah saat pengambilan sampel pada tanggal 02 Maret 2023 (pengambilan data



Gambar 1. Lokasi penelitian dan titik – titik pengambilan sampel.



Gambar 2. Elevasi muka air laut pada 02 Maret 2023



Gambar 3. Elevasi muka air laut 14 – 20 Agustus 2023

untuk mewakili musim penghujan) yaitu pukul 11:00, dengan ketinggian muka air 20 cm di bawah muka air laut rata-rata. Sedangkan kondisi pasang tertinggi yaitu pukul 18:00, dengan ketinggian muka air 25 cm di atas muka air laut rata-rata. Pengambilan sampel untuk musim kemarau dilakukan pada tanggal 14 Agustus 2023, kondisi pasang terjadi pukul 07:00 dengan ketinggian muka air 30 cm di atas muka air laut rata-rata, dan pengambilan sampel tanggal 20 Agustus 2023 saat kondisi surut pada pukul 21:00 dengan ketinggian air 12 cm di bawah muka air laut rata-rata.

Analisis konsentrasi nitrat dilakukan mengikuti prosedur sesuai dengan dokumen SNI 6989-79-2011 yang mencakup cara uji nitrat dengan spektrofotometer UV-visibel secara reduksi cadmium. Perhitungan konsentrasi nitrat dilakukan berdasarkan persamaan linier kurva kalibrasi larutan baku berdasarkan koefisien kurva kalibrasi

dengan Abs 543 (Standar Nasional Indonesia, 2011).

Analisis konsentrasi fosfat dilakukan dengan metode asam askorbat yang telah diakui secara internasional (Ferro *et al.*, 2019). Proses analisis mengacu pada standar yang dijabarkan dalam dokumen SNI 06-6989.31-2005. Pada tahap ini, spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengukur konsentrasi fosfat dalam sampel air laut, dengan menggunakan panjang gelombang 880 nm (Standar Nasional Indonesia, 2005).

HASIL DAN PEMBAHASAN

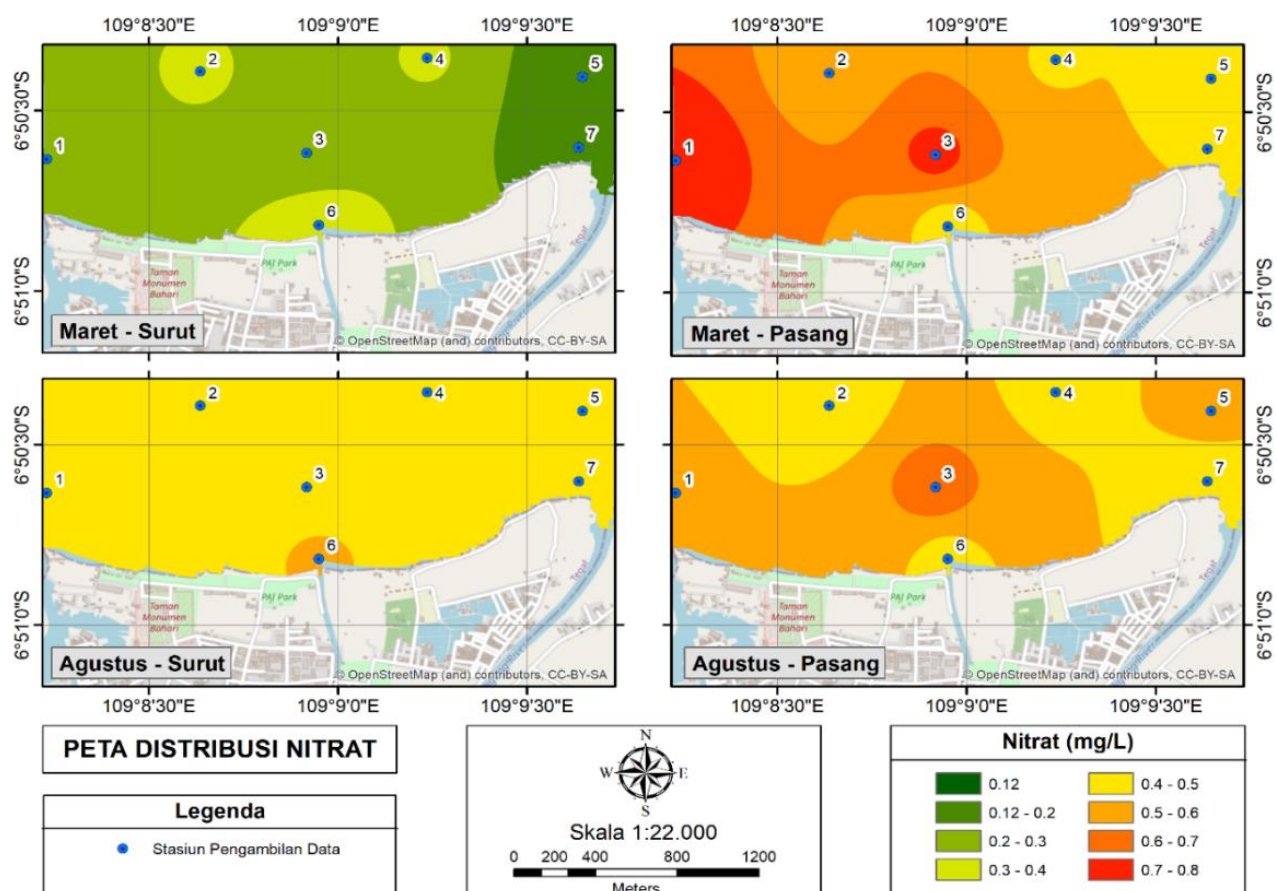
Hasil analisis laboratorium terhadap konsentrasi nitrat saat kondisi pasang dan surut pada bulan Maret dan Agustus tersaji di Tabel 1. Berdasarkan hasil, konsentrasi nitrat pada bulan Maret, saat kondisi surut terendah memiliki nilai nitrat bervariasi antara 0,14 mg/L hingga 0,38

mg/L, sedangkan saat kondisi pasang tertinggi nilai nitrat bervariasi antara 0,50 mg/L hingga 0,81 mg/L. Titik 1 (alur masuk Pelabuhan Tegal/muara Sungai Kalibacin) di bulan Maret pada kondisi pasang tertinggi memiliki konsentrasi nilai nitrat tertinggi. Konsentrasi nitrat pada bulan Maret cenderung lebih tinggi pada pasang tertinggi daripada pada surut terendah. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya aliran air laut yang lebih besar pada saat pasang, yang membawa lebih banyak nutrisi dari lautan ke wilayah muara dan pesisir. Smith *et al.* (2018), menyatakan bahwa pasang surut memiliki peran penting dalam mempengaruhi distribusi nutrisi di ekosistem pesisir, dengan adanya peningkatan aliran air laut selama pasang yang membawa nutrisi ke wilayah pesisir. Hasil penelitian Misbach *et al.* (2021) arus yang dibangkitkan oleh gaya pasang surut di pesisir dapat menyebabkan sedimen dasar mengalami proses resuspensi dan menambah konsentrasi nutrisi ke kolom air.

Konsentrasi nitrat pada bulan Agustus, pada saat kondisi surut terendah bervariasi antara 0,40

mg/L hingga 0,52 mg/L, sedangkan saat kondisi pasang tertinggi nilai nitrat bervariasi antara 0,43 mg/L hingga 0,67 mg/L. Titik 3 (muara Sungai Ketiwon) di bulan Agustus pada kondisi pasang memiliki konsentrasi nitrat tertinggi. Hasil tersebut menunjukkan hal yang sama pada bulan Maret, di mana saat kondisi pasang konsentrasi nitrat mengalami kenaikan. Wang (2020), dalam studinya menyatakan air pasang dapat meningkatkan resuspensi sedimen dan partikel tersuspensi. Studi oleh Mustiawan (2014), menunjukkan konsentrasi nitrat tinggi saat kondisi pasang. Kecenderungan konsentrasi nitrat lebih tinggi saat kondisi pasang dikarenakan saat kondisi pasang arus laut dapat membentuk pola konvergen sehingga dapat mengakumulasi nitrat yang akhirnya membuat konsentrasi nitrat lebih tinggi.

Perbedaan musim terlihat mempengaruhi sebaran nitrat. Pada bulan Maret, konsentrasi nitrat cenderung lebih rendah di wilayah muara dibandingkan dengan pesisir, hal ini dapat disebabkan oleh aliran air tawar yang lebih besar dari sungai dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi



Gambar 4. Peta distribusi konsentrasi nitrat.

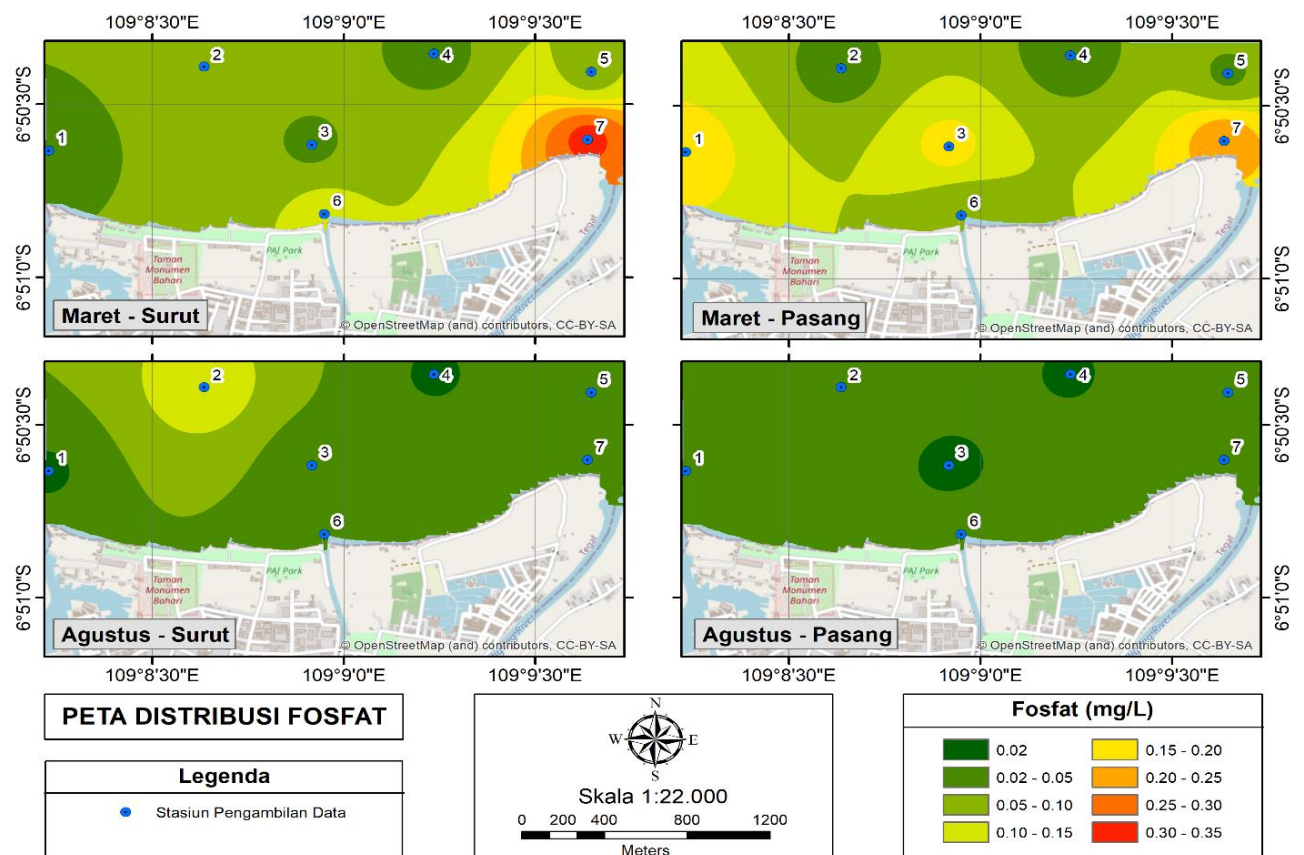
Tabel 1. Konsentrasi Nitrat bulan Maret dan Agustus

Titik Sampling	Nitrat (mg/L)			
	Maret		Agustus	
	Surut	Pasang	Surut	Pasang
1	0,25	0,81	0.40	0,52
2	0,31	0,54	0.41	0,43
3	0,20	0,74	0.44	0,67
4	0,31	0,49	0.40	0,47
5	0,12	0,45	0.43	0,53
6	0,38	0,45	0.52	0,47
7	0,14	0,5	0.47	0,45
Rerata	0,24	0,57	0,44	0,51

proses biogeokimia di muara. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Johnson *et al.* (2016), yang menemukan bahwa musim hujan dapat menyebabkan peningkatan aliran air tawar ke wilayah muara, yang kemudian mengurangi konsentrasi nitrat di wilayah tersebut.

Pada bulan Agustus, menunjukkan adanya perubahan dalam dinamika nutrien yang dapat

disebabkan oleh berkurangnya debit air tawar di Sungai sehingga kurang berpengaruh pada konsentrasi nutrient di wilayah muara dan pesisir. Hasil analisis laboratorium terhadap konsentrasi fosfat saat kondisi pasang dan surut serta pada bulan Maret dan Agustus tersaji di Tabel 2. Berdasarkan hasil, konsentrasi nilai fosfat pada bulan Maret, saat kondisi surut terendah nilai fosfat bervariasi antara 0,03 mg/L hingga 0,32 mg/L, sedangkan saat kondisi pasang tertinggi nilai fosfat bervariasi antara 0,02 mg/L hingga 0,24 mg/L. Titik 7 (muara Sungai Ketiwon) pada bulan Maret saat kondisi surut terendah memiliki konsentrasi fosfat tertinggi. Seperti yang terlihat pada bulan Maret, konsentrasi fosfat di beberapa titik terlihat lebih tinggi saat kondisi surut. Perbedaan ini dapat dijelaskan dengan mekanisme dinamika lingkungan di wilayah muara dan pesisir yang kompleks. Saat kondisi pasang, aliran air laut cenderung lebih kuat dan lebih banyak nutrien terlarut, termasuk fosfat, dapat dibawa masuk ke dalam wilayah muara dan pesisir dari lautan. Namun, ketika air laut surut, terjadi aliran balik ke laut, dan air tawar dari sungai atau saluran muara

**Gambar 5.** Peta distribusi konsentrasi fosfat

Tabel 2. Konsentrasi Fosfat bulan Maret dan Agustus.

Titik Sampling	Fosfat (mg/L)			
	Maret		Agustus	
	Surut	Pasang	Surut	Pasang
1	0,03	0,17	0,04	0,02
2	0,07	0,03	0,04	0,14
3	0,04	0,17	0,02	0,03
4	0,03	0,02	0,02	0,02
5	0,07	0,04	0,03	0,03
6	0,12	0,05	0,02	0,03
7	0,32	0,24	0,04	0,02
Rerata	0,10	0,10	0,03	0,04

dapat mengalir ke laut. Ini dapat mengakibatkan pelepasan fosfat dari sedimen atau substrat di wilayah muara ke dalam kolom air laut (Wang, 2020). Pelepasan fosfat yang lebih tinggi saat surut mengindikasikan nutrisi terbawa oleh arus yang bergerak dari muara ke arah laut saat kondisi surut (Rudolf, 2014). Studi oleh Li *et al.* (2019), di mana mereka menyelidiki dinamika fosfat di ekosistem muara. Penelitian tersebut menyatakan bahwa saat kondisi surut, terjadi peningkatan pelepasan fosfat dari sedimen di wilayah muara ke dalam air laut, yang menyebabkan konsentrasi fosfat yang lebih tinggi daripada saat kondisi pasang. Studi lain oleh Rudolf (2014), dalam studi ini menunjukkan nilai konsentrasi nutrisi lebih tinggi saat kondisi surut.

Konsentrasi fosfat pada bulan Agustus (Tabel 2), pada saat kondisi surut terendah nilai fosfat bervariasi antara 0,02 mg/L hingga 0,04 mg/L, sedangkan saat kondisi pasang tertinggi nilai nitrat bervariasi antara 0,02 mg/L hingga 0,14 mg/L. Titik 2 (wilayah laut antara muara Sungai Gung dengan Sungai Kalibacin) di bulan Agustus pada kondisi pasang tertinggi memiliki konsentrasi fosfat tertinggi. Konsentrasi fosfat rata-rata pada bulan Agustus saat kondisi surut adalah sebesar 0,03 mg/L, sementara pada periode pasang, konsentrasi fosfat rata-rata mencapai 0,04 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun terjadi sedikit peningkatan konsentrasi fosfat pada periode pasang, perbedaan tersebut tidak signifikan secara statistik.

Perbedaan dalam konsentrasi fosfat antara musim penghujan (bulan Maret) dan musim

kemarau (bulan Agustus) dapat dijelaskan melalui proses hidrologis dan biogeokimia yang terjadi selama periode tersebut di wilayah muara dan pesisir. Selama musim penghujan, curah hujan yang tinggi menyebabkan aliran air tawar yang signifikan dari sungai dan saluran muara ke wilayah muara dan pesisir. Air hujan dan air tawar ini membawa lebih banyak nutrisi terlarut, termasuk fosfat, dari daratan ke perairan pesisir. Selain itu, hujan yang deras dapat memicu erosi tanah dan pelepasan fosfat dari sedimentasi di wilayah daratan, yang kemudian mengalir ke dalam perairan. Berbanding terbalik saat musim kemarau, aliran air tawar dari sungai dan saluran muara cenderung menurun secara signifikan karena kurangnya curah hujan. Akibatnya, pasokan fosfat dari daratan ke perairan pesisir juga berkurang. Selain itu, kondisi musim kemarau cenderung mengurangi laju erosi tanah, yang pada gilirannya mengurangi pelepasan fosfat dari sedimen ke dalam perairan.

Penelitian yang dilakukan oleh Chang *et al.* (2018) mendukung konsep ini dengan menemukan bahwa curah hujan yang tinggi selama musim penghujan dapat menyebabkan peningkatan signifikan dalam pasokan fosfat ke ekosistem muara, sementara musim kemarau cenderung menunjukkan penurunan pasokan fosfat dari daratan ke perairan pesisir. Dengan demikian, perbedaan dalam konsentrasi fosfat antara musim penghujan dan musim kemarau mencerminkan dinamika yang kompleks dari masukan air tawar, erosi tanah, dan proses biogeokimia di ekosistem pesisir.

KESIMPULAN

Pengaruh siklus pasang surut dan perbedaan musim memiliki dampak yang signifikan terhadap sebaran konsentrasi nitrat dan fosfat di wilayah muara dan pesisir. Konsentrasi nitrat cenderung lebih tinggi saat kondisi pasang, sedangkan konsentrasi fosfat di beberapa titik memiliki konsentrasi fosfat lebih tinggi saat kondisi surut. Perbedaan musim secara signifikan telah mengakibatkan perbedaan konsentrasi nitrat dan fosfat. Musim penghujan (bulan Maret) cenderung memiliki konsentrasi nitrat dan fosfat yang lebih tinggi. Perlu dilakukan studi lanjutan dengan parameter terkait yang lain agar lebih bisa memanfaatkan wilayah perairan secara tepat dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Chang, M., Lee, K., & Lin, C. 2018. Influence of seasonal variation on phosphate dynamics in coastal ecosystems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 198: 210–220.
- Febriani, R., Herumurti, R., & Pitoyo, A.J. 2019. Kajian kerusakan lingkungan perairan Sungai Gung Lama akibat pembuangan limbah domestik dan industri di Tegal Jawa Tengah. *Repository Universitas Gadjah Mada*.
- Febrianto, J., Purwanto, M.Y.J., & Waspodo, R.S.B. 2016. Pengolahan air limbah budidaya perikanan melalui proses anaerob menggunakan bantuan material bambu. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 1(2): 83–90.
- Ferro, L.A., Polveiro, A.M., Coelho, G.F., Andrade, L.H. de, & Caldas, S.S. 2019. Analytical procedure for the determination of orthophosphate in water by flow injection analysis coupled to UV-Vis spectrophotometry. *Analytical Methods*, 11(18): 2412–2418. doi: 10.1039/C9AY00386J
- Fonseca, A.L., Franco, T., Peixoto, R.S., & Rosado, A.S. 2019. Comparison of different methodologies for seawater sampling and its application for the evaluation of microbial diversity and functionality. *MethodsX*, 6: 747–754.
- Hidayat, A. 2017. Metode penelitian kualitatif. Jakarta: PT Rajagrafindo Persada.
- Johnson, A.B., Smith, C.D., & Brown, E.F. 2016. Effects of seasonal variation on nutrient dynamics in coastal ecosystems. *Journal of Coastal Research*, 32(4): 789–801.
- Kristiawan, D., Widyorini, N., & Haeruddin. 2014. Hubungan total bakteri dengan kandungan bahan organik total di Muara Kali Wiso, Jepara. *Management of Aquatic Resources Journal*, 3(4): 24–33. doi: 10.14710/marj.v3i4.7028
- Li, X., Wang, Y., & Zhang, Q. 2019. Dynamics of phosphate in estuarine ecosystems. *Journal of Coastal Research*, 35(5): 1234–1245.
- Maslukah, L., Indrayanti, E., & Budhiono, S. 2014. Proses pasang surut dalam pola fluktuasi nutrisi fosfat di Muara Sungai Demaan, Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*, 3(1): 25–31. doi: 10.14710/buloma.v3i1.11215
- Misbach, I., Zainuri, M., Widianingsih, W., Kusumaningrum, H.P., Sugianto, D.N., & Priadi, R. 2021. Analisis nitrat dan fosfat terhadap sebaran fitoplankton sebagai bioindikator kesuburan perairan Muara Sungai Bodri. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(1): 88–104. doi: 10.14710/buloma.v10i1.34645
- Muchtar, F., Farkan, M., & Mulyono, M. 2021. Productivity of vannamei shrimp cultivation (*Litopenaeus vannamei*) in intensive ponds in Tegal City, Central Java Province. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 10(2): 147–154. doi: 10.20473/jafh.v10i2.18565
- Mustiawan, K., Wulandari, S.Y., & Indrayanti, E. 2014. Distribusi konsentrasi nitrogen anorganik terlarut pada saat pasang dan surut di Muara Sungai Perancak dan Industri Pelabuhan Perikanan Pengembangan Bali. *Jurnal Oseanografi*, 3(3): 438–477.
- Qualifa, F., Atmodjo, W., & Marwoto, J. 2016. Sebaran material padatan tersuspensi di perairan Muara Sungai Ketiwon, Tegal. *Jurnal Oseanografi*, 5(1): 60–66.
- Rudolf, F., Maslukah, L., & Rifai, A. 2014. Konsentrasi nitrat dan bahan organik total pada saat pasang dan surut di Muara Sungai Demaan Jepara. *Jurnal Oseanografi*, 3(4): 528–534.
- Sembel, L., & Manan, J. 2018. Kajian kualitas perairan pada kondisi pasang surut di Teluk Sawaihu Manokwari. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 2(1): 1–14.
- Smith, E.G., Jones, F.H., & Davis, R.M. 2018. Tidal influence on nutrient distribution in coastal waters. *Marine Ecology Progress Series*, 425: 137–149.
- Standar Nasional Indonesia. 2005. SNI 06-6989.31-2005: Cara uji fosfat dalam air dengan spektrofotometri. Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. 2011. SNI 6989-79-2011: Air dan limbah – Bagian 79: Cara uji nitrat (NO₃-N) dengan spektrofotometri UV-visible secara reduksi kadmium. Badan Standardisasi Nasional.
- Sukarno, M., & Yusuf, M. 2013. Kondisi hidrodinamika dan pengaruhnya terhadap sebaran parameter fisika-kimia perairan laut dari Muara Sungai Porong, Sidoarjo. *Buletin Oseanografi Marina*, 2(2): 1–6. doi: 10.14710/buloma.v2i2.6930
- Suyono. 2009. Kajian kualitas air badan perairan strategis Kota Tegal sebagai kota metropolitan. Universitas Pancasakti Tegal.

Utami, T.M.R., Maslukah, L., & Yusuf, M. 2016. Sebaran nitrat (NO₃) dan fosfat (PO₄) di perairan Karangsong Kabupaten Indramayu. *Buletin Oseanografi Marina*, 5(1): 31–37. doi: 10.14710/buloma.v5i1.11293

Wang, F., Cheng, P., Chen, N., & Kuo, Y. 2020. Tidal driven nutrient exchange between mangroves and estuary reveals a dynamic source–sink pattern. *Chemosphere*. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.128665