

## Sebaran Fosfat terhadap Konsentrasi Klorofil-a di Perairan Kota Pekalongan

Zahra Aninda Pradiva<sup>1\*</sup>, Muhammad Zainuri<sup>1,2</sup>, Baskoro Rochaddi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, 50275, Indonesia

<sup>2</sup>Center for Coastal Rehabilitation and Disaster Mitigation Studies, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, 50275 Indonesia  
Email: zahrapradv@gmail.com

### Abstrak

Muara Kali Banger, Kota Pekalongan merupakan salah satu daerah yang menerima masukan limbah dari aktivitas manusia di kota, salah satunya limbah rumah tangga. Limbah organik hasil aktivitas manusia yang masuk ke perairan akan mengalami degradasi menjadi senyawa anorganik berupa nutrisi yang akhirnya perairan menjadi subur. Salah satu hasil degradasi bahan organik adalah nutrisi P (ion fosfat). Kadar fosfat di perairan dapat menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat produktivitas. Produktivitas primer perairan dapat ditentukan berdasarkan konsentrasi klorofil-a, yang merupakan pigment utama fitoplankton. Penelitian dilakukan pada bulan Juni 2022 terhadap 11 titik. Variabel penelitian yang diukur meliputi fosfat, klorofil-a, dan kualitas perairan (suhu, salinitas, pH, dan DO). Hasil analisis menunjukkan kisaran konsentrasi fosfat dan klorofil-a secara berturut-turut, yaitu 1,054 sampai 1,130 µg/l dan 1,49 sampai 3,79 µg/l. Persebaran fosfat dan klorofil-a dari konsentrasi rendah ke tinggi cenderung dari arah timur ke barat dan barat daya mengikuti pola arus. Untuk respon klorofil-a terhadap konsentrasi fosfat di perairan, didapatkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,24. Hal ini menunjukkan pengaruh fosfat terhadap konsentrasi klorofil-a sebesar 24%.

**Kata kunci:** Fosfat, Klorofil-a, Sebaran, Spline, Muara Kali Banger

### Abstract

#### *Distribution of Phosphate on Chlorophyll-a Concentration in Pekalongan City Waters*

*The Banger River Estuary, Pekalongan City is one of the areas that receives an input of effluents from human activities in the city, one of which is domestic waste. The organic degradation from human activities that enter the water will degrade into inorganic compounds in the form of nutrients that eventually make the water fertile. One of the results of organic matter degradation is the nutrient P (phosphate ion). Phosphate in the aquatic environment can be one of the factors that affect the level of productivity. The primary productivity of waters can be determined based on the concentration of chlorophyll-a, which is the main pigment of phytoplankton. The research was conducted in June 2022 at 11 points. The research variables measured included phosphate, chlorophyll-a, and water quality (temperature, salinity, pH, and DO). The analysis showed the range of phosphate and chlorophyll-a concentrations of 1.054 to 1.130 µg/l and 1.49 to 3.79 µg/l, respectively. The distribution of phosphate and chlorophyll-a from low to high concentrations tended from east to west and southwest following the current pattern. For the response of chlorophyll-a to phosphate concentration in the water, the coefficient of determination ( $R^2$ ) was 0.24. This shows the effect of phosphate on chlorophyll-a concentration by 24%.*

**Keywords:** Phosphate, Chlorophyll-a, Distribution, Spline, Banger River Estuary

### PENDAHULUAN

Kota Pekalongan merupakan wilayah yang berbatasan dengan laut di daerah Pantai Utara. Aktivitas masyarakat di darat memiliki kontribusi terhadap masukan limbah dan oleh air sungai terbawa ke muara. Salah satu muara yang mengalami hal tersebut adalah muara Sungai Banger, dimana keberadaannya banyak mendapat pengaruh adanya limbah pewarna batik. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya didapatkan bahwa kandungan Chemical Oxygen Demand (COD), Biological Oxygen Demand (BOD), Total Suspended Solid (TSS) dan logam berat Pb cukup tinggi (Naqsyabandi *et al.*, 2018; Kiswanto *et al.*, 2019; Pramugani *et al.*, 2020; Wintah *et al.*, 2020). Hasil tersebut menunjukkan bahwa limbah batik tidak hanya mengandung logam berat, tetapi bahan organik pula. Selain dari industri batik, limbah organik juga bersumber dari aktivitas manusia, seperti detergen dan air mandi. *Input* bahan organik dapat meningkatkan kesuburan

perairan akibat masukan nutrisi, salah satunya P (Maslukah *et al.* 2014). keberadaan nutrisi di suatu perairan akan sangat berpengaruh pada pertumbuhan organisme di air, salah satunya fitoplankton.

Fosfor (P), sebagai komponen utama dari fosfat, merupakan sumber nutrisi penting untuk menunjang fungsi biologis dari mikroba, tumbuhan, dan hewan. Fosfor tidak dapat ditemukan di alam sebagai unsur P sehingga keberadaannya akan selalu ditemukan dalam bentuk senyawa dengan unsur lain. Fosfor di perairan dapat berupa partikel anorganik, contohnya dalam bentuk mineral. Fosfat dapat ditemukan dalam bentuk terlarut dan terdeposisi ke dalam pori sedimen melalui proses adsorpsi (Maslukah *et al.*, 2021, 2022). Fosfat memegang peranan penting dalam mengubah energi dalam proses fotosintesis yang dilakukan oleh fitoplankton. Dalam proses fotosintesis, klorofil-a akan mengubah cahaya matahari menjadi energi kimia dan sisa dari energi yang dihasilkan dapat disimpan dalam bentuk cadangan makanan. Kandungan klorofil-a sebagai pigmen yang terdapat pada fitoplankton dapat mewakili kelimpahan fitoplankton di suatu perairan yang kemudian dapat menggambarkan produktivitas serta kualitas perairan (Garini *et al.*, 2021; Agirbas *et al.*, 2017). Metode geospasial dapat menggambarkan pola sebaran untuk melihat hubungan dari sebaran satu atau lebih variabel secara spasial (Suryana dan Antara, 2021). Salah satu teknologi geospasial yang dapat dilakukan untuk memperoleh visualisasi sebaran suatu variabel adalah dengan interpolasi. Interpolasi merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk memprediksi nilai pada area tanpa titik sampel. Hasil penelitian pada konsentrasi fosfat dan klorofil-a dipetakan sebarannya menggunakan interpolasi *spline*. Pola sebaran keduanya dianalisis sehingga dapat dilihat pengaruh nutrisi fosfat terhadap kelimpahan klorofil-a di perairan Muara Kali Banger, Pekalongan.

## MATERI DAN METODE

Sampel air laut diambil di Muara Kali Banger, Kota Pekalongan pada musim timur bulan Juni 2022. Terdapat 11 titik pengambilan sampel yang ditunjukkan pada **Gambar 1**. Pengambilan data secara *in situ* dilakukan pada parameter perairan, yaitu pH, salinitas, suhu, DO, kecerahan, dan kekeruhan.

Analisis konsentrasi fosfat pada sampel air laut menggunakan metode Strickland dan Parsons (1977). Sampel air laut dibiarkan bereaksi dengan reagen komposit yang mengandung ammonium molibdat, asam askorbat, dan kalium antimonil-tartrat. Kompleks yang dihasilkan direduksi untuk memberikan larutan berwarna biru, kemudian absorbansinya diukur oleh spektrofotometer pada panjang gelombang 885 nm.

Analisis klorofil-a pada sampel air laut menggunakan metode Parson *et al.* (1984). Sampel disaring dengan kertas selulosa 0,45 mm dan diteteskan aseton 90% untuk melarutkan klorofil-a. Sampel disentrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm, kemudian absorbansinya dihitung oleh spektrofotometer pada panjang gelombang 664 nm, 647 nm, dan 630 nm. Kandungan klorofil-a dihitung menggunakan spektrofotometer dengan rumus Parson *et al.*, (1984):

$$Chl - a = 11,85E_{664} - 1,54E_{647} - 0,08E_{630}$$

dengan E adalah energi penyerapan di tiap panjang gelombang. Nilai di atas dimasukkan ke dalam rumus:

$$mg \frac{\text{klorofil a}}{m^3} = \frac{C \times v}{V \times d}$$

dengan C adalah nilai klorofil-a pada persamaan (1), v adalah volume aseton (15 ml), V adalah volume air laut yang disaring (1 L), dan d adalah lebar kuvet (cm).

Pola sebaran fosfat dan klorofil-a digambarkan dengan ArcGIS 10.8 menggunakan metode interpolasi. Interpolasi yang digunakan, yaitu *spline tension* dengan persamaan matematis sebagai berikut :

$$T(x, y) = a_1$$

dimana  $a_1$  merupakan koefisien yang dihasilkan dari penyelesaian sistem persamaan linear, dan

$$R(r) = \frac{1}{2\pi\varphi^2} \left[ 1n \left( \frac{r\varphi}{2} \right) + c + K_0(r\varphi) \right]$$

dimana  $\varphi^2$  merupakan bobot parameter,  $K_0$  merupakan fungsi Bessel yang dimodifikasi, dan C merupakan konstanta yang nilainya 0,0577215.



**Gambar 1.** Lokasi penelitian di Muara Kali Banger, Kota Pekalongan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi fosfat berkisar di antara 1,054 – 1,130 ( $\mu\text{g/l}$ ) dan konsentrasi klorofil-a diantara 1,494 – 3,788 ( $\mu\text{g/l}$ ) yang dapat dilihat pada Tabel 1. Sebaran konsentrasi fosfat dan klorofil-a ditampilkan dalam Gambar 2. Nilai tertinggi fosfat berada di badan sungai yang diasumsikan sebagai sumber keluarnya limbah. Konsentrasi fosfat di badan sungai dianggap masih sangat terpengaruh oleh kegiatan yang berada di daratan, salah satunya adalah aktivitas manusia yang menghasilkan limbah bahan organik kompleks. Di perairan unsur P ditemukan dalam bentuk organik dan anorganik, baik terlarut maupun suspended (Maslukah *et al.*, 2020). Namun yang langsung mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton (klorofil-a) adalah dalam bentuk anorganik terlarut, yaitu dalam bentuk ion fosfat. Hal ini dikatakan pula oleh Sutamihardja *et al.* (2018), serta Maslukah *et al.*, (2020, 2021, 2022) bahwa nilai fosfat yang mengalami peningkatan disebabkan oleh badan air yang menerima masukan beban pencemar dan kemudian terakumulasi, salah satunya adalah dari limbah domestik. Kadar fosfat dalam suatu badan perairan dapat mengalami penurunan ketika kondisi pasang yang disebabkan oleh faktor arus dan pasang surut.

Dikatakan oleh Maslukah *et al.*, (2020) serta Desai *et al.* (2020) bahwa variasi konsentrasi fosfat, terutama di sekitar pesisir masih dipengaruhi oleh pencampuran fisik air laut dengan air. Secara umum, konsentrasi fosfat di Muara Kali Banger berada pada konsentrasi yang rendah. Hal ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor hidrooseanografi yang turut diperhitungkan dalam penelitian ini, sebagaimana parameter kualitas yang ditunjukkan pada **Tabel 2**. Suhu berada pada rentang 29 sampai 30,4°C. Suhu yang cenderung tinggi dapat memengaruhi reaksi kimia di dalam air, salah satunya terhadap ketersediaan ion fosfat yang berada di badan air.

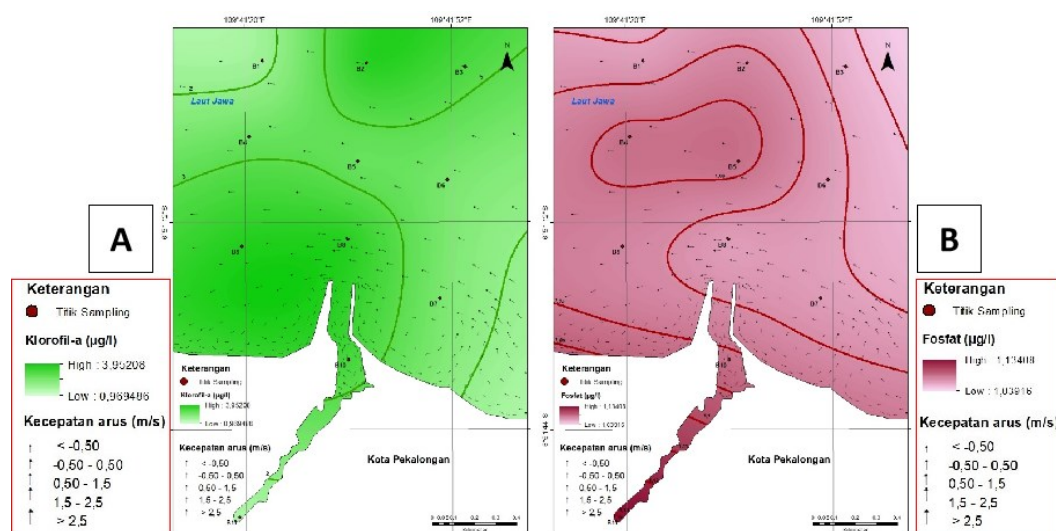
Nilai tertinggi konsentrasi klorofil-a ditemukan di titik B9 dengan konsentrasi 3,788  $\mu\text{g/l}$  dan nilai terendah ditemukan di titik B11 dengan konsentrasi 1,494  $\mu\text{g/l}$ . Konsentrasi tertinggi yang berada di titik B9 dianggap masih mendapatkan pengaruh dari daratan yang dapat meningkatkan kandungan unsur hara sehingga memungkinkan perairan menjadi lebih subur dan proses fotosintesis dapat berlangsung secara efektif. Konsentrasi terendah ditemukan di badan sungai pada titik B11. Lokasi ini merupakan tempat kapal berlabuh sehingga penetrasi cahaya matahari dianggap tidak maksimal, sedangkan sumber energi dalam proses fotosintesis berasal dari cahaya yang masuk. Oleh sebab itu, semakin rendah intensitas cahaya, akan berkurang pula proses fotosintesis di perairan.

**Tabel 1.** Konsentrasi fosfat dan klorofil-a.

Stasiun	Konsentrasi Fosfat ( $\mu\text{g/l}$ )	Konsentrasi Klorofil-a ( $\mu\text{g/l}$ )
B1	1,064	1,833
B2	1,073	3,701
B3	1,054	3,227
B4	1,083	2,716
B5	1,083	2,768
B6	1,064	2,497
B7	1,064	2,477
B8	1,064	3,701
B9	1,073	3,788
B10	1,083	3,311
B11	1,130	1,494

**Tabel 2.** Nilai parameter oseanografi di Muara Kali Banger, Kota Pekalongan

Stasiun	Salinitas (ppm)	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH	DO (mg/l)	Kecerahan (m)	Kekeruhan (NTU)
B1	35	30	8,04	6,38	1,15	1,14
B2	31	28,5	7,99	7,45	1,4	1,03
B3	30	29	7,97	7,03	1,35	1,66
B4	31	29,9	7,90	7,93	1,3	1,53
B5	30.1	30,4	7,93	7,22	1,25	4,35
B6	30	30,1	7,95	7,50	1,3	1,04
B7	31	30,1	7,78	7,66	0,85	5,73
B8	29	29,3	7,26	7,72	0,85	3,27
B9	31	29,5	7,94	7,18	0,95	3,07
B10	27	30	6,55	6,67	0,4	6,29
B11	12	29,6	6,04	3,43	0,4	7,68



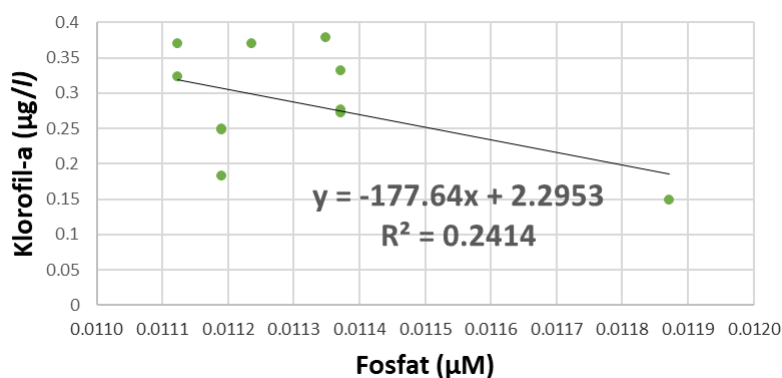
**Gambar 2.** Sebaran kecepatan arus (m/s), konsentrasi klorofil-a ( $\mu\text{g/l}$ ) (A) dan fosfat ( $\mu\text{g/l}$ ) (B) di Muara Kali Banger, Kota Pekalongan.

Uji linearitas antara fosfat dan klorofil-a dilakukan untuk melihat apakah hubungan keduanya memiliki hubungan yang linear atau tidak. Berdasarkan uji linear, diperoleh koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,24 sehingga dapat dikatakan pengaruh fosfat terhadap konsentrasi klorofil-a sebesar 24% dan pengaruh lainnya diakibatkan oleh faktor lain, salah satunya adalah pengambilan sampel yang dilakukan saat keadaan pasang. Penelitian yang dilakukan oleh Napitupulu *et al.* (2021) di pesisir Desa Timbulsloko, Demak pada keadaan pasang juga menunjukkan pengaruh yang rendah antara nutrisi nitrat dan fosfat dengan kelimpahan fitoplankton yang ditunjukkan oleh nilai koefisien determinasi sebesar 0.004 yang menunjukkan bahwa pengaruh nitrat dan fosfat terhadap kelimpahan fitoplankton hanya sebesar 0.04%.

Konsentrasi fosfat yang tinggi dan diikuti oleh konsentrasi klorofil-a yang tinggi berada di titik B9. Fosfat di sekitar titik B9 berada di konsentrasi  $1,07\mu\text{g/l}$ , sedangkan konsentrasi fosfat yang tinggi di daerah lain tidak menunjukkan konsentrasi klorofil-a yang tinggi pula. Konsentrasi fosfat yang rendah juga dapat dipengaruhi oleh penggunaannya yang cepat sehingga fosfat akan dengan mudah terdegradasi sebab pengambilan sampel dilakukan pada pagi hari dalam kondisi menuju pasang. Menurut Armiani dan Harisanti (2021), akumulasi fosfat di perairan dapat menunjukkan nilai yang rendah sebab diserap dengan cepat oleh tanaman air atau sedimen. Orthofosfat yang tersedia di perairan juga dapat dengan mudah diserap dan digunakan oleh ganggang dan fitoplankton untuk proses fotosintesis serta pertumbuhannya. Selain itu, hubungan yang rendah ini juga dapat ditunjukkan sebab fosfat yang tersedia di perairan belum tentu berdampak langsung terhadap konsentrasi klorofil-a di hari yang sama. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Perez-Ruzafa *et al.* (2019), konsentrasi klorofil-a yang dihubungkan dengan iklim, hidrologi, dan nutrisi memiliki nilai yang rendah yang menyatakan bahwa ada faktor-faktor lain yang dapat memengaruhi konsentrasi klorofil-a. Dikatakan pula bahwa ada keterlambatan atau fase *lag* dalam respon klorofil-a terhadap faktor-faktor tersebut, terlebih respon terhadap nutrisi.

Berdasarkan data angin, arah angin dominan berasal dari timur dan bergerak ke arah barat. Hal ini disebabkan oleh pengambilan sampel yang dilakukan pada bulan Juni yang termasuk periode musim timur. Berdasarkan hasil *overlay* dengan arus, konsentrasi fosfat dan klorofil-a yang tinggi ditemukan di sekitar titik B9. Hal ini dapat didorong oleh angin yang menggerakkan arus permukaan sehingga konsentrasi keduanya tinggi di sisi kiri daerah penelitian. Arus yang bergerak ke arah barat membuat konsentrasi fosfat berkumpul di dekat daratan yang posisinya di belakang muara, sedangkan konsentrasinya kecil di sisi kanan daerah penelitian, sesuai dengan arah datangnya arus. Arus, sebagai faktor fisika, dapat menjadi media yang membawa material yang bersifat terlarut ke suatu daerah ke daerah lain sesuai dengan pergerakannya.

Kecepatan arus berada pada kisaran nilai 0,004 sampai 0,054 m/s dan bergerak ke arah barat. Arus dengan kecepatan rendah ditemukan pada daerah muara, sedangkan arus dengan kecepatan tinggi ditemukan pada titik pengambilan sampel di daerah lautan. Pada titik B8, konsentrasi fosfat tampak rendah karena pengaruh dari arus yang kuat. Titik B9 dengan konsentrasi fosfat dan klorofil-a yang cukup tinggi terbawa oleh arus yang kuat dan kemudian melemah ketika menabrak daratan. Arus ini mengalami pembelokan ketika melewati muara yang dapat mengakibatkan terkumpulnya fosfat dan klorofil-a di satu daerah sehingga konsentrasi keduanya tinggi. Hal ini digambarkan dengan arus yang tampak berputar setelah menabrak daratan dan kecepatannya berkurang sehingga pada saat arus yang lemah inilah fosfat dan klorofil-a terakumulasi di daerah belakang muara, di dekat daratan.



**Gambar 3.** Grafik keterkaitan konsentrasi fosfat terhadap klorofil-a

**Tabel 3.** Data kecepatan dan arah arus di perairan Pekalongan.

Titik	Kecepatan Arus (m/s)	Arah Arus (menuju)
B1	0,049	Barat
B2	0,051	Barat
B3	0,051	Barat
B4	0,048	Barat
B5	0,053	Barat
B6	0,051	Barat
B7	0,050	Barat
B8	0,054	Barat
B9	0,037	Barat Daya
B10	0,004	Utara
B11	-	-

### KESIMPULAN

Konsentrasi fosfat berada pada rentang nilai 1,054 – 1,130  $\mu\text{g/l}$  dan konsentrasi klorofil-a pada rentang nilai 1,494 – 3,788  $\mu\text{g/l}$ . Respon klorofil-a terhadap konsentrasi fosfat di perairan, didapatkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,2414. Hal ini menunjukkan pengaruh fosfat terhadap konsentrasi klorofil-a sebesar 24% dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Pengaruh fosfat yang rendah juga dapat diakibatkan oleh adanya keterlambatan atau fase *lag* dalam respon klorofil-a terhadap ketersediaan nutrisi di badan air. Dengan melihat pola arus, persebaran fosfat dan klorofil-a dari konsentrasi rendah ke tinggi cenderung dari arah timur ke barat dan barat daya sesuai dengan arah arus.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agirbas, E., Koca, L., & Aytan, U., 2017. Spatio-temporal pattern of phytoplankton and pigment composition in surface waters of south-eastern Black Sea. *Oceanologia*, 59(3): 283-299.
- Armiani, S., & Harisanti, B. M., 2021. Hubungan Kemelimpahan Fitoplankton dengan Faktor Lingkungan di Perairan Pantai Desa Madayin Lombok Timur. *Jurnal Pijar Mipa* 16(1): 75-80.
- Garini, B. N., Suprijanto, J., & Pratikto, I., 2021. Kandungan Klorofil-a dan Kelimpahan di Perairan Kendal, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 10(1): 102-108.
- Kiswanto, Rahayu, L. N., & Wintah, 2019. Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Teknologi Membran Nanofiltrasi di Kota Pekalongan. *Jurnal Litbang* 17: 72-89.
- Maslukah, L., Indrayanti, E., Rifai, A., 2014. Sebaran Material Organik dan Zat Hara Oleh Arus Pasang Surut di Muara Sungai Demaan, Jepara. *Ilmu Kelautan*, 19(4):189-194.
- Maslukah, L., Zainuri, M., Wirasatriya, A., & Maisyarah, S., 2020. The Relationship among Dissolved Inorganic Phosphate, Particulate Inorganic Phosphate, and Chlorophyll-a in Different Seasons in the Coastal Seas of Semarang and Jepara *Journal of Ecological Engineering* 21(3): 135–142 <https://doi.org/10.12911/22998993/118287>
- Maslukah, L., Setiawan, R. Y., Nurdin, N., Zainuri, M., Wirasatriya, A., & Helmi, M., 2021. Estimation of Chlorophyll-a Phytoplankton in the Coastal Waters of Semarang and Jepara for Monitoring the Eutrophication Process using MODIS-Aqua Imagery and Conventional Methods. *Journal of Ecological Engineering* 22(1): 51-59.
- Maslukah, L., Setiawan, R. Y., Nurdin, N., Helmi, M., & Widiaratih, R., 2022. Phytoplankton chlorophyll-a biomass and the relationship with water quality in barrang caddi, spermonde, indonesia. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 23(1): 25–33. <https://doi.org/10.12912/27197050/143064>
- Napitupulu, R., Muskananfolo, M. R., & Sulardiono, B., 2021. Hubungan Kandungan Nitrat dan Fosfat dengan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Desa Timbulsloko, Kabupaten Demak. *Jurnal Pasir Laut*, 5(1): 63-68.

- Naqsyabandi, S., Riani, E., & Suprihatin, S., 2018. Impact of batik wastewater pollution on macrobenthic community in Pekalongan River Cite. *AIP Conference Proceedings 2023*, 020128 2018. <https://doi.org/10.1063/1.5064125> Published Online: 23 October 2018.
- Parson T.R., Maita, Y., & Lalli, C. M., 1984. *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*. New York: Pergamon Press, Oxford, New York.
- Perez-Ruzafa, A., Campillo, S., Fernández-Palacios, J. M., Garcia-Lacunza, A., Garcia-Oliva, M., Ibanez, H., Navarro-Martinez, P. C. et al., 2019. Long-term dynamic in nutrients, chlorophyll a, and water quality parameters in a coastal lagoon during a process of eutrophication for decades, a sudden break and a relatively rapid recovery. *Frontiers in Marine Science* 6: 26.
- Pramugani, A., Soda, S., & Argo, T. A., 2020. Current Situation of Batik Waswater Treatment in Pekalongan City, Indonesia. *Journal of JSCE* 8:188-193.
- Strickland, J. D., & Parsons, T. R., 1977. *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Canada: Min of Suppy and Services.
- Suryana, I. P. G. E., & Antara, I. G. M. Y., 2021. Pengembangan Teknologi Informasi Geografi sebagai Media Eksplorasi Keanekaragaman Hayati (Biodiversitas) di Indonesia. *Jurnal Sistem Informasi dan Komputer Terapan Indonesia (JSIKTI)*, 3(4), 46-55.
- Sutamihardja, R. T. M., Azizah, & Hardini, Y., 2018. Studi dinamika senyawa fosfat dalam kualitas air Sungai Ciliwung hulu Kota Bogor. *Jurnal Sains Natural* 8(1): 43-49.
- Wintah, K., & Sulistyowati, E., 2020. Efektivitas EM-4 dalam Menurunkan Kadar COD Limbah Cair Batik Cap di Kelurahan Simbang Wetan Kabupaten Pekalongan Jawa Tengah. *Jurnal Litbang* 18(1): 21-35.