

Sebaran Horizontal Silikat dan Hubungannya Dengan Klorofil-A Di Perairan Pesisir Pantai Tirang Semarang

Rohmatun Dwi Astuti*, Muslim dan Aris Ismanto

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Jacub Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia
Email: rohmatusdwiastuti@gmail.com

Abstrak

Pantai Tirang menerima aliran nutrisi dari Sungai Silandak yang hulunya berada di kawasan perumahan, tambak, pariwisata, dan aktivitas antropogenik. Hal tersebut menghasilkan limbah maupun nutrisi salah satunya silikat. Silikat adalah nutrisi yang dapat meningkatkan produktivitas primer suatu perairan yang ditandai dengan meningkatnya klorofil-a. Dinamika arus berpengaruh terhadap persebaran nutrisi secara horizontal sesuai dengan pergerakan massa air. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan sebaran horizontal dan menentukan tingkat hubungan dari konsentrasi silikat dan klorofil-a. Metode penelitian yaitu kuantitatif dengan analisis deskriptif. Penelitian dilakukan pada bulan September 2022 dengan metode *purposive sampling* untuk pengambilan sampel. Analisis konsentrasi silikat menggunakan metode *molybdosilicate*, konsentrasi klorofil-a menggunakan metode spektrofotometri dan analisis hubungan keduanya dengan korelasi *pearson*. Hasil dari penelitian menunjukkan nilai konsentrasi silikat berkisar antara 0,3337 – 1,0836 μM dan konsentrasi klorofil-a berkisar antara 0,7147- 118,1891 mg/m^3 . Hasil uji korelasi menunjukkan signifikansi positif ($P < 0,001$; $r = 0,989$; $R^2 = 0,978$) dan memiliki hubungan sangat kuat. Sementara itu, tinggi rendahnya konsentrasi silikat dan klorofil-a tidak dipengaruhi oleh arus melainkan dipengaruhi oleh sumber masukan di muara sungai.

Kata kunci: Silikat, Klorofil-a, Sebaran Horizontal, Pantai Tirang, Semarang

Abstract

Horizontal Distribution of Silicate and Its Relationship with Chlorophyll-A in the Coastal Waters of Tirang Beach, Semarang

Tirang Beach receives nutrient flow from the Silandak River, the upstream of which is in a residential area, ponds, tourism, and anthropogenic activities. This produces waste and nutrients, one of which is silicate. Silicate is a nutrient that can increase the primary productivity of waters which is indicated by increased chlorophyll-a. Current dynamics affect the horizontal distribution of nutrients according to the movement of water masses. This study aims to map the horizontal distribution and determine the level of relationship between silicate and chlorophyll-a concentrations. The research method is quantitative with descriptive analysis. The study was conducted in September 2022 using a purposive sampling method for sampling. Analysis of silicate concentration using the molybdosilicate method, chlorophyll-a concentration using the spectrophotometric method and analysis of the relationship between the two using the Pearson correlation. The results of the study showed that the silicate concentration value ranged from 0.3337 - 1.0836 μM and the chlorophyll-a concentration ranged from 0.7147- 118.1891 mg/m^3 . The results of the correlation test showed positive significance ($P < 0.001$; $r = 0.989$; $R^2 = 0.978$) and had a very strong relationship. Meanwhile, the high and low concentrations of silicate and chlorophyll-a were not influenced by currents but were influenced by input sources at the river mouth.

Keywords: Silicate, Chlorophyll-a, Horizontal Distribution, Tirang Beach, Semarang

PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia terdiri dari daratan dan perairan, yang mana $\frac{2}{3}$ dari keseluruhan wilayahnya berupa lautan, sementara untuk $\frac{1}{3}$ berupa wilayah daratan. Wilayah pesisir yang merupakan perbatasan antara daratan dan laut mendapatkan perhatian lebih karena kesuburannya yang menampung buangan zat hara atau nutrisi dari daratan yang terbawa melalui aliran sungai (Garno, 2020) salah satu nutrisi tersebut adalah silikat. Silikat merupakan unsur hara yang penting bagi produktivitas primer (Papush & Danielsson, 2006).

Silikat adalah senyawa yang mengandung silikon dan oksigen dimana silikon menjadi unsur paling melimpah kedua di kerak bumi dan merupakan unsur penting yang berperan dalam mengatur produktivitas

primer di laut (Sutton *et al.*, 2018) dan pesisir atau estuaria (Lukman *et al.*, 2014). Meirinawati & Muchtar (2017) menambahkan bahwa silikat merupakan nutrisi bagi pertumbuhan dinding sel fitoplankton khususnya diatom. Silikat pada perairan pesisir berasal dari hasil pelapukan mineral tanah yang mengandung silika dan kemudian larut dalam aliran sungai-sungai menuju pesisir dan lautan. Sumber silikat di pesisir juga berasal dari air tawar yang dibuang dari daratan menuju ke laut dan memainkan peran penting dalam biogeokimia di pesisir, sehingga dapat mempengaruhi kondisi ekologi dan komposisi jenis fitoplankton (Torres *et al.*, 2020). Lukman *et al.* (2014) menambahkan bahwa tingginya produktivitas primer sangat dipengaruhi oleh konsentrasi silikat disamping faktor fisika kimia perairan (suhu, pH, dan kecerahan).

Penelitian mengenai produktivitas primer di perairan sudah banyak dilakukan, namun unsur yang diteliti adalah nitrat dan fosfat. Penelitian tentang silikat belum banyak, tapi silikat merupakan salah satu unsur yang meningkatkan produktivitas primer di suatu perairan, karena dapat meningkatkan pertumbuhan diatom (Lukman *et al.*, 2014). Silikat mampu mengontrol dan mempengaruhi distribusi klorofil-a di dalam air (Hatta, 2014) dan klorofil-a menjadi pigmen yang penting untuk fotosintesis pada fitoplankton (Aryawati & Thoha, 2011). Hubungan antara silikat dan klorofil-a di perairan laut disebabkan karena silikat merupakan nutrisi penting bagi pertumbuhan diatom, yaitu kelompok utama fitoplankton yang merupakan produsen utama klorofil-a dalam ekosistem perairan (Prayitno & Afdal, 2019; Zhang *et al.*, 2018). Proses-proses kimia-fisika yang terjadi di perairan dapat memberikan pengaruh terhadap nutrisi dan produktivitas primer di perairan tersebut (Sihombing *et al.*, 2013) sedangkan persebaran secara horizontal dapat dipengaruhi oleh arus sesuai dengan pergerakan massa air (Hidayah *et al.*, 2016; Yunita *et al.*, 2013).

Kawasan di sekitar Pantai Tirang tergolong produktif karena terdapat hutan *mangrove*, tambak ikan dan udang didukung dengan adanya muara sungai yang berada dekat dari pantai yaitu muara Sungai Silandak yang membawa banyak nutrisi menuju ke pesisir (Sinulingga *et al.*, 2017). Pantai Tirang juga dikelilingi oleh perumahan penduduk, kawasan industri, kawasan wisata, aktivitas nelayan dan sering terjadi rob yang menyebabkan penggenangan sehingga mengakibatkan peningkatan pencampuran unsur hara yang mempengaruhi produktivitas primer yang ditandai dengan meningkatnya klorofil-a (Mayani *et al.*, 2014). Berdasarkan penjabaran di atas, maka perlu diketahui sejauh mana pengaruh nutrisi silikat terhadap produktivitas primer yang ditandai dengan meningkatnya klorofil-a di perairan pesisir Pantai Tirang Kota Semarang.

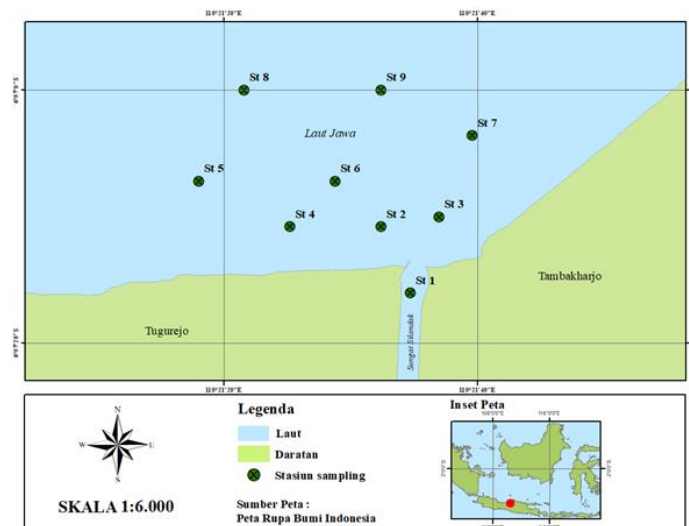
MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 19 September 2022 di Perairan Pesisir Pantai Tirang Semarang, Kecamatan Tugu, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah dan terdiri dari 9 stasiun dengan koordinat $6^{\circ} 57' 0.72'' - 6^{\circ} 57' 15.84''$ LS dan $110^{\circ} 21' 18.36'' - 110^{\circ} 21' 39.60''$ BT (Gambar 1). Selanjutnya, pada tanggal 20 - 22 September 2022 dan 26 - 28 September 2022 dilakukan secara berturut-turut analisis klorofil-a dan silikat di Laboratorium Kimia Laut, Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Kota Semarang.

Materi penelitian terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer meliputi silikat dan klorofil-a yang didapatkan dari pengambilan sampel air laut. Data sekunder meliputi arus dan beberapa parameter lingkungan perairan seperti pH, oksigen terlarut (DO), temperatur, salinitas dan kecerahan. Selain itu, terdapat data sekunder berupa peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) sebagai data saat penyajian peta. Sementara itu, metode penelitian yang digunakan yaitu metode penelitian kuantitatif dengan analisis deskriptif untuk menggambarkan objek yang diteliti secara objektif sehingga memberikan penjelasan dari suatu fenomena yang mudah dipahami (Zaluchu, 2021) secara sistematis dan tepat (Zellatifanny & Mudjiyanto, 2018).

Metode Penentuan Lokasi Penelitian

Penentuan titik stasiun untuk pengambilan sampel ditentukan dengan menggunakan metode purposive sampling yang mempertimbangkan lokasi mengacu pada fisiografi dari lokasi penelitian agar mewakili keadaan secara keseluruhan dan sifat populasi yang sudah diketahui sebelumnya dari suatu perairan (Damaianto & Masduqi, 2014). Pertimbangan dalam menggunakan metode ini yaitu lokasi pengambilan sampel air laut dilakukan pada 9 titik stasiun, tiga titik pertama terletak di dekat muara Sungai Silandak, tiga titik kedua berada di perairan dekat pantai dan tiga titik ketiga berada di perairan lepas. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada peta lokasi penelitian (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Metode Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air dilakukan pada permukaan dengan volume 500 dan 1000 mL, dimana botol sampel sudah dibersihkan terlebih dahulu dan diberikan label per stasiun. Setelah itu, botol sampel yang sudah terisi sampel air laut disimpan pada *cool box* yang berisikan es batu untuk kebutuhan analisis di laboratorium agar konsentrasi silikat dan klorofil-a tidak berubah. Pengambilan sampel air untuk silikat dan klorofil-a dilakukan saat kondisi perairan masih mendapatkan sinar matahari yaitu berkisar antara pukul 09:00 hingga 12:00 WIB bersamaan dengan pengukuran parameter lingkungan dan kondisi perairan.

Pengukuran arus dan beberapa parameter lingkungan perairan dilakukan secara in situ bersamaan dengan pengambilan sampel air. Pengukuran arus menggunakan metode lagrange dengan instrumen bola duga. Parameter lingkungan perairan yang diukur yaitu pH menggunakan pH meter, DO menggunakan DO meter, temperatur menggunakan thermometer digital, salinitas menggunakan refraktometer dan kecerahan menggunakan *secchi disk*.

Analisis Konsentrasi Silikat

Analisa konsentrasi silikat dilakukan berdasarkan metode yang dijelaskan oleh Grasshoff *et al.*, (1999) menggunakan metode *molybdosilicate*. Sebelum melakukan pengukuran absorbansi pada sampel air laut, dilakukan pengukuran absorbansi larutan standar silikat (Na_2SiF_6) dengan konsentrasi 0 μM ; 0,4 μM ; 0,8 μM ; 1,2 μM dan 1,6 μM menggunakan spektrofotometer. Setelah didapatkan absorbansi, dilakukan pembuatan kurva kalibrasi antara konsentrasi larutan standar silikat dan absorbansi untuk mencari nilai regresi dan persamaan linearnya, lalu digunakan untuk menghitung konsentrasi silikat pada sampel air laut. Nilai absorbansi sampel air laut setiap titik stasiun di rata-rata lalu diolah menggunakan persamaan yang didapat dari kurva kalibrasi yang telah dibuat sebagai berikut:

$$y = 0,3453x + 0,3012$$

Dimana y adalah nilai absorbansi dan x adalah konsentrasi. Perlakuan sampel air laut, diambil sebanyak 25 mL dimasukkan ke botol plastik kemudian diberi asam sulfat 4,5 M sebanyak 0,05 mL dan *bromine water* 0,11 M sebanyak 0,1 mL lalu dihomogenkan dan didiamkan selama lima menit. Larutan ditambahkan asam *molybdate* 0,1 M sebanyak 1 mL lalu dihomogenkan dan didiamkan selama 5-10 menit. Selanjutnya ditambahkan asam oksalat 0,79 M sebanyak 1 mL dan asam askorbid 0,16 M sebanyak 0,5 mL lalu dihomogenkan dan didiamkan selama 30-60 menit. Kemudian larutan dimasukkan ke dalam kuvet plastik lalu diukur menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 810 nm untuk diketahui nilai absorbansinya. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali untuk setiap sampel dengan pengulangan.

Analisis Konsentrasi Klorofil-a

Konsentrasi klorofil-a diukur dengan menggunakan metode yang dijelaskan oleh Parsons *et al.*, (1984) menggunakan metode spektrofotometri. Sampel air sebanyak 1 liter ditetesi dengan MgCO_3 sebanyak 6 tetes

lalu diaduk dan selanjutnya disaring menggunakan kertas saring *cellulose* berukuran 0,45 μm dengan bantuan *vacuum pump*. Langkah selanjutnya setelah proses penyaringan selesai, klorofil-a yang telah tersaring di kertas *cellulose* dimasukkan ke tabung reaksi menggunakan penjepit untuk di ekstraksi menggunakan aseton 90% sebanyak 10 mL dan dilarutkan dengan bantuan spatula. Selanjutnya sampel diinkubasi di lemari pendingin selama 16 jam atau 1 malam. Sampel yang sudah diinkubasi di masukkan ke dalam *centrifuge* dan diputar dengan kecepatan 3000 rpm selama 20 menit untuk memisahkan kertas *cellulose* atau hal lain yang belum sepenuhnya larut. Langkah selanjutnya yaitu analisa absorbansi sampel air laut menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 750, 664, 647 dan 630 nm dan selanjutnya hasil konsentrasi klorofil-a dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Ca = (11.85 \times E_{664}) - (1.54 \times E_{647}) - (0.008 \times E_{630})$$

$$Chl - a (mg m^{-3}) = \frac{C \times v}{V \times 1}$$

dimana: E_{664} , E_{645} , dan E_{630} adalah absorbansi panjang gelombang tersebut (dikoreksi dengan pembacaan 750 nm); v adalah volume aseton (ml); V adalah volume sampel (liter); 1 adalah lebar kuvet (cm) dan Ca adalah jumlah klorofil yang disubstitusi dengan C dalam persamaan diatas.

Analisa Korelasi

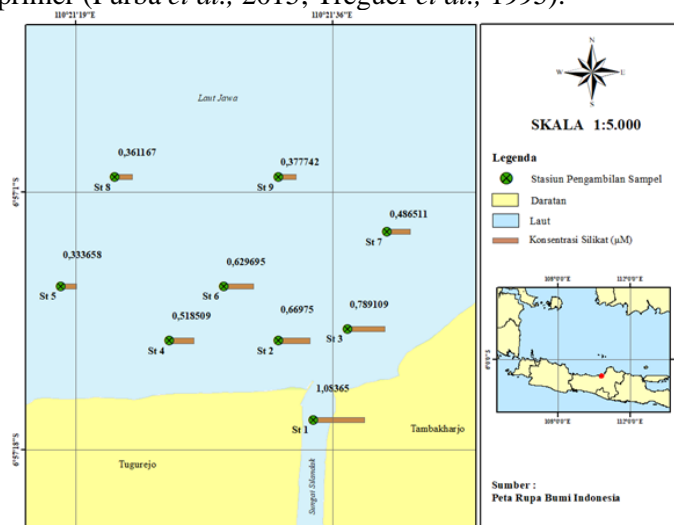
Penentuan korelasi menggunakan pendekatan analisis korelasi *Pearson* dengan bantuan *Software IBM SPSS Statistics 25*. Menurut Fu *et al.* (2020), analisis Korelasi *pearson* merupakan analisis yang digunakan untuk mencari nilai hubungan linier antara dua variabel yaitu variabel bebas (konsentrasi silikat) terhadap variabel terikat (konsentrasi klorofil-a), dimana variabel bebas dinotasikan dengan (x) dan variabel terikat dinotasikan dengan (y).

Menurut Ekaputra *et al.* (2019), untuk mengetahui keeratan hubungan silikat terhadap klorofil-a digunakan nilai koefisien korelasi (r) dan nilai signifikansi (P), dimana nilai r keeratannya dapat ditentukan sebagai berikut: 0 (korelasi tidak ada), 0 - 0,25 (korelasi sangat lemah), 0,25 - 0,5 (korelasi sedang), 0,5 - 0,75 (korelasi kuat), 0,75 - 0,99 (korelasi sangat kuat), 1 (korelasi sempurna). Sementara itu untuk nilai signifikansi (P) menunjukkan adanya hubungan apabila nilai $P < 0,05$ (Rosyadi & Suyantiningsih, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebaran Konsentrasi Silikat

Konsentrasi silikat pada sembilan stasiun di perairan pesisir Pantai Tirang, Semarang menunjukkan hasil yang bervariasi pada rentang 0,3337 μM sampai dengan 1,0836 μM (Gambar 2). Nilai konsentrasi silikat yang bervariasi dapat terjadi karena letak stasiun yang berbeda-beda sehingga faktor variasi seperti ketersediaan nutrien (Lukman *et al.*, 2014), jauh dekatnya dengan sumber air tanah (Arizuna *et al.*, 2014; Sospedra *et al.*, 2018), pemanfaatan silikat oleh fitoplankton (Prayitno & Suherman, 2012), faktor hidrologi (Sihombing *et al.*, 2013) dan produktivitas primer (Purba *et al.*, 2015; Tréguer *et al.*, 1995).



Gambar 2. Peta Sebaran Konsentrasi Silikat

Konsentrasi silikat di perairan pesisir Pantai Tirang lebih rendah daripada hasil beberapa penelitian sebelumnya di Indonesia seperti yang dilakukan oleh Lukman *et al.* (2014) di perairan pesisir pantai barat Sulawesi Selatan berkisar 9,59–85,2 μM . Hal tersebut diduga karena pengambilan sampel dilakukan di luar musim hujan, sehingga tidak banyak sumbangan dari daratan. Menurut Zhang *et al.* (2005), musim hujan menyebabkan aliran air sungai yang lebih besar dan membawa banyak silikat ke perairan (Graham & Pierrehumbert, 2020; Saravia-Arguedas *et al.*, 2021) akibat dari meningkatnya pelapukan di darat (Naik *et al.*, 2020; Nisha *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2020). Namun, variasi konsentrasi silikat tersebut mendekati dengan penelitian (Prayitno & Suherman, 2012) di Perairan Kepulauan Tambelan dan Serasan, Kabupaten Natuna, Kepulauan Riau yang berkisar antara 2,03 hingga 4,80 μM yang mana penelitian tersebut dilakukan pada musim yang mendekati dengan penelitian ini, yaitu bulan September.

Nilai konsentrasi silikat tertinggi terdapat pada stasiun 1 yaitu sebesar 1,0836 μM (Tabel 1), diduga karena lokasi dari stasiun tersebut berada paling dekat dengan muara Sungai Silandak diantara stasiun lainnya (Gambar 1). Hal ini menguatkan penelitian Sospedra *et al.*, (2018) dan Pello *et al.*, (2014), yang menyatakan bahwa konsentrasi silikat di perairan pantai dan sekitar muara sungai umumnya lebih tinggi dibandingkan di lautan lepas, hal ini disebabkan oleh adanya *runoff* dari sungai yang membawa silikat dari air tanah di daratan. Pada stasiun 3 juga memiliki konsentrasi silikat yang tinggi yaitu sebesar 0,7891 μM , diduga karena adanya *breakwater* di sisi timur dari stasiun 3 dapat mempengaruhi resuspensi sedimen daripada arus turbulen yang menabrak *breakwater* tersebut. Sehingga resuspensi yang diakibatkan oleh alam (*nature*) seperti *cyclon* dan akibat aktivitas manusia seperti pengerukan (*dredging*) (Reichelt & Jones, 1994) menyebabkan lepasnya elemen yang mengendap di dasar perairan dan mempengaruhi silikat (Muslim & Jones, 2003).

Sementara itu, konsentrasi silikat terendah didapatkan pada stasiun 5 dan stasiun 8 yaitu sebesar 0,3337 μM dan 0,3777 μM . Rendahnya konsentrasi tersebut dikarenakan kedua stasiun ini yang jauh dari muara sungai sehingga tidak mendapatkan pengaruh dari muara sungai (Yunita *et al.*, 2013). Selain itu, rendahnya kecerahan suatu perairan akan berdampak pada tingginya konsentrasi nutrisi (Manasrah *et al.*, 2006) hal ini sesuai dengan kondisi perairan di stasiun 5 dan 8 (Tabel 2) yang kecerahannya 135,83 cm dan 199,5 cm sehingga di daerah tersebut tingkat resuspensi sedimen rendah karena arus tidak mampu melakukan resuspensi.

Sebaran konsentrasi silikat di perairan pesisir Pantai Tirang Semarang dapat dilihat dari Gambar 2, semakin menjauhi pantai konsentrasi silikat semakin berkurang karena tinggi rendahnya konsentrasi silikat di perairan pantai dipengaruhi oleh jauh dekatnya dengan sumber masukan air tawar (Sospedra *et al.*, 2018) dan terpusat di daerah masukan aliran air dari daratan kemudian menuju laut (Jennerjahn *et al.*, 2004). Hal ini menguatkan penelitian Torres *et al.*, (2020) karena silikat berasal dari hasil pelapukan mineral tanah yang mengandung silika dan kemudian terbawa melalui aliran sungai menuju ke daerah pesisir sehingga tinggi rendahnya konsentrasi silikat tidak dipengaruhi oleh arus (Megawati *et al.*, 2014).

Sebaran Konsentrasi Klorofil-a

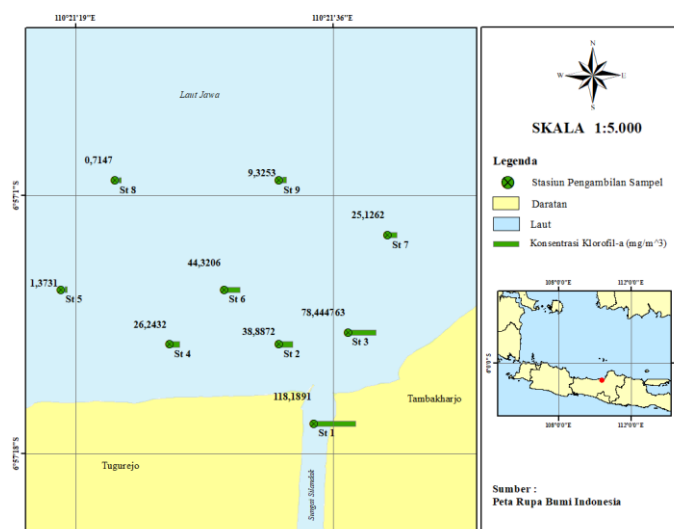
Nilai konsentrasi klorofil-a menunjukkan hasil yang bervariasi pada rentang 0,7147 - 118,1891 mg/m^3 (Gambar 3). Variasi ini bisa terjadi karena variasi aktivitas manusia (Marendy *et al.*, 2017), nutrisi, kualitas air (pH dan DO) dan kecerahan (Sihombing *et al.*, 2013; Zuhlaniarta *et al.*, 2015), suhu air (Jamshidi *et al.*, 2010), pasang surut (Jamshidi & Abu Bakar, 2011) dan arus (Effendi *et al.*, 2012) yang berbeda. Seperti di stasiun 1 yang dekat dengan muara sungai sehingga konsentrasi klorofil-a tinggi (Gambar 3).

Tabel 1. Nilai Konsentrasi Silikat

Stasiun	Konsentrasi Silikat (μM)
1	1,0836
2	0,6698
3	0,7891
4	0,5158
5	0,3337
6	0,6297
7	0,4865
8	0,3612
9	0,3777
Rata-Rata	0,5833

Tabel 2. Nilai Parameter Lingkungan Perairan

Stasiun	pH	DO (mg/L)	Temperatur (°C)	Salinitas (%)	Kecerahan (cm)
1	6,4333	6,9167	35,6	15,6667	28,0000
2	6,8967	4,7967	33,4333	22,6667	48,6667
3	6,7933	4,3633	34,2667	21,0000	22,8333
4	7,0400	3,7267	32,8333	26,3333	85,3333
5	7,0833	4,6367	33,1000	26,0000	135,8333
6	7,1133	3,7367	35,5333	21,0000	93,0000
7	7,4700	4,6167	33,0667	24,6667	106,8333
8	7,0400	5,3900	32,0000	29,0000	199,5000
9	7,1867	4,5067	33,3000	26,3333	117,5000
Rata-Rata	7,0063	4,7433	33,6815	23,6296	93,0556



Gambar 3. Peta Sebaran Konsentrasi Klorofil-A

Konsentrasi klorofil-a tersebut lebih tinggi daripada hasil beberapa penelitian di perairan Indonesia seperti di perairan Pulau Sintok, Karimunjawa, Jawa Tengah sebesar 0,1401348 – 0,9097467 (Alhaq *et al.*, 2021) yang merupakan kawasan pariwisata. Hal ini diduga karena di sekitar daerah penelitian Pantai Tirang terdapat banyak aktivitas seperti tambak, pariwisata, industri dan aktivitas rumah tangga sehingga banyak membawa buangan ke Sungai Silandak yang berpengaruh terhadap konsentrasi klorofil-a. Nilai rata-rata konsentrasi klorofil-a di pesisir Pantai Tirang tinggi yaitu sebesar 38,0694 mg/m³ (Tabel 3), diduga karena sehari sebelum pengambilan sampel pantainya sangat ramai, sehingga terjadi pengadukan perairan yang diikuti dengan pelepasan nutrisi dari dasar perairan, kemudian setelah itu di saat penelitian berlangsung menjadi tenang atau cerah (Tabel 2), pada saat itulah terjadi *blooming*. Hal ini sesuai dengan penelitian (Muslim & Jones, 2003) bahwa munculnya *blooming* bukan saat terjadi resuspensi namun setelah terjadi resuspensi yang perairannya tenang (*calm*).

Konsentrasi klorofil-a tertinggi didapatkan di stasiun 1 sebesar 118,1891 mg/m³. Tingginya kandungan klorofil-a di stasiun 1 dipengaruhi oleh letak stasiun yang berada di muara Sungai Silandak yang membawa buangan limbah dari perumahan, aktivitas industri, pertambakan serta adanya vegetasi mangrove di sekitar pantai yang menjadi sumber nutrisi yang disalurkan ke perairan. Menurut Kärcher *et al.*, (2020); Muslim & Jones, (2003); Pérez-Ruzafa *et al.*, (2019) bahwa tingginya konsentrasi klorofil-a banyak dipengaruhi oleh nutrisi. Hal ini diperkuat oleh Hidayah *et al.* (2016), pada daerah dangkal (muara sungai) terjadi pengadukan yang menjadi tempat pertemuan antara air tawar dan air laut sehingga menyebabkan terjadinya pengkayaan nutrisi sebagai proses penting untuk mengembalikan zat-zat hara dari dasar ke permukaan perairan yang berguna dalam fotosintesis.

Tabel 3. Nilai Konsentrasi Klorofil-A

Stasiun	Konsentrasi Klorofil-A (mg/m ³)
1	118,1891
2	38,8872
3	78,4448
4	26,2432
5	1,3731
6	44,3206
7	25,1262
8	0,7147
9	9,3253
Rata-Rata	38,0694

Tabel 4. Kecepatan Dan Arah Arus Rerata

Stasiun	Kecepatan Arus (m/s)	Arah Arus (°)
1	0,0263	219,333
2	0,0539	202,667
3	0,0722	90,000
4	0,0463	155,333
5	0,0529	192,333
6	0,0432	127,667
7	0,0617	52,000
8	0,0749	99,467
9	0,0656	303,000
Rata-Rata	0,0552	160,200

Nilai konsentrasi klorofil-a terendah terjadi di stasiun 8 sebesar dan stasiun 5 yaitu sebesar 0,7147 mg/m³ dan 1,3731 mg/m³. Rendahnya konsentrasi klorofil-a di kedua stasiun ini disebabkan oleh letak dari kedua stasiun yang berada jauh dari muara sungai sehingga di stasiun ini tidak mendapatkan suplai nutrisi dari daratan hal ini sesuai dengan pernyataan Rasyid (2009). Selain itu, rendahnya konsentrasi klorofil-a di stasiun tersebut diduga disebabkan oleh kecerahan yang rendah (Zulhaniarta *et al.*, 2015), rendahnya oksigen terlarut (Marendy *et al.*, 2017) (Tabel 2) dan tingginya kecepatan arus (Nababan & Simamora, 2012) di stasiun tersebut (Tabel 4).

Sebaran klorofil-a di perairan pesisir Pantai Tirang Semarang mempunyai pola yang sama dengan sebaran silikat yaitu semakin menjauhi pantai, konsentrasinya semakin berkurang. Secara umum, konsentrasi klorofil-a lebih tinggi di daerah dengan ketersediaan nutrisi yang tinggi, seperti dekat muara sungai, dan menurun menuju perairan laut terbuka (Kurnianda & Heriantoni, 2017). Sebaran ini tidak dipengaruhi oleh adanya pergerakan arah arus, namun sebaran konsentrasi klorofil-a dipengaruhi oleh jauh dekatnya dengan sungai atau masukan air tawar sebagai hasil dari aktivitas manusia di daratan.

Hasil Uji Korelasi Hubungan Konsentrasi Silikat dengan Klorofil-a

Pada penelitian ini konsentrasi silikat mempengaruhi besarnya kandungan klorofil-a, hal ini dibuktikan oleh hasil uji korelasi yang signifikan positif ($P < 0,001$; $r = 0,989$; $R^2 = 0,978$) (Tabel 5). Nilai koefisien korelasi (r) tersebut menurut Ekaputra *et al.*, (2019) memiliki keeratan hubungan sangat kuat sebab berada di range 0,75 hingga 0,99. Kejadian ini sama dengan yang terjadi di China (Fu *et al.*, 2015; Li *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2005; Zhang *et al.*, 2018) karena diatom menggunakan silikat untuk pembentukan dinding selnya dan fitoplankton mengandung klorofil-a. Tingkat kelimpahan fitoplankton mempengaruhi kadar klorofil-a di perairan. Apabila silikat rendah maka populasi fitoplankton akan menurun, sehingga konsentrasi silikat dan klorofil-a memiliki korelasi positif yang tinggi (Aryawati & Thoha, 2011; Fu *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2018). Klorofil-a menjadi indikator untuk mengukur kualitas perairan dan kelimpahan fitoplankton di permukaan perairan pesisir dan estuaria. Sementara itu, tingginya kadar silikat juga disebabkan oleh proses pencampuran yang lebih intensif sehingga silikat dan nutrisi lainnya meningkat (Eça *et al.*, 2014).

Tabel 5. Hasil Uji Korelasi *Pearson*

		Silikat	Klorofil_a
Silikat	Pearson Correlation	1	,989**
	Sig. (2-tailed)		<,001
	N	9	9
Klorofil_a	Pearson Correlation	,989**	1
	Sig. (2-tailed)	<,001	
	N	9	9

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa sebaran konsentrasi silikat di Perairan Pesisir Pantai Tirang Semarang berkisar antara 0,3337 – 1,0836 μM . Komposisi tertinggi diperoleh di daerah muara sungai (stasiun 1) dan terendah di daerah yang jauh dari muara sungai (stasiun 5). Pola penyebaran horizontal silikat didominasi pada perairan yang berada dekat dengan daratan seperti sungai dan muara, kemudian secara bertahap pola penyebaran silikat semakin rendah ke arah laut lepas atau jauh dari pantai. Sementara itu, sebaran klorofil-a berkisar antara 0,7147 – 118,1891 mg/m^3 . Konsentrasi tertinggi berada di muara sungai (stasiun 1) dan terendah di daerah yang jauh dari muara sungai (stasiun 8). Sebaran klorofil-a secara horizontal memiliki pola yang sama dengan konsentrasi silikat dan tidak dipengaruhi oleh adanya arus namun dipengaruhi oleh jauh dekatnya dengan masukan aliran air dari daratan. Hubungan antara konsentrasi silikat dengan konsentrasi klorofil-a di Perairan Pesisir Pantai Tirang Semarang menunjukkan signifikansi positif ($P < 0,001$; $r = 0,989$; $R^2 = 0,978$) dan memiliki keeratan hubungan sangat kuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhaq, M. S., Suryoputro, M. Zainuri, M. Muslim & J. Marwoto. Analisa Sebaran Klorofil-a dan Kualitas Air di Perairan Pulau Sintok, Karimunjawa, Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3(4): 332-343. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v3i4.11728>.
- Arizuna, M., Suprpto, D. & Muskananfolo, M. R. 2014. Kandungan Nitrat Dan Fosfat Dalam Air Pori Sediman Di Sungai Muara Sungai Weduk Demak. *Journal Of Maquares Management of Aquatic Resources*, 3(1): 7–16. <https://doi.org/10.14710/marj.v3i1.4281>.
- Aryawati, R. & Thoha, H. 2011. Hubungan Kandungan Klorofil-A dan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Berau Kalimantan Timur. *Maspri Journal*, 2: 89–94. <https://doi.org/10.56064/maspri.v2i1.1292>.
- Damaianto, B. & Masduqi, A. 2014. Indeks Pencemaran Air Laut Pantai Utara Kabupaten Tuban Dengan Parameter Logam. *Jurnal Teknik POMITS*, 3(1): 1–4. <https://doi.org/10.1109/ISSPIT.2005.1577147>.
- Eça, G. F., Lopes, J. B. de B. S., Souza, M. F. L. De. & Belém, A. L. 2014. Dissolved Inorganic Nutrients And Chlorophyll On The Narrow Continental Shelf Of Eastern Brazil. *Brazilian Journal Of Oceanography*, 62(1): 11–21. <https://doi.org/10.1590/S1679-87592014051306201>.
- Effendi, R., Palloan, P. & Ihsan, N. 2012. Analisis Konsentrasi Klorofil-A Di Perairan Sekitar Kota Makassar Menggunakan Data Satelit Topex/Poseidon. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika*, 8(3): 279–285. <https://doi.org/10.35580/jspf.v8i3.924>.
- Ekaputra, M., Hamdani, H., Suryadi, I. B. B. & Apriliani, I. M. 2019. Penentuan Daerah Penangkapan Potensial Ikan Tongkol (*Euthynnus Sp.*) Berdasarkan Citra Satelit Klorofil-A Di Palabuhanratu, Jawa Barat. *ALBACORE: Jurnal Penelitian Perikanan Laut*, 3(2): 169–178. <https://doi.org/10.29244/core.3.2.169-178>.
- Fu, D., Zhaojun, H., Yuanzhi, Z., Delu, P., Youzhua, D., Dazhao, L., Ying, Z., Zhihua, M. & Jianfang, C. 2015. Factors Affecting Spring Bloom In the South of Cheju Island In The East China Sea. *Acta Oceanologica Sinica*, 34(4): 51–58. <https://doi.org/10.1007/s13131-015-0633-8>.
- Fu, T., Tang, X., Cai, Z., Zuo, Y., Tang, Y. & Zhao, X. 2020. Correlation Research Of Phase Angle Variation And Coating Performance By Means Of Pearson's Correlation Coefficient. *Progress in Organic Coatings*, 139: 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2019.105459>.

- Garno, Y. S. 2020. Status Kualitas Air Pesisir Bukit Ameh Di Kawasan Ekonomi Khusus Mandeh Di Kabupaten Pesisir Selatan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(2): 190–197. <https://doi.org/10.29122/jtl.v21i2.4187>.
- Graham, R. J. & Pierrehumbert, R. 2020. Thermodynamic And Energetic Limits On Continental Silicate Weathering Strongly Impact The Climate And Habitability Of Wet, Rocky Worlds.. *The Astrophysical Journal*, 896(115): 1–22. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab9362>.
- Grasshoff, K., Kremling, K. & Ehrhardt, M. 1999. *Methods Of Seawater Analysis*. WILEY-VCH . Germany.
- Hatta, M. 2014. Hubungan Antara Parameter Oseanografi Dengan Kandungan Klorofil-A Pada Musim Timur Di Perairan Utara Papua. *Torani Journal of Fisheries and Marine Science*, 24(3): 29–39. <https://doi.org/10.35911/torani.v24i3.235>.
- Hidayah, G., Wulandari, S. Y. & Zainuri, M. 2016. Studi Sebaran Klorofil-A Secara Horizontal Di Perairan Muara Sungai Silugonggo Kecamatan Batangan, Pati. *Buletin Oseanografi Marina*, 5(1): 52. <https://doi.org/10.14710/buloma.v5i1.11296>.
- Jamshidi, S., Abu Bakar, M. N. B. & Yousefi, M. 2010. Concentration of Chlorophyll-a in Coastal Waters of Rudsar. *Research Journal of Environmental Sciences*, 4(4): 383–391. <https://doi.org/10.3923/rjes.2010.383.391>.
- Jamshidi, S. & Abu Bakar, N. B. 2011. A Study On Distribution Of Chlorophyl-A In The Coastal Waters Of Anzali Port, South Caspian Sea. *Ocean Science Discussions*, 8: 435–451. <https://doi.org/10.5194/osd-8-435-2011>.
- Jennerjahn, T. C., Ittekkot, V., Klöpffer, S., Adi, S., Nugroho, S. P., Sudiana, N., Yusmal, A., Prihartanto. & Gaye-Haake, B. 2004. Biogeochemistry Of A Tropical River Affected By Human Activities In Its Catchment: Brantas River Estuary And Coastal Waters Of Madura Strait, Java, Indonesia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 60(3): 503–514. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2004.02.008>.
- Kärcher, O., Filstrup, C. T., Brauns, M., Tasevska, O., Patceva, S., Hellwig, N., Walz, A., Frank, K. & Markovic, D. 2020. Chlorophyll A Relationships With Nutrients And Temperature, And Predictions For Lakes Across Perialpine And Balkan Mountain Regions. *Inland Waters*, 10(1): 29–41. <https://doi.org/10.1080/20442041.2019.1689768>.
- Kurnianda, V. & Heriantoni, J. 2017. Evaluasi Status Tropik Perairan Pantai Gapang, Sabang, Provinsi Aceh, Berdasarkan Konsentrasi Nitrat dan Fosfat, Kelimpahan Klorofil-A. *Depik*, 6(2): 106–111. <https://doi.org/10.13170/depik.6.2.7593>.
- Li, H. M., Zhang, C. S., Han, X. R. & Shi, X. Y. 2015. Changes In Concentrations Of Oxygen, Dissolved Nitrogen, Phosphate, And Silicate In The Southern Yellow Sea, 1980-2012: Sources And Seaward Gradients. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 163: 44–55. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2014.12.013>.
- Lukman, M., Nasir, A., Amri, K., Tambaru, R., Hatta, M., Nurfadilah, N. & Noer, R. J. 2014. Silikat Terlarut Di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 6(2): 461–478. <http://dx.doi.org/10.29244/jitkt.v6i2.9022>.
- Manasrah, R., Raheed, M. & Badran, M. I. 2006. Relationships Between Water Temperature, Nutrients And Dissolved Oxygen In The Northern Gulf Of Aqaba, Red Sea. *Oceanologia*, 48(2): 237–253.
- Marendy, F., Hartoni & Isnaini. 2017. Analisis Pola Sebaran Konsentrasi Klorofil-A Menggunakan Citra Satelit Landsat Pada Musim Timur Di Perairan Sekitar Muara Sungai Lumpur Kabupaten Oki Provinsi Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, 9(1): 33–42. <https://doi.org/10.56064/maspari.v9i1.4224>.
- Mayani, P. S., Widianingsih & Endrawati, H. 2014. Kajian Struktur Komunitas Fitoplankton Di Perairan Kajian Struktur Komunitas Fitoplankton Di Perairan Pantai Desa Tapak Kecamatan Tugu Kota Semarang. *Journal Of Marine Research*, 3(4): 535–543. <https://doi.org/10.14710/jmr.v3i4.11412>.
- Megawati, C., Yusuf, M. & Maslukah, L. 2014. Sebaran Kualitas Perairan Ditinjau Dari Zat Hara, Oksigen Terlarut Dan pH Di Perairan Selat Bali Bagian Selatan. *Jurnal Oseanografi*, 3(2): 142–150.
- Meirinawati, H. & Muchtar, M. 2017. Fluktuasi Nitrat, Fosfat Dan Silikat Di Perairan Pulau Bintan. *Jurnal Segara*, 13(3): 141–148. <https://doi.org/10.15578/segara.v13i3.6493>.
- Muslim & Jones, G. 2003. The Seasonal Variation Of Dissolved Nutrients, Chlorophyll A And Suspended Sediments At Nelly Bay, Magnetic Island. *Estuarine, Coastal And Shelf Science*, 57(3): 445–455. [https://doi.org/10.1016/S0272-7714\(02\)00373-6](https://doi.org/10.1016/S0272-7714(02)00373-6).

- Nababan, B. & Simamora, K. 2012. Variabilitas Konsentrasi Klorofil-A Dan Suhu Permukaan Laut Di Perairan Natuna. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 4(1): 121–134. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v4i1.7815>.
- Naik, S., Mishra, R. K., Sahu, K. C., Lotliker, A. A., Panda, U. S. & Mishra, P. 2020. Monsoonal Influence And Variability Of Water Quality, Phytoplankton Biomass In The Tropical Coastal Waters – A Multivariate Statistical Approach. *Frontiers in Marine Science*, 7: 1–14. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00648>.
- Nisha, B. K., Balakrishna, K., Udayashankar, H. N. & Manjunatha, B. R. 2021. Chemical Weathering And Carbondioxide Consumption In A Small Tropical River Catchment, Southwestern India. *Aquatic Geochemistry*, 27(3). <https://doi.org/10.1007/s10498-021-09394-2>.
- Papush, L. & Danielsson, A. 2006. Silicon in the marine environment: Dissolved silica trends in the Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67(1-2): 53-66. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2005.09.017>.
- Parsons, T. R., Maita, Y. & Lalli, C. M. 1984. *A Manual Of Chemical And Biological Methods For Sea Water Analysis*. Pergamon Press, Oxford.
- Pello, F. S., Adiwilaga, E. M., Huliselan, N. V. & Damar, A. 2014. Pengaruh Musim Terhadap Beban Masukkan Nutrien Di Teluk Ambon Dalam. *Jurnal Bumi Lestari*, 14(1): 63–73.
- Pérez-Ruzafa, A., Campillo, S., Fernández-Palacios, J. M., García-Lacunza, A., García-Oliva, M., Ibañez, H., Navarro-Martínez, P. C., Pérez-Marcos, M., Pérez-Ruzafa, I. M., Quispe-Becerra, J. I., Sala-Mirete, A., Sánchez, O. & Marcos, C. 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): 1–23. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00026>.
- Prayitno, H. B. & Suherman. 2012. Hubungan Antara Rasio N / P Dan Konsentrasi Silikat Di Perairan Kepulauan Tambelan Dan Kepulauan Serasan. *Jurnal Segara*, 8(1): 19–26.
- Prayitno, H. B. & Afdal. 2019. Spatial Distributions Of Nutrients And Chlorophyll-A: A Possible Occurrence Of Phosphorus As A Eutrophication Determinant Of The Jakarta Bay. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(1): 1–12. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v11i1.21971>.
- Purba, D. K., Purnomo, P. W. & Muskananfolo, M. R. 2015. Analisis Kesuburan Perairan Sekitar Muara Sungai Tuntang, Morodemak Berdasarkan Hubungan Antara Nilai Produktivitas Primer Dengan NO₃ dan PO₄. *Journal Of Maquares Management of Aquatic Resources*, 4(1): 19–24. <https://doi.org/10.14710/marj.v4i1.7811>.
- Rasyid, A. 2009. Distribusi Klorofil-A Pada Musim Peralihan Barat-Timur Di Perairan Spermonde Propinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 9(2): 125–132. <http://dx.doi.org/10.20527/fs.v1i2.1183>.
- Reichelt, A. J. & Jones, G. B. 1994. Trace Metals As Tracers Of Dredging Activity In Cleveland Bay—Field And Laboratory Studies. *Marine And Freshwater Research*, 45(7): 1237–1257. <https://doi.org/10.1071/MF9941237>.
- Rosyadi, M. I. & Suyantiningasih. 2020. Korelasi Antara Persepsi Pengelolaan Dan Layanan Pustaka Dengan Motivasi Belajar Di Digital Library UNY. *Jurnal EPISTEMA*, 1(1): 59–67. <https://doi.org/10.1201/b16768-21>.
- Saravia-Arguedas, A. Y., Vega-Bolaños, H., Vargas-Hernández, J. M., Suárez-Serrano, A., Sierra-Sierra, L., Tisseaux-Navarro, A., Cambronero-Solano, S. & Lugioyo-Gallardo, G. M. 2021. Surface-Water Quality Of The Gulf Of Papagayo, North Pacific, Costa Rica. *Water*, 13(2324): 1–15. <https://doi.org/10.3390/w13172324>.
- Sihombing, R. F., Aryawati, R. & Hartoni. 2013. Kandungan Klorofil-a Fitoplankton Di Sekitar Perairan Desa Sungsang Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, 5(1): 3–39. <https://doi.org/10.56064/maspari.v5i1.1295>.
- Sinulingga, H. A., Muskananfolo, M. R. & Rudiyaniti, S. 2017. Hubungan Tekstur Sedimen Dan Bahan Organik Dengan Makrozoobentos Di Habitat Mangrove Pantai Tirang Semarang. *Management of Aquatic Resources Journal*, 6(3): 247–254. <https://doi.org/10.14710/marj.v6i3.20583>.
- Sospedra, J., Niencheski, L. F. H., Falco, S., Andrade, C. F. F., Attisano, K. K. & Rodilla, M. 2018. Identifying The Main Sources Of Silicate In Coastal Waters Of The Southern Gulf Of Valencia (Western Mediterranean Sea). *Oceanologia*, 60(1): 52–64. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2017.07.004>.

- Sutton, J. N., André, L., Cardinal, D., Conley, D. J., De Souza, G. F., Dean, J., Dodd, J., Ehlert, C., Ellwood, M. J., Frings, P. J., Grasse, P., Hendry, K., Leng, M. J., Michalopoulos, P., Panizzo, V. N. & Swann, G. E. A. 2018. A Review of the Stable Isotope Bio-geochemistry of the Global Silicon Cycle and Its Associated Trace Elements. *Frontiers In Earth Science*, 5: 1–24. <https://doi.org/10.3389/feart.2017.00112>.
- Torres, R., Reid, B., Frangópulos, M., Alarcón, E., Márquez, M., Häussermann, V., Försterra, G., Pizarro, G., Iriarte, J. L. & González, H. E. 2020. Freshwater Runoff Effects On The Production Of Biogenic Silicate And Chlorophyll-A In Western Patagonia Archipelago (50–51°S). *Estuarine, Coastal And Shelf Science*, 241: 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.106597>.
- Tréguer, P., Nelson, D. M., Van Bennekom, A. J., DeMaster, D. J., Leynaert, A. & Quéguiner, B. 1995. The Silica Balance In The World Ocean: A Reestimate. *Science*, 268(5209): 375–379. <https://doi.org/10.1126/science.268.5209.375>.
- Yunita, N. F., Muslim & Maslukah, L. 2013. Sebaran Silikat Secara Horizontal Oleh Arus Dan Pasang Surut Di Sekitar Perairan Pelabuhan Tanjung Mas Semarang. *Jurnal Oseanografi*, 2(1): 26–32.
- Zaluchu, S. E. 2021. Metode Penelitian Di Dalam Manuskrip Jurnal Ilmiah Keagamaan. *Jurnal Teologi Berita Hidup*, 3(2): 249–266. <https://doi.org/10.38189/jtbh.v3i2.93>.
- Zellatifanny, C. M. & Mudjiyanto, B. 2018. Tipe Penelitian Deskripsi Dalam Ilmu komunikasi. *Diakom : Jurnal Media Dan Komunikasi*, 1(2): 83–90. <http://dx.doi.org/10.17933/diakom.v1i2.20>.
- Zhang, J., Zhang, G. S. & Liu, S. M. 2005. Dissolved Silicate In Coastal Marine Rainwaters: Comparison Between The Yellow Sea And The East China Sea On The Impact And Potential Link With Primary Production. *Journal of Geophysical Research*, 110(16): 1–10. <https://doi.org/10.1029/2004JD005411>.
- Zhang, Y., Huang, Z., Fu, D., Tsou, J. Y., Jiang, T., Liang, X. S. & Lu, X. 2018. Monitoring Of Chlorophyll-A And Sea Surface Silicate Concentrations In The South Part Of Cheju Island In The East China Sea Using MODIS Data. *International Journal Of Applied Earth Observation And Geoinformation*, 67: 173–178. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.01.017>.
- Zhang, P., Xu, J. L., Zhang, J. B., Li, J. X., Zhang, Y. C., Li, Y. & Luo, X. Q. 2020. Spatiotemporal Dissolved Silicate Variation, Sources, And Behavior In The Eutrophic Zhanjiang Bay, China. *Water*, 12:3586. <https://doi.org/10.3390/w12123586>.
- Zulhaniarta, D., Fauziah, Sunaryo, A. I. & Aryawati, R. 2015. Sebaran Konsentrasi Klorofil-A Terhadap Nutrien Di Muara Sungai Banyuasin Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, 7(1): 9–20. <https://doi.org/10.56064/maspari.v7i1.2488>.