



KADAR SILIKA (SiO₂) TERHADAP KELIMPAHAN DIATOM BENTIK DI SUNGAI JAMBLANG KABUPATEN CIREBON

Maharani Zahiratun Haque^{1*}, Norma Afiati², & Oktavianto Eko Jati³

^{1,2,&3}Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Jalan Prof. Sudarto Nomor 13, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia

*Email: maharanizzzhaque@gmail.com

Submit: 30-09-2023; Revised: 21-10-2023; Accepted: 07-01-2024; Published: 30-06-2024

ABSTRAK: Sungai Jamblang menjadi perhatian karena memiliki warna air sangat keruh akibat aktivitas tambang batu alam yang diproses oleh industri batu alam. Batu alam yang diproduksi di lokasi sungai Jamblang salah satunya, yaitu batuan andesit yang memiliki komponen penyusunnya adalah silika. Silika merupakan unsur paling melimpah kedua di kerak bumi setelah oksigen. Silika biasanya berasal dari mineral dan batuan yang larut dalam air. Dalam air tawar, silika kuarsa kurang larut dibandingkan silika amorf. Pengayaan nutrisi dengan silika mendukung pertumbuhan diatom, karena diatom membutuhkan silika untuk biogenesis dinding sel. Jumlah silika yang ada di air tidak langsung diserap begitu saja oleh diatom. Metode *sampling* yang digunakan adalah metode *purposive sampling*. Lokasi *sampling* yang ditetapkan yaitu 4 lokasi. Lokasi yang paling menarik adalah lokasi 2 karena terdapat 38 industri batu alam tersebar di sekitar lokasi tersebut. Adapula uji statistik regresi linear sederhana pada SPSS yang menunjukkan adanya pengaruh kadar silika terhadap kelimpahan diatom bentik di sungai Jamblang. Terhadap nilai Sig. 0,000 menunjukkan bahwa adanya pengaruh silika terhadap kelimpahan plankton di air, karena nilainya < 0,05. Kadar silika terendah diperoleh di lokasi 2, didukung pula dengan sedikitnya kelimpahan diatom yang ditemukan. Rendahnya kelimpahan diatom diduga dapat disebabkan oleh tingginya angka TSS, rendahnya kecerahan yang diamati, serta angka DO yang rendah.

Kata Kunci: Diatom, Silika, *Total Suspended Solid*.

ABSTRACT: *Jamblang River is a concern because it has a very turbid water color due to natural stone mining activities processed by the natural stone industry. One of the natural stones produced at the location of the Jamblang river is andesite rock which has a constituent component is silica. Silica is the second most abundant element in the Earth's crust after oxygen. Silica usually comes from minerals and rocks that dissolve in water. In fresh water, quartz silica is less soluble than amorphous silica. Enrichment of nutrients with silica favors the growth of diatoms, since diatoms need silica for cell wall biogenesis. The amount of silica present in water is not immediately absorbed by diatoms. The sampling method used is the purposive sampling method. The sampling locations set are 4 locations. The most interesting location is location 2 because there are 38 natural stone industries scattered around the location. There is also a simple linear regression statistical test on SPSS which shows the influence of silica levels on the abundance of benthic diatoms in the Jamblang river. The value of Sig. 0.000 shows that there is an influence of silica on plankton abundance in water because the value is < 0.05. The lowest silica content obtained at location 2 is also supported by the least abundance of diatoms found. The low abundance of diatoms is thought to be caused by high TSS numbers, low observed brightness, and low DO numbers.*

Keywords: *Diatoms, Silica, Total Suspended Solid.*

How to Cite: Haque, M. Z., Afiati, N., & Jati, O. E. (2023). Kadar Silika (SiO₂) terhadap Kelimpahan Diatom Bentik di Sungai Jamblang Kabupaten Cirebon. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 12(1), 14-27. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v12i1.9192>



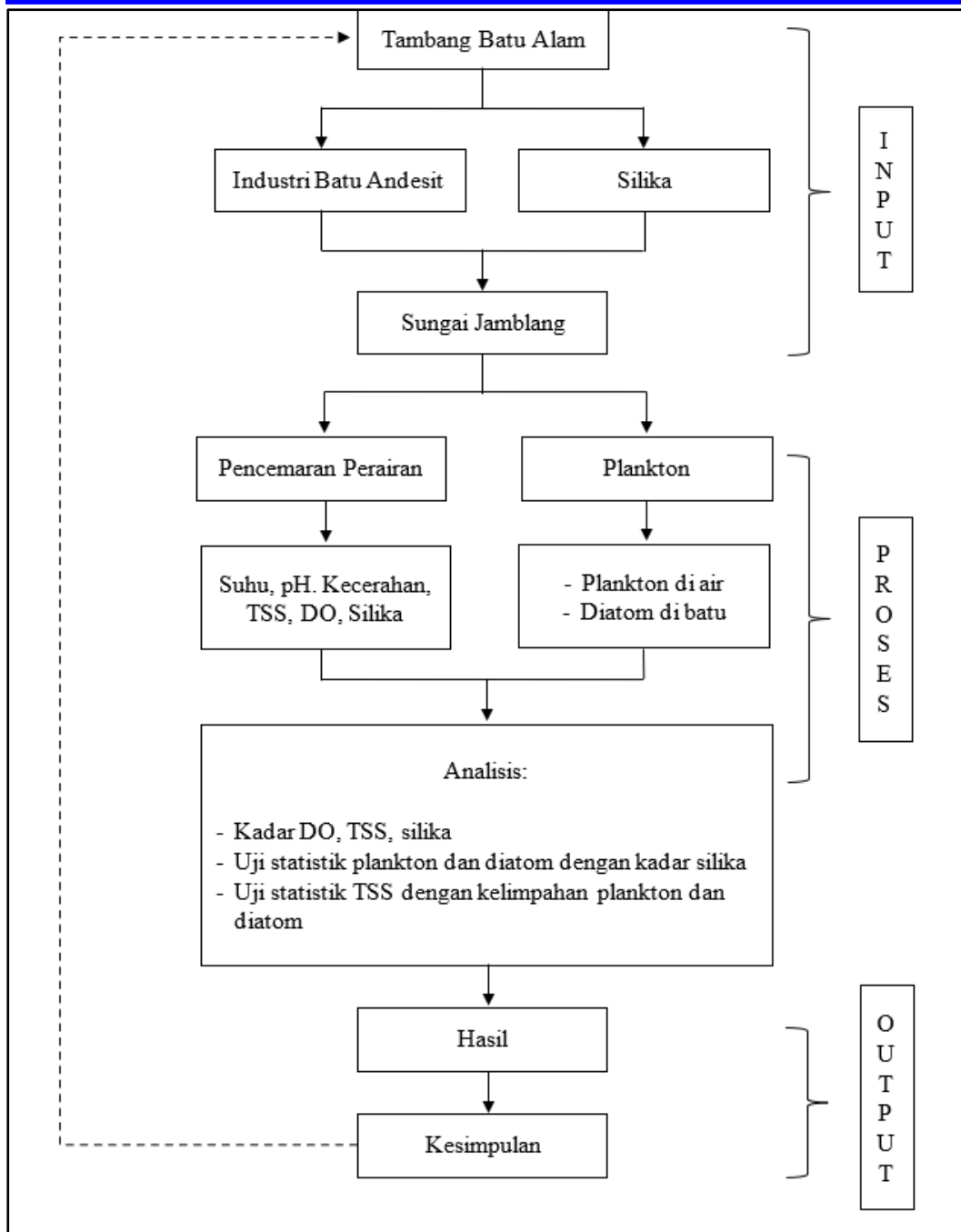
PENDAHULUAN

Diatom adalah kelompok mikroalga kelas *Bacillariophyceae* yang termasuk produsen utama. Sebagai produsen utama, diatom juga memengaruhi siklus unsur biogeokimia, mengumpulkan makronutrien, dan melacak logam seperti N, P, Si, dan Fe yang tenggelam ke kedalaman, lalu diremineralisasi di perairan permukaan atau dikonsumsi oleh tingkat trofik yang lebih tinggi (Sheehan *et al.*, 2020). Adapula penelitian yang telah dilakukan terkait hubungan silika dengan kelimpahan diatom. Hubungan kandungan silika dengan kelimpahan diatom dilakukan di sungai Pelus, Kabupaten Banyumas, termasuk ke dalam kategori rendah, yaitu sebesar 38% (Umiatun *et al.*, 2017). Silika ditemukan dalam berbagai macam, contohnya silika koloid, silika kuarsa, dan silika amorf. Menurut Marella *et al.* (2018), dalam air tawar, silika kuarsa kurang larut dibandingkan silika amorf. Pengayaan nutrisi dengan silika mendukung pertumbuhan diatom, karena diatom membutuhkan silika untuk biogenesis dinding sel.

Sungai Jamblang menjadi sangat menarik perhatian karena memiliki warna air sangat keruh akibat aktivitas tambang batu alam yang diproses oleh industri batu alam. Batu alam yang diproduksi di lokasi sungai Jamblang, salah satunya yaitu batuan andesit yang memiliki komponen penyusunnya adalah silika. Selain dihasilkan dari batuan andesit, silika sudah ada sejak sebelum adanya industri batu alam beroperasi karena terbentuk secara alami. Aktivitas industri batu alam tentunya menghasilkan limbah berupa debu serta serbuk halus yang diasumsikan mengalir ke sungai. Hal ini berpotensi mempengaruhi kualitas air sungai dan dengan demikian biota yang hidup di dalamnya. Secara hayati, silika merupakan penyusun dinding sel pada beberapa spesies plankton, khususnya diatom. Oleh karena itu, selain ingin mengetahui kualitas air sungai Jamblang, dipelajari pula tentang pengaruh silika terhadap kelimpahan diatom di sungai Jamblang.

METODE

Penelitian telah dilakukan pada bulan Desember 2022 di Sungai Jamblang, Kabupaten Cirebon yang terdiri dari 4 lokasi berbeda, masing-masing lokasi dibagi lagi menjadi 3 titik pengambilan sampel. Jenis penelitian termasuk ke dalam penelitian kuantitatif. Sampel yang diamati dan diidentifikasi di laboratorium, yaitu diatom menggunakan buku *Jansen Van Vureen*. Total Suspended Solid, dan kadar Silika. Variabel yang diamati langsung di lapangan, yaitu debit air sungai, pH, *Dissolved Oxygen*, kecepatan arus, dan temperatur.

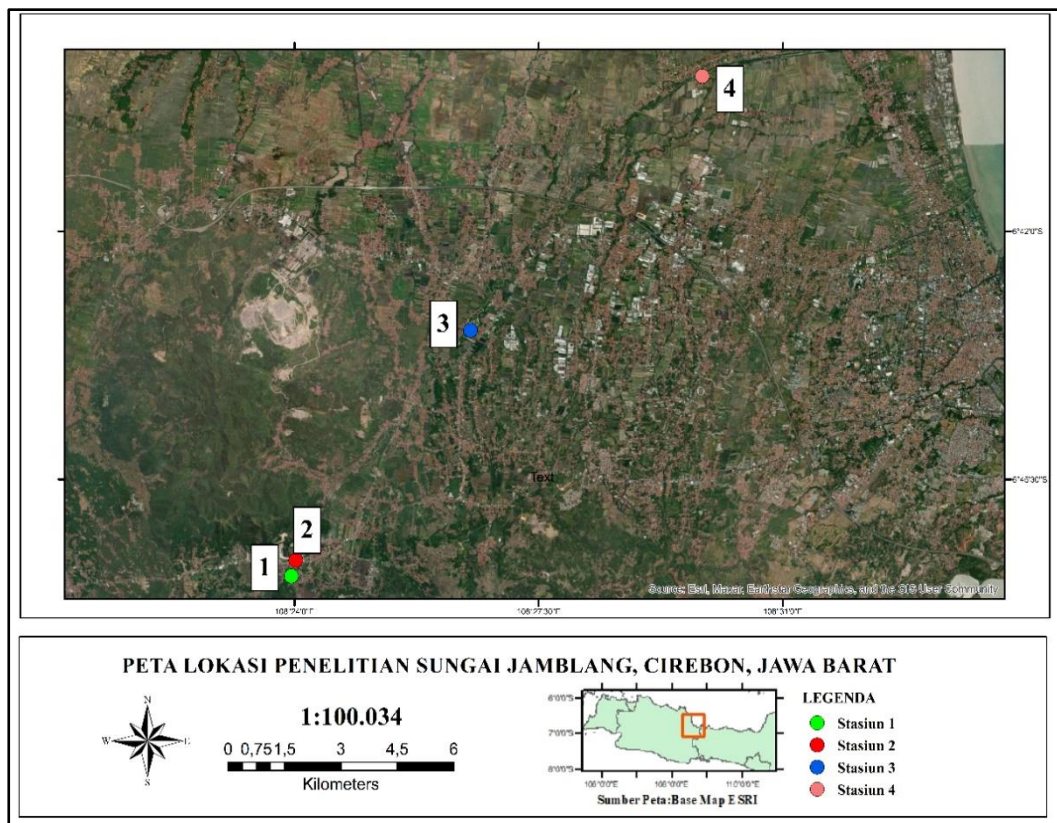


Gambar 1. Skema Penelitian di Sungai Jamblang Kabupaten Cirebon.

Tabel 1. Lokasi Penelitian di Sungai Jamblang Kabupaten Cirebon.

Lokasi	Titik Koordinat	Keterangan
Lokasi 1	6°46'51.6"S dan 108°23'57.7"E	- Berada di dekat pemukiman. - Sebelum adanya industri batu alam sebagai sumber pencemar.
Lokasi 2	6°46'38.5"S dan 108°24'01.1"E	- Di sepanjang sungai > 10 industri batu alam andesit. - Sepanjang sungai terdapat banyak pepohonan tinggi dan rerumputan.

Lokasi	Titik Koordinat	Keterangan
Lokasi 3	6°43'24.4"S dan 108°26'31.6"E	- Dekat dengan pemukiman warga. - Lokasi 3 seringkali digunakan MCK warga. - Di sempadan sungai terdapat pepohonan tinggi. - Letaknya setelah sumber pencemar namun masih mendapatkan pengaruhnya.
Lokasi 4	6°39'49.1"S dan 108°29'50.5"E	- Dekat dengan muara. - Di sempadan sungai ditumbuhi rerumputan. - Letaknya jauh dari sumber pencemar industri batu alam.



Gambar 2. Lokasi Penelitian di Sungai Jamblang Kabupaten Cirebon.

Pengambilan sampel dilakukan secara spasial. Metode *sampling* yang digunakan adalah metode *purposive sampling*. Menurut Maharani & Bernard (2018), *purposive sampling* merupakan teknik pengambilan sampel yang digunakan oleh peneliti berdasarkan atas adanya pertimbangan tertentu. Dalam hal ini, yaitu kondisi sungai sebelum sumber pencemar, yaitu industri batu alam di dekat sumber pencemar setelah sumber pencemar namun masih terpengaruh limbah industri batu alam dan jauh dari sumber pencemar. Sampel yang telah diambil kemudian diletakkan di dalam *coolbox* untuk menjaga kesterilan serta suhu agar sampel tidak terkontaminasi. Setelah itu diserahkan ke laboratorium untuk dianalisis. Sampel yang dianalisis di laboratorium adalah TSS, diatom, dan silika.

Metode analisis data yang digunakan pada penelitian ini ialah regresi linear sederhana pada aplikasi SPSS versi 20. Penggunaan metode analisis

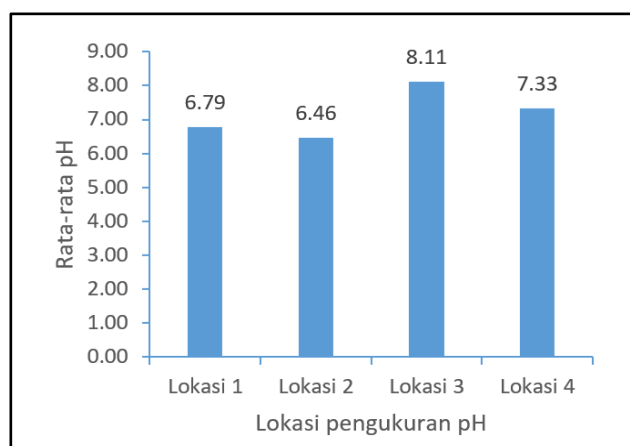
tersebut bertujuan untuk mengetahui hubungan antara 2 variabel dependen, yaitu kelimpahan plankton di air dan kelimpahan diatom di batuan serta variabel independen, yaitu kadar silika di Sungai Jamblang. Menurut Uyanik & Guler (2013), analisis regresi merupakan teknik, guna mengestimasi suatu hubungan pada beberapa variabel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rangkaian *sampling* dan analisis telah selesai dilaksanakan. Berikut merupakan hasil analisis yang terdiri dari pH, TSS, DO, jenis dan kelimpahan diatom, dan silika di setiap lokasi.

pH

pH terendah pada pengukuran yang telah dilakukan diperoleh di lokasi 2 yang dekat dengan sumber pencemar limbah industri batu alam, memiliki rata-rata pH sebesar 6,46 (Gambar 3), yang berarti perairan tersebut bersifat asam. Dampak yang terjadi saat pengambilan sampel adalah ketika air hujan terkena mata terasa sangat perih, selain itu diatom yang ditemukan di lokasi 2 paling sedikit di antara lokasi lainnya. Adapun pH tertinggi diperoleh dengan angka rata-rata 8,11 pada lokasi 3 yang terletak setelah sumber pencemar bersifat basa.



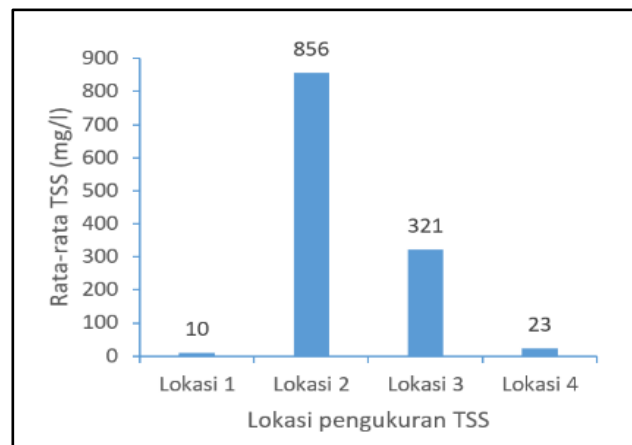
Gambar 3. Angka pH di Sungai Jamblang.

Pengukuran pH sangat penting dalam memantau kestabilan perairan dan dominasi diatom (Gurning *et al.*, 2020; Utami *et al.*, 2023), di lokasi 2 dilakukan setelah hujan berhenti yang kemungkinan telah terjadinya hujan asam. Hujan asam dapat terjadi karena banyaknya kegiatan antropogenik di sepanjang lokasi 2, yaitu kegiatan industri batu alam yang menyebabkan rata-rata pH perairan lokasi 2 sebesar 6,46. Menurut Supriatin *et al.* (2017), hujan asam terjadi akibat adanya polutan SO₂ di atmosfer yang terlarut dalam air hujan. SO₂ berasal dari kegiatan industri, kendaraan bermotor, maupun gunung berapi. Selain itu, diduga berasal dari tanah yang mengandung debu, sehingga proses erosi mudah terjadi (Moha *et al.*, 2020). Debu yang dihasilkan lokasi 2 berasal dari kegiatan industri batu alam.

Total Suspended Solid (TSS)

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, baku mutu TSS air sungai dan sejenisnya pada kelas 2 yaitu 50 mg/l.

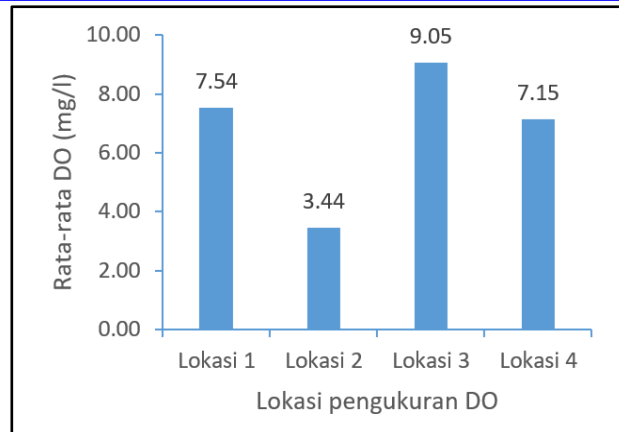
Dengan demikian, angka TSS sebesar 856 mg/l pada lokasi 2 yang menjadi sumber pencemar dari industri batu alam telah melebihi baku mutu yang ditetapkan, yaitu sebesar 50 mg/l. Selain lokasi 2 diperoleh juga angka TSS yang melebihi baku mutu, yaitu pada lokasi 3 setelah sumber pencemar yang ditunjukkan dengan angka rata-rata 321 mg/l (Gambar 4). Lokasi 3 masih terpengaruh oleh limbah industri batu alam, namun tidak sebanyak di lokasi 2. Faktor lainnya yang memengaruhi angka TSS pada lokasi 3 adalah beragam kegiatan antropogenik domestik di sekitar sungai, seperti mencuci pakaian, buang air besar/kecil, hingga membuang sampah secara langsung ke sungai. Menurut Ngatia *et al.* (2023), kegiatan antropogenik sering membahayakan kualitas air dari sistem air alami, karena tidak memiliki mekanisme saluran pembuangan yang tepat menjadikannya tidak layak untuk penggunaan rumah tangga dan pertanian.



Gambar 4. Angka TSS di Sungai Jamblang.

Dissolved Oxygen (DO)

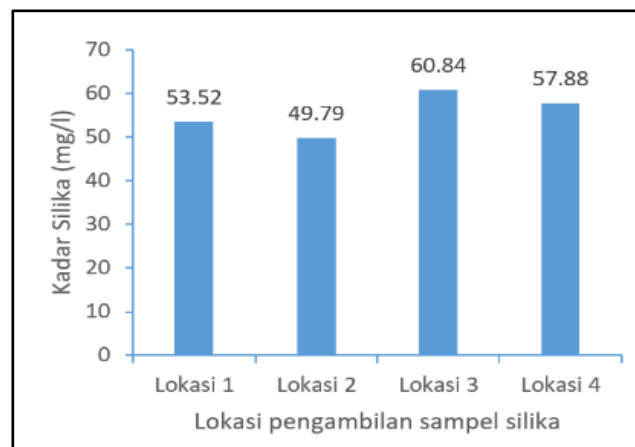
Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, batas minimal kadar DO untuk baku mutu badan air kelas II ialah 4 mg/l. Dengan demikian angka DO yang diperoleh di lokasi 2 tidak memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Rendahnya kadar DO mungkin disebabkan karena industri kriya batu alam di sepanjang lokasi 2 Sungai Jamblang. Selain serbuk halus, dihasilkan pula limbah cair hasil pencucian batu alam yang sedang diproses menjadi barang konsumsi. Limbah-limbah tersebut seringkali dibuang langsung ke badan sungai sehingga berkemungkinan memberikan dampak negatif terhadap perairan. Faktor yang dapat memengaruhi rendahnya kadar DO dalam perairan ialah aktivitas industri di sepanjang badan sungai. Kegiatan industri dapat menyumbang limbah dalam bentuk padatan tersuspensi. Hal ini mempersulit regenerasi oksigen karena mikroorganisme menggunakan oksigen untuk memecah produk limbah yang membutuhkan oksigen. Hal ini dibuktikan juga pada hasil pengujian TSS di lokasi 2 memiliki rata-rata paling tinggi di antara lokasi lainnya yaitu sebesar 856 mg/l (Gambar 5).



Gambar 5. Angka DO di Sungai Jamblang.

Silika (SiO₂)

Silika merupakan unsur mineral paling banyak kedua yang ditemukan di kerak bumi (Imtiaz *et al.*, 2016). Silika biasanya berasal dari mineral dan batuan yang melarutkan air, seperti kuarsa, mika, dan *feldspar* (Hussein, 2022). Dihasilkan dari pengujian laboratorium kadar silika tertinggi 60,84 mg/l pada lokasi 3.



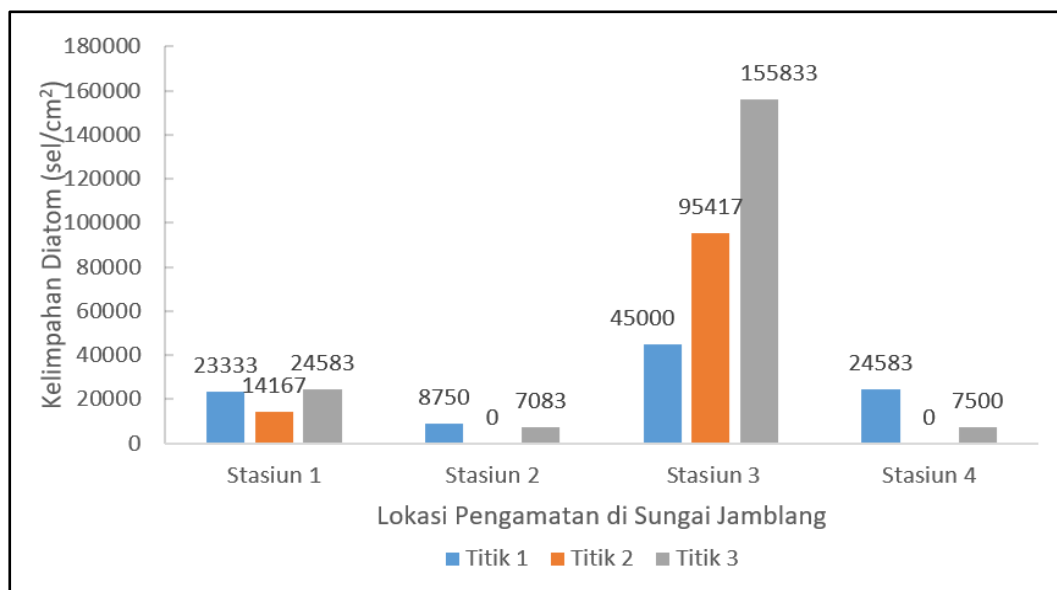
Gambar 6. Kadar Silika di Sungai Jamblang.

Perbandingan kadar silika pada setiap lokasi memiliki hasil yang tidak berbeda jauh (Gambar 6). Hal ini dapat menunjukkan bahwa silika yang dihasilkan bukan hanya berasal dari batu andesit yang diproses, melainkan memang sudah terbentuk secara alamiah. Menurut Pradeep *et al.* (2016), konsentrasi rata-rata silika dalam air alami berkisar antara 1 dan 30 mg/l. Batas kelarutan silika dalam air diperkirakan sekitar 120 mg/l pada suhu 25°C. Silika yang ditemukan pada masing-masing lokasi *sampling* lebih dari 30 mg/l, namun tidak melebihi dari 120 mg/l, Menurut Hussein (2022), kadar silika biasanya lebih rendah di perairan permukaan, tetapi beberapa air permukaan mungkin mengandung konsentrasi silika yang tinggi, tergantung pada kondisi hidrogeologi. Tinggi rendahnya angka silika di setiap lokasi dapat disebabkan oleh adanya pengaruh pH. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 6. pH

tertinggi diperoleh di lokasi 3, hal yang sama juga terjadi pada silika tertinggi yang diperoleh di lokasi 3, yaitu lokasi setelah sumber pencemar. Lokasi 1 sebelum sumber pencemar menghasilkan pH 6,79 dan silika 53,52 mg/l. Sedangkan pH terendah diperoleh di lokasi 2 (Gambar 3) dan angka silika terendah juga ditemukan di lokasi 2 (Gambar 6), yaitu lokasi yang menjadi sumber pencemar dari industri batu alam. Silika dapat terbentuk paling cepat mendekati pH 8.

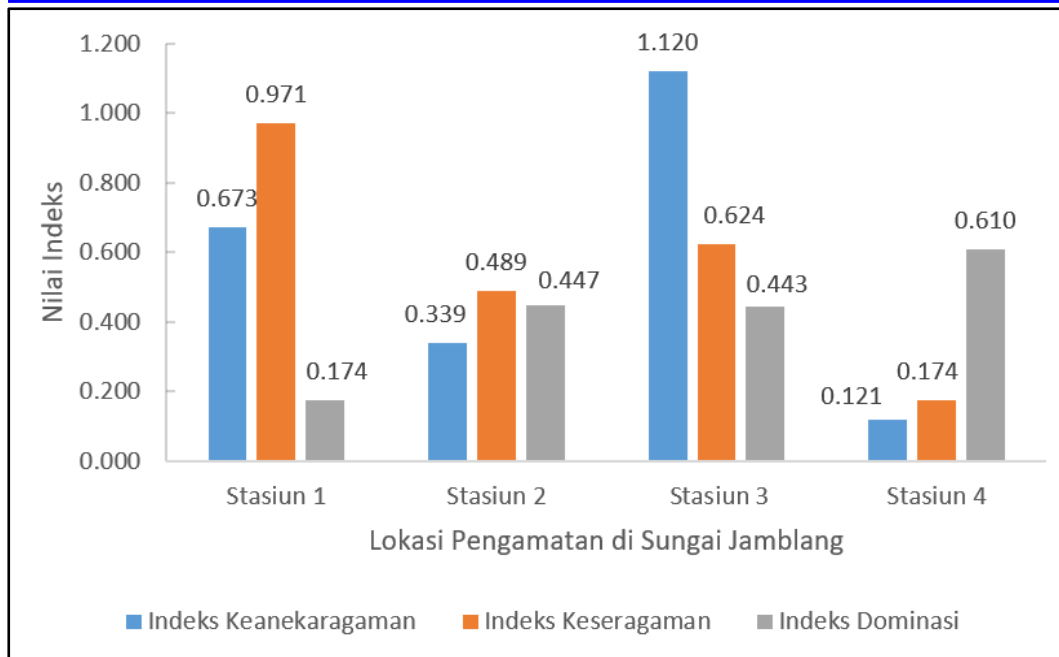
Jenis Diatom di Sungai Jamblang

Berdasarkan hasil perhitungan kelimpahan diatom diperoleh kelimpahan tertinggi, yaitu sebesar 155.833 sel/cm² di lokasi 3, titik 3. Kelimpahan terendah diperoleh di titik 2 lokasi 2, yaitu 7083 sel/cm² yang dapat dilihat pada Gambar 7.



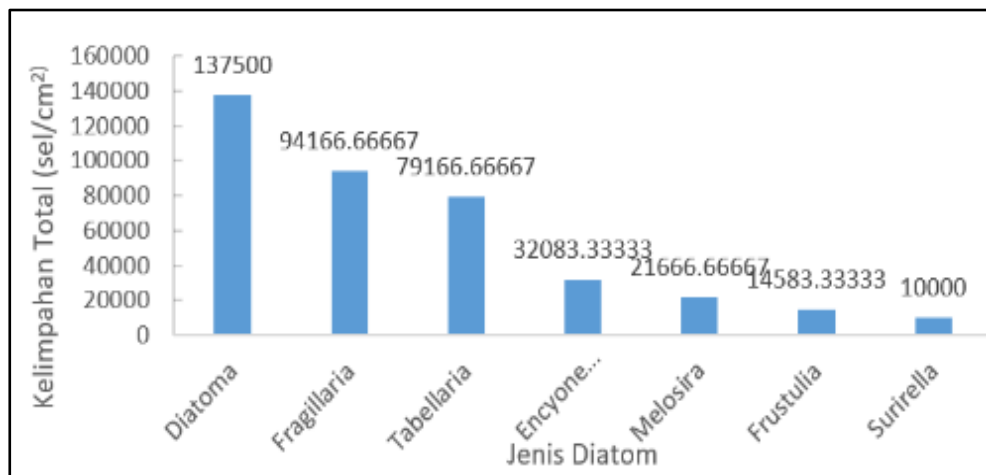
Gambar 7. Lokasi Pengamatan di Sungai Jamblang.

Angka indeks keanekaragaman, keseragaman, dan dominasi tertinggi berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan secara berurutan ialah 1,120 di lokasi 3; 0,971 di lokasi 1; dan 0,610 di lokasi 4. Angka indeks keanekaragaman yang diperoleh termasuk ke dalam kategori keanekaragaman yang sedang. Angka indeks keseragaman yang diperoleh menunjukkan bahwa keseragaman atau kesamaan jenis spesies yang tinggi, sedangkan angka indeks dominasi yang diperoleh menunjukkan adanya spesies yang mendominasi di lokasi 4 Sungai Jamblang. Angka indeks keanekaragaman terendah diperoleh di lokasi 4 sebesar 0,121. Angka yang diperoleh menunjukkan keanekaragaman yang rendah pada lokasi tersebut. Angka indeks keseragaman terendah diperoleh pada lokasi 4 juga sebesar 0,174. Angka tersebut menunjukkan rendahnya kesamaan jenis biota di lokasi 4. Angka indeks dominasi yang rendah ditunjukkan oleh hasil *sampling* pada lokasi 1 sebesar 0,174. Angka tersebut menunjukkan tidak adanya dominasi di lokasi 1 pada Sungai Jamblang. Angka indeks keanekaragaman, keseragaman, dan dominasi di setiap lokasi dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Lokasi Pengamatan di Sungai Jamblang.

Diatom yang ditemukan saat pengamatan yaitu sebanyak 20 genera. Jenis diatom yang paling tinggi kelimpahannya ialah *Diatoma* sp., yaitu 137.500 sel/cm² (Gambar 9). Menurut Sulastri (2018), diatom merupakan salah satu jenis fitoplankton yang memiliki frustula atau dinding sel yang berasal dari silika. Saat pengamatan kelimpahan diatom terendah diperoleh pada lokasi 2. Hal tersebut kemungkinan disebabkan karena tingginya angka TSS.

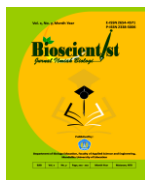


Gambar 9. Kelimpahan Diatom di Sungai Jamblang.



Gambar 10. Jenis Diatom di Sungai Jamblang.

Adapula uji statistik yang dilakukan menunjukkan bahwa adanya pengaruh TSS terhadap kelimpahan diatom.



Tabel 2. Uji Statistik TSS dengan Kelimpahan Diatom.

<i>Coefficients^a</i>						
<i>Model</i>		<i>Unstandardized Coefficients</i>		<i>Unstandardized Coefficients</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
		<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Beta</i>		
1	(Constant)	149.153	.540	-.884	276.035	.000
	TSS	-.007	.001		-5.992	.000

a. *Dependent Variable: Kelimpahan Diatom*

Selain itu diatom diambil sebagian besar yang menempel pada batuan. Menurut Nugroho (2019), diatom memiliki semacam gelatin (*gelatinous extrusion*) yang memberikan daya lekat pada benda atau substrat. Saat pengambilan diatom, arus yang berada di lokasi 2 rata-rata 1,157 m/s termasuk sangat cepat dibanding dengan lokasi 1 sebelum sumber pencemar, lokasi 3 setelah sumber pencemar, dan lokasi 4 jauh dari sumber pencemar limbah industri batu alam, sehingga diatom yang menempel pada batuan diduga terlepas, terbawa arus sehingga kelimpahan diatom yang berada di lokasi 2 paling sedikit di antara lokasi pengamatan lainnya. Diatom sangat bergantung pada pergerakan massa air maupun pola arus secara horizontal dan vertikal. Diatom yang melekat pada dasar perairan namun kemudian terbawa arus disebut dengan tikoplankton.

Hubungan Kadar Silika dengan Kelimpahan Diatom

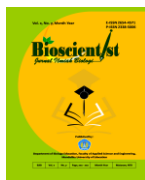
Perlu diketahui bahwa jumlah silika yang ada di air tidak langsung diserap begitu saja oleh plankton maupun diatom. Organisme tersebut memiliki tiga strategi untuk penyerapan silika. Menurut Singh *et al.* (2022), penyerapan silika pada diatom dapat dilakukan dengan penambahan silika ke sel yang kekurangan silika. Selain itu dilakukan penyerapan yang dikontrol secara eksternal, yaitu dengan menambahkan silika ke lingkungan. Strategi ketiga yaitu penyerapan yang dikendalikan secara internal yang diatur oleh laju penggabungan silika dinding sel. Kadar silika terendah diperoleh di lokasi 2 (Gambar 6), didukung pula dengan sedikitnya kelimpahan plankton dan diatom yang ditemukan. Menurut Zhang *et al.* (2019), silika merupakan elemen penting bagi penyusun dinding sel dari diatom, jika kadar silika rendah, maka diatom tidak akan selesai dalam membentuk dinding selnya. Rendahnya kelimpahan plankton dan diatom kemungkinan disebabkan oleh tingginya angka TSS di lokasi 2 yang menjadi sumber pencemar. Adanya pengaruh TSS terhadap kelimpahan diatom memberikan nilai *R Square* sebesar 78,2%.

Tabel 3. Nilai *R Square* TSS terhadap Kelimpahan Diatom.

<i>Model Summary^b</i>				
<i>Model</i>	<i>R</i>	<i>R Square</i>	<i>Adjusted R Square</i>	<i>Std. Error of the Estimate1</i>
1	.884 ^a	.782	.760	1.45676

a. *Predictors: (Constant), Silika*
b. *Dependent Variable: Kelimpahan Diatom*

Pertumbuhan diatom didukung oleh kandungan silika minimal 0,5 mg/l. Mempertegas kembali jika kurang dari kadar tersebut, maka fitoplankton, khususnya diatom tidak dapat berkembang dengan baik. Menurut Hastuti *et al.*



(2018), unsur hara silika sangat dibutuhkan dan berpengaruh pada proses pertumbuhan dan perkembangan kehidupan beberapa jenis fitoplankton, misalnya diatom.

Tabel 4. Hasil Uji Statistik Silika dengan Kelimpahan Diatom.

<i>Coefficients^a</i>						
<i>Model</i>		<i>Unstandardized Coefficients</i>		<i>Unstandardized Coefficients</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
		<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Beta</i>		
1	(Constant)	-793.149	353.733	.645	-2.242	.049
	Silika	16.940	6.355		2.666	.024

a. *Dependent Variable:* Plankton di Batu

Terhadap nilai Sig. $0,024 < 0,05$ artinya ada pengaruh kadar silika terhadap kelimpahan diatom di batu. Uji t juga menunjukkan bahwa adanya pengaruh terhadap kedua variabel tersebut dengan t tabel $2,666 > t$ hitung $2,228$.

SIMPULAN

Variabel yang tidak memenuhi baku mutu air sungai menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021, yaitu TSS di lokasi 2, yaitu lokasi yang menjadi sumber pencemar dari industri batu alam memiliki rata-rata sebesar 856 mg/l dan lokasi 3 setelah sumber pencemar namun masih mendapat pengaruhnya rata-rata TSS sebesar 321 mg/l. Selain TSS, DO di lokasi 2 juga tidak memenuhi baku mutu yaitu 3,44 mg/l. Hubungan antara kadar silika terhadap kelimpahan plankton di air dan diatom yang menempel di batuan Sungai Jamblang memiliki hasil yang signifikan, karena nilai Sig. $< 0,05$

SARAN

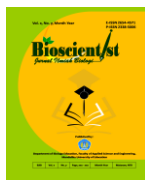
Sebaiknya variabel yang diteliti lebih beragam, misalnya menambahkan variabel Salinitas, CO₂, BOD, Sulfur dioksida, dan Nitrat. Titik pengamatan ditambah lebih banyak agar diatom yang ditemukan juga lebih beragam dan lingkungan yang kita tempati dijaga dengan baik dalam upaya berkelanjutan mengurangi pencemaran lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

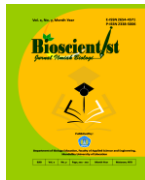
Terima kasih kepada donatur penelitian, kerabat, maupun pihak lainnya yang senantiasa mendukung terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Gurning, L. F. P., Nuraini, R. A. T., & Suryono, S. (2020). Kelimpahan Fitoplankton Penyebab *Harmful Algal Bloom* di Perairan Desa Bedono, Demak. *Journal of Marine Research*, 19(3), 251-260. <https://doi.org/10.14710/jmr.v9i3.27483>
- Hastuti, A. W., Pancawati, Y., & Surana, I. N. (2018). The Abundance and Spatial Distribution of Plankton Communities in Perancak Estuary, Bali. *IOP*



- Conference Series : Earth and Environmental Science*, 176(1), 1-9.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/176/1/012042>
- Hussein, A. (2022). *Essentials of Flow Assurance Solids in Oil and Gas Operations: Understanding Fundamentals, Characterization, Prediction, Environmental Safety, and Management*. Texas: Gulf Professional Publishing.
- Imtiaz, M., Rizwan, M. S., Mushtaq, M. A., Ashraf, M., Shahzad, S. M., Yousaf, B., Saeed, D. A., Rizwan, M., Nawaz, M. A., Mehmood, S., & Tu, S. (2016). Silicon Occurrence, Uptake, Transport and Mechanisms of Heavy Metals, Minerals and Salinity Enhanced Tolerance in Plants With Future Prospects: A Review. *Journal of Environmental Management*, 183(3), 521-529. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.009>
- Maharani, S., & Bernard, M. (2018). Analisis Hubungan Resiliensi Matematik terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa pada Materi Lingkaran. *Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 1(5), 819-826. <https://doi.org/10.22460/jpmi.v1i5.p819-826>
- Marella, T. K., Parine, N. R., & Tiwari, A. (2018). Potential of Diatom Consortium Developed by Nutrient Enrichment for Biodiesel Production and Simultaneous Nutrient Removal from Waste Water. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(4), 704-709. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.05.011>
- Moha, S., Taslim, I., & Jaya, R. (2020). Pendugaan Laju Sedimentasi dengan Menggunakan Model USLE di Sub Das Biyonga. *Jurnal Sains Informasi Geografi*, 3(1), 53-64. <https://dx.doi.org/10.31314/jsig.v3i1.559>
- Ngatia, M., Kithiia, S. M., & Voda, M. (2023). Effects of Anthropogenic Activities on Water Quality within Ngong River Sub-Catchment, Nairobi, Kenya. *Water*, 15(4), 1-22. <https://doi.org/doi.org/10.3390/w15040660>
- Nugroho, S. H. (2019). Karakteristik Umum Diatom dan Aplikasinya pada Bidang Geosains. *Oseana*, 44(1), 70-87. <https://doi.org/10.14203/oseana.2019.Vol.44No.1.32>
- Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. 2021. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.
- Pradeep, K., Nepolian, M., Anandhan, P., Kaviyaran, R., Prasanna, M. V., & Chidambaram, S. (2016). A Study on Variation in Dissolved Silica Concentration in Groundwater of Hard Rock Aquifers in Southeast Coast of India. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 121(1), 1-11. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/121/1/012008>
- Sheehan, C. E., Baker, K. G., Nielsen, D. A., & Petrou, K. (2020). Temperatures Above Thermal Optimum Reduce Cell Growth and Silica Production While Increasing Cell Volume and Protein Content in the Diatom *Thalassiosira Pseudonana*. *Hydrobiologia*, 847(20), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04408-6>
- Singh, P. K., Bhattacharjya, R., Marella, T. K., Saxena, A., Mishra, B., Savio, S., Congestri, R., Sindhu, R., Binod, P., & Tiwari, A. (2022). Production of Lipids and Proteins from Marine Diatoms Under Changing pH and



-
- Silica. *Bioresource Technology*, 362(1), 1-20.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127766>
- Sulastri, S. (2018). *Fitoplankton Danau-danau di Pulau Jawa: Keanekaragaman dan Perannya sebagai Bioindikator Perairan*. Jakarta: LIPI Press.
- Supriatin, L. S., Cahyono, W. E., & Syafrizon, S. (2017). The Effect of Rainwater Quality on the Methane Concentration. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, 2(2), 103-109. <https://doi.org/10.20961/jkpk.v2i2.11972>
- Umiatun, S., Carmudi, C., & Christiani, C. (2017). Hubungan antara Kandungan Silika dengan Kelimpahan Diatom Benthik di Sepanjang Sungai Pelus Kabupaten Banyumas. *Scripta Biologica*, 4(1), 61-67.
<https://doi.org/10.20884/1.sb.2017.4.1.387>
- Utami, F., Utami, S. D., & Safnowandi, S. (2023). Struktur Komunitas Mangrove di Pesisir Pantai Cemara Kabupaten Lombok Barat dalam Upaya Penyusunan Modul Ekologi. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi*, 3(4), 206-225. <https://doi.org/10.36312/biocaster.v3i4.213>
- Uyanık, G. K., & Güler, N. (2013). A Study on Multiple Linear Regression Analysis. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 106(1), 234-240.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.027>
- Zhang, Y., Peng, C., Wang, J., Huang, S., Hu, Y., Zhang, J., & Li, D. (2019). Temperature and Silicate are Significant Driving Factors for the Seasonal Shift of Dominant Diatoms in a Drinking Water Reservoir. *Journal of Oceanology and Limnology*, 37(2), 568-579.
<https://doi.org/10.1007/s00343-019-8040-1>