

**DAMPAK PENCEMARAN LIMBAH BATU ALAM TERHADAP DISTRIBUSI DAN
KELIMPAHAN FITOPLANKTON DI KABUPATEN CIREBON**

*The Impact of Natural Stone Waste Pollution on The Distribution and Abundance of
Phytoplankton in Cirebon District*

Sri Wahyuningsih^{*)}

Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon
Jl. Perjuangan No. 17 Cirebon, 45135, Indonesia

^{*)}Korespondensi: syuni0389@gmail.com

ABSTRAK

Industri batu alam di Kabupaten Cirebon menghasilkan sejumlah besar limbah cair yang langsung dibuang ke sungai. Endapan lumpur yang dihasilkan dari proses pencucian batu alam mengandung material tersuspensi tinggi, sehingga menyebabkan pencemaran perairan dan mengganggu kehidupan organisme perairan termasuk fitoplankton. Fitoplankton mempunyai peranan ekologis penting sebagai produsen primer dan sumber makanan bagi organisme lain, dimana distribusi dan kelimpahannya sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak pencemaran limbah batu alam terhadap kelimpahan dan struktur komunitas fitoplankton di beberapa lokasi perairan di DAS Jamblang. Sebanyak tiga stasiun pengamatan dipilih melalui metode *purposive sampling* di beberapa titik DAS Jamblang Kabupaten Cirebon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fitoplankton ditemukan di seluruh stasiun pengamatan dengan jenis yang teridentifikasi terdiri atas empat kelas yaitu yaitu *Bacillariophyceae* (16 genus), *Chlorophyceae* (4 genus), *Cyanophyceae* (4 genus) dan *Euglenophyceae* (2 genus). *Bacillariophyceae* merupakan kelas yang paling beragam jenisnya, sementara *Oscillatoria* sp. dari kelas *Cyanophyceae* ditemukan paling melimpah di semua stasiun. Kelimpahan fitoplankton berkisar antara 716.587 - 1.332.122 sel/m³, dimana kelimpahan tertinggi ditemukan di stasiun 2. Indeks ekologi menunjukkan bahwa keanekaragaman dan keseragaman fitoplankton di semua stasiun termasuk kategori sedang. Dominasi spesies di stasiun 2 dan stasiun 3 rendah, sementara di stasiun 1 cenderung lebih besar dominasinya dibandingkan stasiun lainnya. Secara keseluruhan dari hasil perhitungan kelimpahan dan struktur komunitas, beberapa spesies fitoplankton menunjukkan resistensi terhadap kondisi perairan tercemar limbah batu alam dan limbah antropogenik lainnya terutama dari kelas *Bacillariophyceae* dan *Cyanophyceae* yang dapat dijadikan sebagai indikator perairan tercemar.

Kata Kunci: Fitoplankton, distribusi, kelimpahan, limbah batu alam

ABSTRACT

The natural stone industry in Cirebon Regency produces large amounts of liquid waste which is directly discharged into rivers. The sludge resulting from the natural stone washing process contains high levels of suspended material, causing water pollution and disrupting the life of aquatic organisms including phytoplankton. Phytoplankton have an important ecological role as primary producers and food sources for other organisms, where their distribution and abundance are strongly influenced by various environmental factors. This research aims to

determine the impact of natural stone waste pollution on the abundance and structure of phytoplankton communities in several water locations in the Jamblang watershed. A total of three observation stations were selected using a purposive sampling method at several points in the Jamblang Watershed, Cirebon Regency. The research results showed that phytoplankton were found at all observation stations with the identified types consisting of four classes, namely Bacillariophyceae (16 genera), Chlorophyceae (4 genera), Cyanophyceae (4 genera) and Euglenophyceae (2 genera). Bacillariophyceae is the most diverse class, while Oscillatoria sp. from the Cyanophyceae class was found to be the most abundant at all stations. The abundance of phytoplankton ranged between 716,587 - 1,332,122 cell/m³, where the highest abundance was found at station 2. The ecological index showed that the diversity and uniformity of phytoplankton at all stations was in the medium category. Species dominance at station 2 and station 3 is low, while at station 1 tends to have greater dominance than at other stations. Overall, from the results of calculations of abundance and community structure, several phytoplankton species show resistance to water conditions polluted by natural stone waste and other anthropogenic waste, especially from the Bacillariophyceae and Cyanophyceae classes which can be used as indicators of polluted waters.

Keywords: *Phytoplankton, distribution, abundance, natural stone waste*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan sektor industri yang begitu cepat akan selalu diiringi dengan meningkatnya eksploitasi terhadap sumberdaya alam. Kegiatan eksploitasi ini seringkali tidak memperhatikan kode etik lingkungan hidup (Inopianti *et al.*, 2016). Batu alam menjadi salah satu sumberdaya alam yang saat ini telah banyak dieksploitasi untuk berbagai keperluan manusia. Dengan munculnya produksi batu alam skala industri, baik tambang maupun pabrik pengolahan batu mulai menghasilkan limbah dalam jumlah besar. Limbah batu alam menjadi masalah lingkungan hidup yang mendunia saat ini karena dampak negatif yang ditimbulkan terhadap lingkungan (Yurdakul, 2020). Diperkirakan limbah cair dari industri batu alam yang dihasilkan selama pemrosesan sekitar 40% dari produk akhirnya. Hal ini relevan karena industri batu dapat menghasilkan output tahunan sebesar 68 juta ton produk olahan (Almeida *et al.*, 2007^a)

Industri batu alam di Kabupaten Cirebon berkembang sangat pesat dan menjadi usaha yang banyak memberikan dampak positif bagi perekonomian daerah. Keuntungan secara ekonomi usaha ini

adalah bahan baku batu alam dapat langsung dieksploitasi karena tersedia dalam jumlah banyak (Nuraeni *et al.*, 2014), dan mudah didapatkan dimana bahan baku diambil dari Gunung Kuda yang berlokasi di perbatasan Cirebon-Majalengka (Uktiani *et al.*, 2014). Berdasarkan data dari Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Cirebon Tahun 2021, pada Tahun 2020 terdapat 347 industri batu alam yang tersebar di Kecamatan Dukupuntang, Depok, Gempol dan Palimanan. Perkembangan industri ini cenderung tidak terencana dan terarah serta tanpa memperhatikan peruntukkan pemanfaatan kawasan, karena pertimbangan pemilihan lokasi hanya berdasarkan kemudahan akses jalan, sumber bahan baku, dan sumber air (Susanto *et al.*, 2019).

Industri batu alam di Kabupaten Cirebon sebagian besar berada di dekat sungai dan belum memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), sehingga limbah yang dihasilkan langsung dibuang ke sungai (Santika *et al.*, 2021). Limbah yang dihasilkan dari industri batu alam berasal dari proses pemotongan batu menggunakan air dan menghasilkan limbah padat yang mengandung bahan

anorganik (Wahana *et al.*, 2023). Selain limbah padat yang dihasilkan dari sisa-sisa di lokasi tambang atau di unit pengolahan, limbah cair atau limbah *slurry* yang berasal dari proses pencucian batu alam dihasilkan dalam jumlah besar. Limbah *slurry* ini merupakan zat semi-cair yang terdiri dari campuran partikel-partikel dan air. Partikel ini berasal dari proses penggergajian dan pemolesan, sementara air digunakan untuk mendinginkan dan melumasi mesin penggergajian dan pemoles (Almeida *et al.*, 2007^b). Volume limbah *slurry* yang mengandung lumpur diperkirakan mencapai 1953 m³ (Oktriani *et al.*, 2017).

Kegiatan pencucian batu alam yang menghasilkan limbah menyebabkan sungai menjadi tercemar. Pencemaran air dapat diketahui melalui perubahan warna, bau dan efek atau gejala yang ditimbulkan pada manusia (Herlambang, 2006). Secara visual dapat terlihat perubahan warna air di sepanjang aliran sungai di daerah industri menjadi abu-abu keruh. Beberapa dampak dari pencemaran tersebut telah diselidiki, diantaranya oleh Santika (2021) yang menemukan terdapat perubahan pada kualitas air irigasi dimana berdasarkan metode STORET status mutu air Sungai Jamblang telah tercemar mulai dari tercemar sedang sampai tercemar berat. Endapan lumpur yang berasal dari limbah batu alam menyebabkan pendangkalan sungai, sementara pada saluran irigasi endapan tersebut akan ikut terbawa masuk ke lahan sawah dan terserap ke dalam tanah, sehingga dapat menutup pori-pori tanah. Hasil penelitian Uktiani *et al* (2014) juga menunjukkan adanya pengaruh limbah batu alam terhadap kualitas air irigasi yang melebihi standar baku mutu dimana untuk parameter pH mencapai 9 dan *Residual Sodium Carbonate* (RSC) sebesar 2,639 meq/L.

Tidak hanya berpengaruh pada kualitas air irigasi, limbah batu alam juga menyebabkan perubahan kualitas air sungai. Hasil penelitian Oktriani *et al* (2017) pada tahun 2016 menunjukkan konsentrasi TSS mencapai 240,8 mg/L.

Sementara hasil pengukuran secara langsung pada tahun 2021 diperoleh konsentrasi TSS mencapai 1.042,33 mg/L (Wahyuningsih *et al.*, 2022). Kualitas air yang menurun berdampak pada ekosistem perairan dan organisme di dalamnya termasuk fitoplankton. Peningkatan kekeruhan dan TSS dapat membatasi keanekaragaman fitoplankton. Selain itu, kelimpahan fitoplankton berkorelasi negatif dengan konsentrasi TSS dan nutrisi di dalam air, hal ini menunjukkan bahwa kekeruhan dan ketersediaan nutrisi merupakan faktor penting yang mengatur biomassa fitoplankton. (Effendi *et al.*, 2016). Konsentrasi TSS dan kekeruhan yang tinggi dapat menghalangi sinar matahari untuk menembus ke dalam air, sehingga menyebabkan proses fotosintesis yang dilakukan fitoplankton terhambat (Wisha *et al.*, 2016).

Fitoplankton merupakan komponen fundamental ekosistem perairan tawar karena menempati tingkat trofik utama sebagai produsen primer (Mohammed *et al.*, 2020; Nurrachmi *et al.*, 2021), dan menjadi sumber makanan utama bagi organisme lainnya di perairan (Sohani, 2016; Damayanti *et al.*, 2017; Lodang & Kurnia, 2019; Mohammed *et al.*, 2020). Fluktuasi unsur hara dan perubahan kondisi fisik dan kimia perairan mempengaruhi distribusi dan kelimpahan fitoplankton baik secara vertikal maupun horizontal (Anwar, 2014). Dengan demikian kondisi perairan yang tercemar akan menyebabkan penurunan kualitas air dan mengganggu keberadaan fitoplankton. Hal ini dikarenakan fitoplankton merupakan organisme yang peka terhadap perubahan lingkungan, sehingga beberapa spesies dapat digunakan sebagai indikator yang sensitif untuk mendeteksi perubahan kualitas air (Anggraini *et al.*, 2016). Selain itu fitoplankton mempunyai laju pertumbuhan yang cepat (yaitu, dua kali lipat dalam sehari atau kurang) dan dapat dengan cepat merespons berbagai gangguan lingkungan (Paerl *et al.*, 2010).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak pembuangan limbah industri batu alam di Kabupaten Cirebon terhadap struktur komunitas fitoplankton di beberapa titik DAS Jamblang. Penentuan distribusi dan kelimpahan fitoplankton penting untuk dilakukan karena pengaruh pemanfaatan lahan dan aktivitas industri terhadap kualitas air berhubungan dengan dinamika populasi fitoplankton. Informasi tersebut dapat memberikan pengetahuan tentang penyebab dan kemungkinan solusi permasalahan pencemaran air di suatu perairan (Limates *et al.*, 2016). Dengan demikian dapat diputuskan kebijakan dan strategi pengelolaan lingkungan secara efektif untuk diimplementasikan terutama di wilayah yang paling banyak menerima dampak dari aktivitas industri batu alam.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada September 2021 di beberapa titik daerah aliran sungai (DAS) Jamblang kabupaten Cirebon. Penelitian menggunakan metode survei dengan teknik pengambilan sampel secara *purposive sampling*. Lokasi pengambilan sampel dibagi menjadi tiga stasiun yaitu stasiun 1 merupakan daerah sungai di Kecamatan Dukupuntang sebelum lokasi industri batu alam, dimana lahan di sekitarnya dimanfaatkan untuk pertanian dan pemukiman. Stasiun 2 merupakan aliran sungai di Desa Cangkoak dimana lahan disekitarnya dimanfaatkan untuk pemukiman, sentra industri batu alam dan pertanian. Sementara stasiun 3 merupakan daerah sungai sekitar Bendungan Jamblang setelah industri batu alam, dimana lahan disekitarnya dimanfaatkan untuk pertanian dan pemukiman, namun limbah batu alam terbawa sampai stasiun ini. Lokasi stasiun pengambilan sampel disajikan dalam Gambar 1.

Sembilan sampel fitoplankton dikumpulkan secara insitu dari tiga stasiun pengamatan dengan menggunakan plankton net. Pengambilan sampel fitoplankton dilakukan dengan menyaring sampel air sebanyak 100 liter dan

dipekatkan dalam botol sampel, kemudian diawetkan dengan larutan lugol 10%. Sampel kemudian dibawa untuk diidentifikasi menggunakan mikroskop dan buku identifikasi dari Davis (1955), Yamaji (1979), dan Mizuno (1979). Kelimpahan fitoplankton dihitung menggunakan metode perhitungan sel mengacu pada APHA (1989), kemudian hasilnya dicatat dalam sel/m³.

Pengambilan sampel untuk pengukuran parameter kualitas air dilakukan secara insitu menggunakan metode *grab sampling*. Sampel air yang diperoleh kemudian diawetkan di dalam *ice box* untuk kemudian dilakukan analisis di laboratorium. Metode analisis parameter kualitas air mengacu pada metode *American Public Health Association* (APHA) 23rd Edition tahun 2017 (Wahyuningsih *et al.*, 2022).



Gambar 1. Stasiun pengambilan sampel (Wahyuningsih *et al.*, 2022)

Analisis struktur komunitas fitoplankton meliputi indeks keanekaragaman Shannon Wiener (H'), indeks keseragaman (E), dan indeks dominansi (D) mengacu pada Krebs (1989). Indeks keanekaragaman Shannon Wiener dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$H' = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i \dots\dots\dots [1]$$

- dimana :
- H' = indeks keanekaragaman Shannon Wiener
 - Pi = ni/N,
 - ni = jumlah individu spesies ke-i
 - N = jumlah total individu dalam sampel

Kesimpulan penilaian indeks keanekaragaman fitoplankton ditentukan berdasarkan kriteria sebagai berikut, jika $H' < 1$ dikategorikan keanekaragaman fitoplankton rendah; jika $1 < H' < 3$ dikategorikan keanekaragaman fitoplankton sedang; dan jika $H' > 3$ dikategorikan keanekaragaman fitoplankton tinggi.

Indeks keseragaman (E) dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$E = \frac{H'}{H'_{maks}} \dots\dots\dots [2]$$

dimana:

E = indeks keseragaman jenis

H' = indeks keanekaragaman Shannon Wiener

H'_{maks} = nilai keanekaragaman jenis maksimum atau setara dengan (ln S)

S = jumlah total spesies

Kesimpulan penilaian indeks keseragaman fitoplankton ditentukan berdasarkan kriteria sebagai berikut, jika $E < 0,4$ dikategorikan bahwa tingkat keseragaman fitoplankton pada suatu ekosistem rendah; jika $0,4 < E < 0,6$ dikategorikan tingkat keseragaman fitoplankton pada suatu ekosistem sedang; dan jika $E > 0,6$ dikategorikan tingkat keseragaman fitoplankton pada suatu ekosistem besar.

Indeks dominansi (D) dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$D = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2 \dots\dots\dots [3]$$

dimana:

D = indeks dominansi

n_i = jumlah individu spesies ke-i

N = jumlah total individu dalam sampel

Kesimpulan penilaian indeks dominansi fitoplankton ditentukan berdasarkan kriteria sebagai berikut, jika $0 < C = 0,5$ dikategorikan dominansi fitoplankton pada suatu ekosistem rendah; jika $0,5 < C = 0,7$ dikategorikan dominansi fitoplankton pada suatu ekosistem sedang; dan jika $0,7 < C = 1$ dikategorikan dominansi fitoplankton pada suatu ekosistem tinggi.

Analisis data kualitas air menggunakan ANOVA untuk mengetahui perbedaan parameter fisika dan kimia antar stasiun. Data kemudian diuji menggunakan uji lanjut Duncan 5% (Wahyuningsih et al., 2022).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Air Sungai

Karakteristik fisika dan kimia perairan yang berbeda mempengaruhi kepadatan dan produktivitas fitoplankton (Sohani, 2016). Hasil pengukuran kualitas air di beberapa titik DAS Jamblang disajikan dalam Tabel 1. Berdasarkan tabel 1 menunjukkan secara umum kondisi kualitas air meliputi suhu, kecepatan arus, pH, dan oksigen terlarut pada masing-masing stasiun pengamatan masih berada dalam kisaran optimal dan dapat ditoleransi bagi pertumbuhan fitoplankton. Sementara nilai TSS, TDS, dan kekeruhan meningkat di bagian hilir terutama di stasiun 2 dan stasiun 3. Dimana TSS dan kekeruhan tertinggi terdapat di stasiun 2 yang lokasinya berdekatan dengan sentra industri batu alam, sehingga sumber masukan utamanya adalah limbah dari proses pencucian batu alam. Limbah tersebut terdiri dari campuran lumpur dan serbuk batu alam yang mengandung bahan tersuspensi tinggi (Wahyuningsih et al., 2022). Tingginya nilai TSS dan kekeruhan ini tidak menguntungkan bagi fitoplankton yang sensitif terhadap perubahan lingkungan. Hal ini dikarenakan material tersuspensi dan kekeruhan yang tinggi dapat menghalangi cahaya matahari, sehingga menghambat pertumbuhan dan proses fotosintesis (Mayagitha et al., 2014; Suhadi et al., 2020). Namun ditemukan beberapa fitoplankton terutama yang terdapat di stasiun 2 masih toleran terhadap kondisi tersebut.

Nilai BOD dan COD lebih tinggi di stasiun 1 sementara di stasiun 2 dan 3 tercatat lebih rendah. Konsentrasi COD dan BOD di stasiun 1 menggambarkan bahwa di perairan tersebut memiliki

kandungan bahan organik lebih tinggi dibanding stasiun lainnya. Hal ini diduga berkaitan dengan penggunaan lahan di sekitar aliran sungai yang dipadati pemukiman masyarakat, sehingga limbah domestik menjadi input terbesar di lokasi tersebut. Menurut Limates *et al.* (2016), nilai BOD dipengaruhi oleh banyaknya pembuangan bahan pencemar terutama dari limbah domestik dan pencucian.

Kelimpahan Fitoplankton

Hasil penelitian menunjukkan bahwa fitoplankton dapat ditemukan di seluruh stasiun dengan distribusi dan kelimpahan yang berbeda-beda. Tabel 1 menunjukkan

Tabel 1 Hasil pengukuran kualitas air sungai di beberapa titik DAS Jamblang

No	Parameter	Stasiun Penelitian		
		St 1	St 2	St 3
1	Suhu (°C)	27,07 ^a ±0,29	28,73 ^b ±0,12	27,5 ^a ±0,77
2	Kecepatan Arus (m/detik)	0,36 ^a ±0,03	0,26 ^b ±0,03	0,11 ^c ±0,04
3	Kekeruhan (NTU)	5,04 ^a ±1,21	743,33 ^b ±16,26	256,33 ^c ±16,92
4	TSS (mg/L)	10,00 ^a ±3,46	1.042,33 ^b ±510,19	253,67 ^a ±82,57
5	TDS (mg/L)	157,33 ^a ±8,08	193,33 ^b ±11,01	224,67 ^c ±120,87
6	pH	7,61 ^a ±0,13	7,82 ^a ±0,22	7,53 ^a ±0,03
7	Oksigen terlarut (mg/L)	7,00 ^a ±1,00	6,87 ^a ±0,15	6,87 ^a ±0,06
8	BOD (mg/L)	7,73 ^a ±0,83	6,13 ^{ab} ±0,83	4,80 ^b ±0,69
9	COD (mg/L)	37,04 ^a ±4,52	29,64 ^{ab} ±5,26	22,42 ^b ±4,34

Sumber : Hasil pengukuran Tahun 2021 (Wahyuningsih *et al.*, 2022) (* Huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata (P < 0,05))

Kelimpahan tertinggi ditemukan di stasiun 2 (1.332.122 sel/m³) menandakan beberapa jenis fitoplankton mampu beradaptasi dengan kondisi perairan tercemar. Hasil penentuan status mutu pencemaran air menggunakan metode STORET, menunjukkan bahwa stasiun 2 termasuk dalam kategori tercemar sedang (Wahyuningsih *et al.*, 2022). Limbah pencucian batu alam menyebabkan nilai TSS di stasiun 2 lebih besar dibandingkan stasiun lainnya, namun jumlah kelimpahan fitoplanktonnya lebih tinggi. Hal ini diduga berkaitan dengan kemampuan fitoplankton terutama dari kelompok Bacillariophyceae yang mampu beradaptasi terhadap kondisi lingkungan tercemar. Selain itu aliran sungai di stasiun 2 melewati daerah padat pemukiman dan area pertanian, sehingga

nilai kelimpahan di beberapa titik DAS Jamblang berkisar antara 716.587-1.332.122 sel/m³, dimana kelimpahan tertinggi terdapat di stasiun 2 dan terendah di stasiun 3. Jumlah fitoplankton yang ditemukan pada masing-masing stasiun terdiri dari beberapa kelas yaitu Bacillariophyceae (16 genus), Chlorophyceae (4 genus), Cyanophyceae (4 genus) dan Euglenophyceae (2 genus). Jumlah genus terbanyak terdapat di stasiun 2 yaitu 22 genus, sementara 21 genus ditemukan di stasiun 1, dan 16 genus di stasiun 3.

masukannya dari kegiatan rumah tangga, nitrat dan fosfat dari kegiatan pertanian lebih tinggi dari stasiun lainnya.

Bacillariophyceae merupakan kelompok yang jenisnya paling beragam di setiap stasiun. Hal ini berkaitan dengan kemampuan Bacillariophyceae dalam beradaptasi terhadap perubahan lingkungan terutama pada kondisi tercemar. Kelompok ini juga memiliki daya reproduksi yang cepat (Anggraini *et al.*, 2016; Rizqina *et al.*, 2017), dapat hidup pada kondisi nutrisi dan cahaya yang rendah sehingga jenisnya mendominasi di perairan (Damayanti *et al.*, 2017). Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini serupa dengan beberapa penelitian yang dilakukan di Delta Mahakam Kalimantan Timur (Effendi *et al.*, 2016), Perairan Paciran

Lamongan (Samudera *et al.*, 2021), Sungai Aek Pohon Sumatera Utara (Leidonald *et al.*, 2022), Laguna Segara Anakan dan Sungai Cibeureum, Jawa Tengah (Sulawesty *et al.*, 2022), yang menunjukkan bahwa Bacillariophyceae merupakan genera dominan pada sampel air yang diteliti.

Jenis fitoplankton dari kelas Bacillariophyceae yang ditemukan paling melimpah adalah *Nitzschia* sp., *Fragilaria* sp., *Surirella* sp., dan *Tabellaria* sp.. Dari beberapa jenis tersebut *Nitzschia* sp. ditemukan mendominasi di

semua stasiun dengan kelimpahan tertinggi di stasiun 2 yaitu 75.789 sel/m³. Hal ini menunjukkan bahwa *Nitzschia* sp. mempunyai kemampuan adaptasi yang baik di semua kondisi lingkungan perairan, termasuk perairan tercemar. Menurut Rizqina *et al.* (2017) *Nitzschia* sp. merupakan salah satu jenis dari kelas Bacillariophyceae yang memiliki toleransi luas bahkan pada lingkungan tercemar. Wiyarsih *et al.* (2019) menambahkan bahwa pada kondisi intensitas cahaya yang rendah, *Nitzschia* sp. tetap dapat bertahan dan melakukan proses fotosintesis.

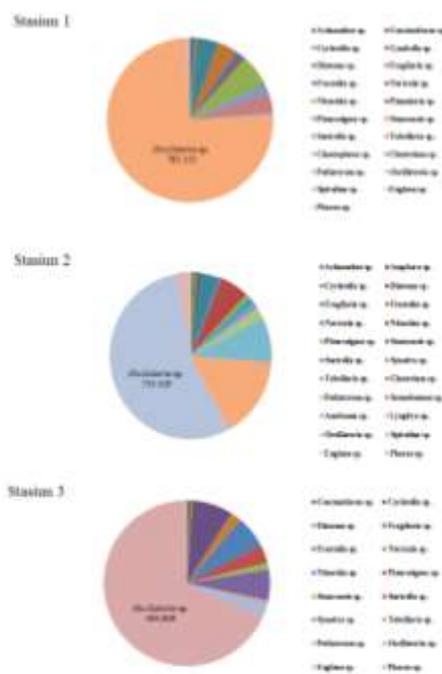
Tabel 2. Kelimpahan fitoplankton di beberapa titik DAS Jamblang

No	Kelas	Stasiun		
		1	2	3
BACILLARIOPHYCEAE				
1	<i>Achnanthes</i> sp.	8.822	1.203	-
2	<i>Amphora</i> sp.	-	1.604	-
3	<i>Coscinodiscus</i> sp.	802	0	401
4	<i>Cyclotella</i> sp.	7.619	15.639	4.010
5	<i>Cymbella</i> sp.	3.609	-	-
6	<i>Diatoma</i> sp.	36.892	8.421	3.609
7	<i>Fragilaria</i> sp.	40.902	48.922	56.541
8	<i>Frustulia</i> sp.	13.233	1.604	802
9	<i>Navicula</i> sp.	7.619	5.614	14.837
10	<i>Nitzschia</i> sp.	63.759	75.789	44.912
11	<i>Pinnularia</i> sp.	2.005	-	-
12	<i>Pleurosigma</i> sp.	2.005	10.827	25.263
13	<i>Stauroneis</i> sp.	1.604	2.005	9.624
14	<i>Surirella</i> sp.	17.644	18.847	42.907
15	<i>Synedra</i> sp.	-	1.604	802
16	<i>Tabellaria</i> sp.	39.699	11.228	2.406
CHLOROPHYCEAE				
17	<i>Chaetophora</i> sp.	401	-	-
18	<i>Closterium</i> sp.	1.203	802	-
19	<i>Pediastrum</i> sp.	3.609	28.872	21.654
20	<i>Scenedesmus</i> sp.	-	1.604	-
CYANOPHYCEAE				
21	<i>Anabaena</i> sp.	-	115.488	-
22	<i>Lyngbya</i> sp.	-	211.327	-
23	<i>Oscillatoria</i> sp.	783.153	733.429	484.809
24	<i>Spirulina</i> sp.	4.812	33.684	-
EUGLENOPHYCEAE				
25	<i>Euglena</i> sp.	1.604	1.203	2.406
26	<i>Phacus</i> sp.	802	2.406	1.604
Kelimpahan (sel/m ³)		1.041.798	1.332.122	716.587

Komposisi kelimpahan fitoplankton di setiap stasiun menunjukkan bahwa

Oscillatoria sp. merupakan kelompok dari Cyanophyceae yang jumlahnya paling

melimpah di semua stasiun (Gambar 2). Kelimpahan *Oscillatoria* sp. terbanyak terdapat di stasiun 1 yaitu 783.153 sel/m³, sementara stasiun 2 dan 3 berturut-turut adalah 733.429 sel/m³ dan 484.809 sel/m³. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa *Oscillatoria* sp. menunjukkan kemampuan untuk dapat terdistribusi dengan baik di semua kondisi stasiun penelitian. Menurut Hastuti *et al.* (2018), fluktuasi kelimpahan *Oscillatoria* sp. di perairan dipengaruhi oleh perbedaan kondisi fisika kimia perairan, dimana pada kondisi pH netral atau basa *Oscillatoria* sp. dapat tumbuh optimal dengan kelimpahan yang tinggi. Hal ini sesuai dengan nilai pH di semua stasiun pada penelitian ini yang berada pada kisaran antara 7,53 – 7,82.



Gambar 2. Komposisi kelimpahan fitoplankton di setiap stasiun

Jumlah *Oscillatoria* sp. paling melimpah di stasiun 1 diduga disebabkan oleh bahan organik yang berasal dari limbah rumah tangga dan pertanian. Menurut Hastuti *et al.* (2018), unsur hara seperti fosfat, nitrat, silika dan amoniak yang masuk ke lingkungan perairan akibat limpasan bahan organik dari limbah rumah tangga dan pertanian akan mempengaruhi

perkembangan fitoplankton. Menurut Anggraini *et al.* (2016), masuknya limbah pertanian dan rumah tangga dapat menambah kandungan bahan organik yang digunakan oleh fitoplankton untuk pertumbuhan melalui fotosintesis. Sulawesty *et al.* (2022) menambahkan bahwa *Oscillatoria* sp. adalah fitoplankton berfilamen yang memiliki kemampuan untuk hidup pada kondisi perairan dengan kandungan bahan organik yang tinggi, sehingga *Oscillatoria* sp. dapat dijadikan sebagai bioindikator pencemaran organik pada suatu perairan.

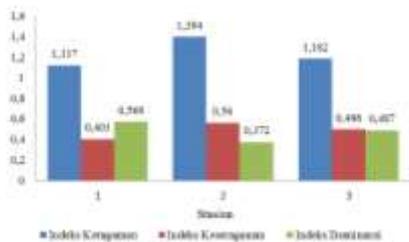
Ditemukannya jenis-jenis fitoplankton sebagai indikator pencemaran dari kelas Bacillariophyceae dan Cyanophyceae menunjukkan bahwa perairan di setiap stasiun penelitian dalam kondisi tercemar. Menurut Kamilah *et al.* (2014), fitoplankton dari kelas Cyanophyceae dan Bacillariophyceae merupakan bioindikator yang dapat digunakan untuk menilai kondisi suatu perairan. Jenis *Oscillatoria* sp. dari kelas Cyanophyceae memiliki trikoma yang terkadang sedikit meruncing dengan ukuran yang bervariasi (Salimah *et al.*, 2023). Trikoma biasanya tidak memiliki selubung lendir, namun saat kondisi stres atau pada kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan, selubung lendir ini dapat terbentuk (Conradie *et al.*, 2008; Salimah *et al.*, 2023), dimana selubung lendir ini digunakan untuk mencegah sel dari kekeringan (Masithah, 2021).

Indeks Fitoplankton

Indeks keanekaragaman (H'), indeks keseragaman (E), dan indeks dominansi (D) fitoplankton di setiap stasiun disajikan dalam Gambar 3. Nilai Indeks keanekaragaman berkisar antara 1,117 – 1,394, dimana indeks keanekaragaman tertinggi terdapat di stasiun 2 (1,394), disusul stasiun 3 (1,182) dan stasiun 1 (1,117). Hasil ini menunjukkan bahwa indeks keanekaragaman fitoplankton di semua stasiun termasuk dalam kategori sedang sehingga komunitasnya cukup stabil. Menurut Sulawesty *et al.* (2022),

indeks keanekaragaman menggambarkan keadaan populasi organisme secara matematis, hal ini untuk memudahkan menganalisis jumlah individu setiap spesies dalam suatu komunitas.

Fitoplankton di semua stasiun masih ditemukan dengan jenis yang beragam dan kelimpahan yang cukup tinggi meskipun terdapat beberapa genus ditemukan dalam jumlah lebih banyak. Menurut Islam *et al.* (2023), semakin tinggi nilai indeks keanekaragaman menunjukkan semakin besar keanekaragaman spesies atau menunjukkan pemerataan spesies, sedangkan nilai yang lebih rendah menunjukkan rendahnya keanekaragaman spesies. Indeks Shannon Wiener ini juga menentukan status pencemaran suatu badan air. Dimana berdasarkan hasil perhitungan indeks keanekaragaman pada penelitian ini menunjukkan bahwa semua stasiun dalam kondisi tercemar sedang. Hal ini ditandai dengan kehadiran jenis fitoplankton seperti *Nitzschia* sp., *Synedra* sp., *Surirella* sp., *Navicula* sp., *Tabellaria* sp. dan *Oscillatoria* sp. sebagai indikator perairan tercemar.



Gambar 3. Indeks keragaman, keseragaman dan dominansi di setiap stasiun

Nilai indeks keanekaragaman lebih tinggi di stasiun 2 menunjukkan bahwa beberapa jenis fitoplankton memiliki toleransi yang baik terhadap berkurangnya cahaya akibat nilai kekeruhan dan TSS yang tinggi sebagai dampak dari pembuangan limbah industri batu alam. Selain itu adanya limpasan yang berasal dari pemukiman dan pertanian di stasiun 2 banyak mengandung unsur hara yang digunakan untuk pertumbuhan

fitoplankton. Meskipun nilai TSS dan kekeruhan di stasiun ini tinggi, namun tampaknya tidak mengganggu kondisi ekologi perairan tersebut.

Hasil perhitungan indeks keseragaman pada setiap stasiun tidak jauh berbeda, yaitu berkisar antara 0,401 – 0,560, dimana indeks keseragaman tertinggi terdapat di stasiun 2 yaitu 0,560, disusul stasiun 3 yaitu 0,496, dan stasiun 1 yaitu 0,401. Hasil ini menunjukkan indeks keseragaman di semua stasiun termasuk kategori sedang, yang menggambarkan bahwa individu dalam komunitas di perairan tersebut terdistribusi cukup seragam. Menurut Islam *et al.* (2023), nilai indeks mendekati 1 menunjukkan bahwa semua kelompok mempunyai frekuensi yang sama atau cenderung merata. Bila nilai keseragaman jauh di bawah 1 berarti individu-individu dalam komunitas tidak terdistribusi secara merata. Hal ini dapat disebabkan oleh polusi organik dan eutrofikasi.

Nilai indeks keseragaman fitoplankton di setiap stasiun hampir sama, ditandai dengan ditemukannya spesies fitoplankton yang juga terdapat di stasiun lainnya. Terdapat beberapa jenis fitoplankton yang mendominasi, namun dengan perbedaan yang tidak terlalu besar dengan jenis lainnya. Hal ini menunjukkan beberapa spesies yang mendominasi memiliki resistensi terhadap lingkungan yang tercemar.

Nilai indeks dominansi di setiap stasiun berkisar antara 0,372 – 0,569, dimana nilai tertinggi terdapat di stasiun 1 yaitu 0,569, disusul stasiun 3 yaitu 0,487, dan nilai terendah terdapat di stasiun 2 yaitu 0,372. Hasil ini menunjukkan bahwa dominasi fitoplankton di stasiun 1 dikategorikan sedang, sementara dominasi fitoplankton di stasiun 2 dan 3 termasuk kategori rendah. Jenis *Oscillatoria* sp. dari kelas Cyanophyceae mendominasi di setiap stasiun, namun dominasi tertinggi terdapat di stasiun 1. Hal ini diduga berkaitan dengan masukan limbah organik maupun anorganik yang ditandai dengan nilai BOD

dan COD lebih tinggi di stasiun 1, sehingga menjadi faktor penghambat bagi beberapa spesies fitoplankton yang sensitif namun beberapa spesies lain mampu beradaptasi dan mendominasi seperti *Oscillatoria* sp. yang ditemukan paling melimpah di stasiun 1. Menurut Soetignya *et al.* (2021) dominasi dari *Oscillatoria* sp. di suatu perairan disebabkan karena spesies ini merupakan indikator dari perairan tercemar.

SIMPULAN

Distribusi dan kelimpahan fitoplankton di setiap stasiun cukup bervariasi dengan jumlah dan jenis yang teridentifikasi terdiri atas empat kelas yaitu yaitu Bacillariophyceae (16 genus), Chlorophyceae (4 genus), Cyanophyceae (4 genus) dan Euglenophyceae (2 genus). Dari jumlah tersebut, Bacillariophyceae merupakan kelas yang paling beragam jenisnya, sementara *Oscillatoria* sp. dari kelas Cyanophyceae ditemukan paling melimpah di semua stasiun. Secara keseluruhan kelimpahan tertinggi terdapat di stasiun 2 menunjukkan resistensi beberapa jenis fitoplankton terhadap kondisi perairan yang tercemar limbah batu alam, terutama dari kelompok Bacillariophyceae dan Cyanophyceae yang merupakan indikator perairan tercemar.

Indeks ekologi di stasiun 2 dan stasiun 3 menunjukkan keanekaragaman dan keseragaman fitoplankton dengan jenis yang cukup beragam dan distribusinya cenderung merata dengan dominasi spesies tergolong rendah. Sementara keanekaragaman dan keseragaman fitoplankton di stasiun 1 tergolong sedang dengan nilai sedikit lebih rendah dibandingkan stasiun 2 dan 3, namun dominasi spesiesnya lebih besar dengan kategori sedang dimana terdapat spesies yang cukup mendominasi yaitu *Oscillatoria* sp.. Secara keseluruhan distribusi dan kelimpahan beberapa jenis fitoplankton di seluruh lokasi pengambilan sampel dapat dijadikan sebagai indikator

ekologi perairan karena kemampuannya dalam beradaptasi terhadap lingkungan perairan tercemar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Penelitian Dosen Pemula (PDP) tahun 2021, yang didanai oleh Kemenristekdikti. Ucapan terima kasih diberikan kepada pihak Kemenristekdikti dan semua pihak yang telah terlibat dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Almeida, N., Branco, F., & Santos, R. (2007^a). Recycling of stone slurry in industrial activities: Application to concrete mixtures. *Building and Environment*, 42, 810–819.
- Almeida, N., Branco, F., de Brito, J., & Santos, J. R., (2007^b). High-performance concrete with recycled stone slurry. *Cement and Concrete Research*, 37, 210–220.
- Anggraini, A., Sudarsono., & Sukiya. (2016). Kelimpahan dan tingkat kesuburan plankton di perairan Sungai Bedog. *Jurnal Biologi*, 5 (6), 1-9.
- Anwar, A. (2014). Studi kelimpahan dan sebaran phytoplankton secara horizontal (kasus Sungai Kuri Lompo Kabupaten Maros). *Octopus*, 3 (2), 280-286.
- APHA (American Public Health Association). (1989). *Standard methods for the examination of water and waste water*. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Washington Dc.
- Conradie, K. R., Plessis, S. D., & Venter, A. (2008). Re-identification of “*Oscillatoria simplicissima*” isolated from the Vaal River, South Africa, as *Planktothrix pseudogardhii*. *South African Journal of Botany*, 74, 101 – 110.
- Damayanti, N. M. D., Hendrawan, I. G., &

- Faiqoh, E. (2107). Distribusi spasial dan struktur komunitas plankton di daerah teluk penerusan, Kabupaten Buleleng. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 3 (2), 191-203.
- Davis, C. C. (1955). *The marine and fresh water plankton*. Michigan State University Press, USA.
- Effendi, H., Kawaroe, M., Lestari, D. F., Mursalin, & Permadi, T. (2016). Distribution of phytoplankton diversity and abundance in Mahakam Delta, East Kalimantan. *Procedia Environmental Sciences*, 33, 496–504.
- Hastuti, A. W., Pancawati, Y., & Surana, I. N. (2018). The abundance and spatial distribution of plankton communities in Perancak Estuary, Bali. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 176 012042.
- Herlambang, A. (2006). Pencemaran Air dan Strategi Penggulungannya. *JAI*, 2 (1), 16-29.
- Inopianti, N., Annisa N., Usuli G. R. R., & Dewi Y. N. (2016). The analysis of water pollution in the leaching of batu alam Desa Bobos Area Dukupuntang Sub-District Cirebon Regency. *International Journal of Advances in Science Engineering and Technology*, 4, 71-76.
- Islam, S., Azadi, M. A., Nasiruddin, M., & Sarker, M. M. (2023). Plankton species composition, abundance and diversity indices in three ponds of Chittagong University Campus, Bangladesh. *Fisheries and Aquaculture Journal*, 14 (321), 1-9.
- Kamilah, F., Rachmadiarti, F., & Indah, N. K. (2014). Keanekaragaman plankton yang toleran terhadap kondisi perairan tercemar di sumber air belerang, Sumber Beceng Sumenep, Madura. *LenteraBio*, 3 (3), 226–231.
- Krebs, C. J. (1989). *Ecological Methodology*. New York: HarperCollinsPublishers Inc, 654 p.
- Leidonald, R., Yusni, E., Siregar, R. F., Rangkuti, A. M., & Zulkifli, A. (2022). Keanekaragaman fitoplankton dan hubungannya dengan kualitas air di Sungai Aek Pohon, Kabupaten Mandailing Natal Provinsi Sumatera Utara. *AQUACOASTMARINE: J.Aquat. Fish. Sci*, 1 (2), 85-96.
- Limates, V. G., Cuevas, V. C., Tajolosa. M. A. T., & Benigno, E. (2016). Phytoplankton Abundance and Distribution in Selected Sites of Boracay Island, Malay, Aklan, Central Philippines. *Journal of Environmental Science and Management Special Issue*, (2), 1-14.
- Lodang, K., & Kurnia, N. (2019). Distribution and abundance of plankton in the downstream of Jeneberang River. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*, 1244/1/012011, 1-8.
- Mayagitha, K. A., Haeruddin., & Rudiyaniti, S. (2014). Status kualitas perairan Sungai Bremsi Kabupaten Pekalongan ditinjau dari konsentrasi TSS, BOD₅, COD dan struktur komunitas fitoplankton. *Diponegoro Journal Of Maquares*, 3(1), 177-185.
- Masithah, E. D. (2021). *CYANOPHYCEAE*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Mizuno, T. (1979). *Illustration of the freshwater plankton of Japan*. Hoikusha Publishing Co. Ltd., 313 p.
- Mohammed, S.B., H Banyigyi, A., & D Makpo, J. (2020). Distribution and abundance of phytoplankton species in Bodna River in Kwali, Abuja. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 5 (6), 128-137.
- Nuraeni, N., Hidayat, M. T., & Wulandari, S. (2014). Pengawasan Pengelolaan Limbah Industri Batu Alam oleh

- Badan Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Cirebon (Studi Kasus di Kecamatan Dukupuntang). *Jurnal Publika Unswagati Cirebon*, 2(2), 284-299.
- Nurrachmi, I., Amin, B., Siregar, S. H., & Galib, M. (2021). Plankton Community Structure and Water Environment Conditions in The Pelintung Industry Area, Dumai. *Journal of Coastal and Ocean Sciences*, 2 (1), 15-27.
- Oktriani, A., Darmajanti L., & Soesilo T.E.B . (2017). River pollution caused by natural stone industry. *International Conference on Chemistry, Chemical Process and Engineering (IC3PE), AIP Conference Proceedings*, 1823, 020056, 1-5.
- Paerl, H. W., Rossignol, K. L., Hall, S. N., Peierls, B. L., & Wetz, M. S. (2010). Phytoplankton community indicators of short- and longterm ecological change in the anthropogenically and climatically impacted Neuse River Estuary, North Carolina, USA. *Estuaries and Coasts*, 33, 485–497.
- Rizqina, C., Sulardiono, B., & Djunaedi. (2017). Hubungan antara kandungan nitrat dan fosfat dengan kelimpahan fitoplankton di perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu. *Journal of Maquares*, 6 (1), 43-50.
- Salimah, Amintarti, S., Ajizah, A. (2023). Kajian keragaman mikroalga di kawasan rawa kompleks persada permai baru iii sebagai *booklet* pada materi protista kelas X SMA. *Jurnal Ilmu Sosial dan Pendidikan (JISIP)*, 7 (1) : 155-169.
- Samudera, L. N. G., Widianingsih, & Suryono. (2021). Struktur komunitas fitoplankton dan parameter kualitas air di Perairan Paciran, Lamongan. *Journal of Marine Research*, 10(4), 493-500.
- Santika, S. (2021). Kajian Pembuangan Limbah Industri Batu Alam Terhadap Kualitas Air Irigasi Desa Panongan Kecamatan Palimanan Kabupaten Cirebon. *Jurnal Indonesia Sosial Sains*, 2(10), 1777-1786.
- Soetignya, W. P., Marniati, P., Adijaya, M., & Anzani, Y. M. (2021). The diversity of plankton as bioindicators in Kakap River Estuary, West Kalimantan. *Depik Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, 10 (2), 174 – 179.
- Sohani, S. (2016). A review of phytoplankton ecology in freshwater rivers and lakes of India. *IJSTE - International Journal of Science Technology & Engineering*, 3 (6), 19-21.
- Suhadi, M., Gustomi, A., & Supratman, O. (2020). Struktur komunitas plankton sebagai bioindikator kualitas air di Sungai Upang Desa Tanah Bawah Kecamatan Puding Besar. *Akuatik Jurnal Sumberdaya Perairan*, 14 (1), 26-32.
- Sulawesty, F., Larashati, S., Triyanto., Dina, R., Samir, O., & Widoretno, M. R. (2022). Composition and abundance of phytoplankton in Segara Anakan Lagoon and Cibeureum River, Central Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1062 012013.
- Susanto, B., Wiratno, Sugandi, D., Surdianto, Y., & Rahadian, D. (2019). Studi tingkat cemaran limbah industri (batu alam) pada lahan sawah di Kabupaten Cirebon. Laporan Akhir, BAPPELITBANGDA Kabupaten Cirebon bekerjasama dengan balai pengkajian teknologi pertanian Jawa Barat.
- Wahana, S., Eviyati, R., & Amini, Z. (2023). Analisis Produksi dan Air Limbah Industri Batu Alam dengan Perlakuan Eco-Enzym. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 19 (2), 337-342.
- Wahyuningsih, S., Fatimatuzzahroh, F., &

- Hamiyati, I. (2022). Analysis of river water pollution due to disposal of natural stone industrial waste in Cirebon Regency. *AQUASAINS Jurnal Ilmu Perikanan dan Sumberdaya Perairan*, 10 (2), 1061-1075.
- Wisha, U. J., Yusuf M., & Maslukah L. (2016). Kelimpahan Fitoplankton dan Konsentrasi TSS Sebagai Indikator Penentu Kondisi Perairan Muara Sungai Porong. *Jurnal Kelautan*, 9 (2), 122-129.
- Wiyarsih, B., Endrawati, H., & Sedjati, S. (2019). Komposisi dan kelimpahan fitoplankton di Laguna Segara Anakan, Cilacap. *Buletin Oseanografi Marina*, 8 (1), 1–8.
- Uktiani, A., Suroso., & Setyaningsih W. (2014). Dampak pembuangan limbah industri batu alam terhadap kualitas air irigasi di Kecamatan Palimanan Kabupaten Cirebon. *Geo Image*, 3 (2), 1-9.
- Yamaji, I. (1979). *Illustrations of the marine plankton of Japan*. Hiokusha Publishing.co.ltd, Japan.
- Yurdakul, M., (2020). Natural stone waste generation from the perspective of natural stone processing plants: An industrial-scale case study in the province of Bilecik, Turkey. *Journal of Cleaner Production*, 276, 1-14.