

Pengaruh Konsorsium Mikroalga *Tetraselmis sp.* dan *Chaetoceros sp.* dengan Rasio N/P Terhadap Penurunan Nitrat dan Kelimpahan Mikroalga

Savira Fevilia¹, Okik Hendriyanto Cahyonugroho^{2*}

^{1,2}Program Studi Teknik lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

*Koresponden email: okikhc@upnjatim.ac.id

Diterima: 19 Mei 2024

Disetujui: 11 Juni 2024

Abstract

Microalgae are distributed in various types. Each type of microalgae has its own ability to absorb nutrients, especially nitrates. In several journals it is stated that microalgae are often used as phycoremediation. Nitrate and phosphate are macronutrients for microalgae that are needed based on certain ratios. So a lack of nitrogen content can result in substantial inhibition of algal growth and thus suboptimal nutrient consumption. This research aims to determine the effectiveness of microalgae consortia on nitrate removal and the effect of the N:P ratio on microalgae abundance. The microalgae used is *Tetraselmis sp.* and *Chaetoceros sp.* After being tested in batches, it was discovered that the *Tetraselmis sp.* consortium and *Chaetoceros sp.* microalgae are able to remove nitrate content up to 94.1% with sample B1 (ratio of microalgae *Chaetoceros sp.* : *Tetraselmis sp.* = 100:0. This effectiveness occurs in the pH range 7.8 – 8.9 with a temperature of 28.67°C - 22, 67°C. The ratio of nitrate and phosphate content influences the abundance of microalgae. The ratio of 16:1 is influential in producing the highest abundance of more variations in microalgae consortia than other ratios.

Keywords: *Tetraselmis sp.*, *Chaetoceros sp.*, Nitrate, Abundance, Microalgae, Consortium, Ratio N:P, Waste Water

Abstrak

Mikroalga tersebar dalam beragam jenis. setiap jenis mikroalga memiliki kemampuan masing-masing dalam menyerap nutrisi khususnya nitrat. Dalam beberapa jurnal disebutkan bahwa mikroalga sering dimanfaatkan sebagai fikoremediasi. Nitrat dan fosfat merupakan makronutrien bagi mikroalga yang dibutuhkan berdasarkan rasio tertentu. Sehingga Kekurangan kandungan nitrogen dapat mengakibatkan penghambatan substansial pertumbuhan alga dan dengan demikian konsumsi nutrisi yang tidak optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas konsorsium mikroalga terhadap penyisihan nitrat dan pengaruh rasio N:P terhadap kelimpahan mikroalga. Adapun mikroalga yang digunakan adalah *Tetraselmis sp.* dan *Chaetoceros sp.* Setelah diuji secara batch, diketahui bahwa konsorsium *Tetraselmis sp.* dan *Chaetoceros sp.* mikroalga mampu menyisihkan kandungan nitrat hingga 94,1% dengan sampel B1 (rasio mikroalga *Chaetoceros sp.* : *Tetraselmis sp.* = 100:0. Efektivitas tersebut terjadi pada rentang pH 7,8 – 8,9 dengan suhu 28,67°C - 22,67°C. Rasio kandungan nitrat dan fosfat mempengaruhi kelimpahan mikroalga. Rasio 16:1 berpengaruh dalam menghasilkan kelimpahan tertinggi terhadap lebih banyak variasi konsorsium mikroalga daripada rasio lain.

Kata kunci: *Tetraselmis sp.*, *Chaetoceros sp.*, Nitrat, Kelimpahan, Mikroalga, Konsorsium, Rasio N:P, Air limbah

1. Pendahuluan

Air merupakan aspek penting dalam kehidupan. Pencemaran terhadap air khususnya badan air, dapat mengancam kehidupan dan ekosistem yang saling menopang didalamnya. Salah satu permasalahan lingkungan terkait badan air yang marak terjadi disekitar ialah eutrofikasi. Eutrofikasi merupakan suatu kondisi melimpahnya nutrisi pada badan air. Dampak negatif dari kondisi tersebut adalah terjadinya ledakan populasi alga (*blooming algae*). Melimpahnya nutrisi dalam badan air disebabkan oleh fosfat dan nitrat yang berperan sebagai pupuk tanaman, mengalir bersama air hujan dan terakumulasi pada badan air seperti sungai, danau, hingga laut [1].

Nitrat dan fosfat merupakan makronutrien bagi mikroalga. Sehingga dalam beberapa jurnal disebutkan bahwa mikroalga sering dimanfaatkan sebagai fikoremediasi. Fikoremediasi adalah remediasi lingkungan yang memanfaatkan makroalga atau mikroalga sebagai organisme biologis yang dapat menurunkan polutan

[2]. Bentuk remediasi tersebut menawarkan alternatif pengolahan limbah ramah lingkungan serta efisien dalam menyerap ion selektif. Selain itu, fitoremediasi memiliki kelebihan mampu berkembang dan beradaptasi pada logam berat ataupun polutan lainnya pada level yang cukup tinggi [3].

Berdasarkan jurnal pendahulu [4], juga menunjukkan bahwa N / P terbaik (rasio mol) adalah 32: 1. [5], juga menunjukkan bahwa N / P harus dikontrol dalam kisaran yang tepat (8:1) untuk mendapatkan efisiensi penyisihan yang tinggi untuk nitrogen dan fosfor. Sedangkan menurut Shuters & Rissik [6], N/P terbaik adalah 16:1. Kekurangan kandungan nitrogen dalam air limbah dapat mengakibatkan penghambatan substansial pertumbuhan alga dan dengan demikian konsumsi nutrisi yang tidak optimal.

Mikroalga tersebar dalam beragam jenis. setiap jenis mikroalga memiliki kemampuan masing-masing dalam menyerap nutrisi khususnya nitrat. Seperti *Tetraselmis suecica* memiliki kemampuan menurunkan atau menyerap nitrat sebesar 94%. *Tetraselmis* lebih unggul jika dibandingkan dengan *Dunaliella* dan *Isochrysis* [7]. Sedangkan terdapat pula *Chaetoceros* yang memiliki kemampuan penurunan total N hingga 60% [8].

Oleh karena kemampuan penurunan konsentrasi nitrat yang potensial dari *Tetraselmis sp.* dan *Chaetoceros sp.* Serta keberdaan mikroalga di alam senantiasa beragam. Maka konsorsium di antara keduanya dirasa memungkinkan untuk memberi dampak penyisihan polutan nitrat dalam air limbah yang mengandung nitrat seperti limbah domestik. Sehingga untuk mengetahui pengaruh konsorsium kedua mikroalga tersebut terhadap penurunan nitrat, maka dilakukanlah penelitian berikut. Adapun mengetahui pengaruh spesifik dari konsorsium tersebut terhadap penyisihan nitrat, maka dipergunakan limbah artifisial yang mengandung nitrat dan fosfat dalam takaran yang sudah disesuaikan, sehingga diharapkan kinerja konsorsium lebih terkontrol dari distraksi polutan lain. Namun sebagai perbandingan, penelitian dilakukan pula pada limbah domestik untuk mengetahui pengaruhnya terhadap limbah asli.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan secara batch dengan menggunakan limbah sintetis dan limbah domestik Rusunawa Penjaringan 3 – Surabaya. Penelitian utama dilakukan selama 7 hari di Laboratorium Riset pada 26 Juli 2023 – 2 Agustus 2023. Penelitian berikut dilakukan secara batch sebanyak 2L pada wadah 3L, dengan kepadatan 100% mikroalga sebanyak minimal sudah mencapai 4×10^4 sel/ml pada *Chaetoceros sp.* maupun *Tetraselmis sp.*.. adapun spesifikasi variabel kontrol pada tiap batch penelitian pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Spesifikasi Batch Penelitian

No	Variabel	Rincian	Source
1	Mikroalga	<i>Chaetoceros sp.</i> dan <i>Tetraselmis sp.</i>	
2	rasio kultur (Media:inokulum)	70:30	
3	Intensitas Cahaya	6000 lux	[9].
4	Fotoperiode (Gelap:Terang)	24:0	[10]
5	pH	7,6 – 9,7	[11]
6	DO	4 – 8 mg/L	[6]
7	Salinitas	30 – 34 ppt	[12]; [13]
8	suhu	16°C - 35°C	[14]
9	Wadah batch	Toples 3 L	
10	aertor	5 buah/20 batch	
11	Lampu	LED 40 watt	

Penelitian dilakukan sesuai kombinasi variabel rasio konsorsium dan variabel rasio N:P yang terdapat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Matriks Sampel Penelitian

N:P	Rasio Alga	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	8:1 (A)	A1	A2	A3	A4	A5
	16:1 (B)	B1	B2	B3	B4	B5
	32:1 (C)	C1	C2	C3	C4	C5
	Limbah Domestik	D1	D2	D3	D4	D5

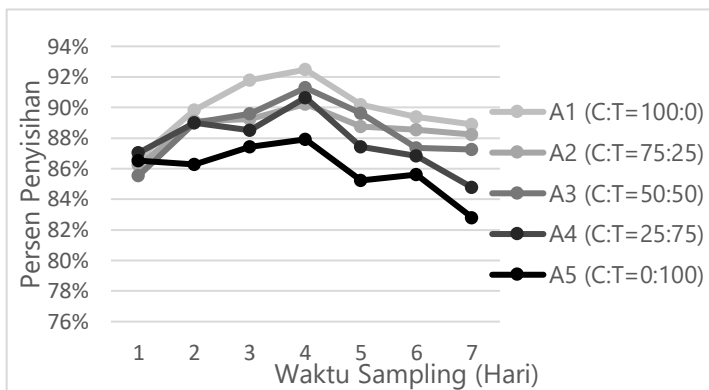
Pada penelitian berikut, data yang dianalisis adalah konsentrasi nitrat dan kelimpahan total. Analisis nitrat dilakukan berdasarkan SNI 3554:2015 dengan metode uji spektrofotometri. Analisis kelimpahan dilakukan dengan haemocytometer di bawah mikroskop cahaya perbesaran 100x. Kelimpahan tersebut dihitung pada 5 kotak seluas 1 mm². Hasil kelimpahan kuantitatif dinyatakan dalam dengan satuan sel/liter.

3. Hasil penelitian

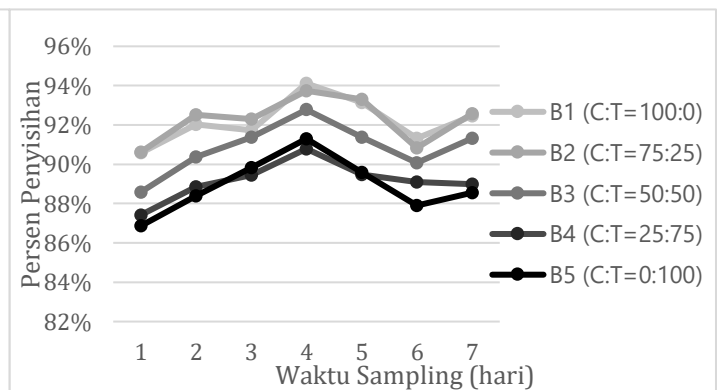
3.1. Pengaruh Rasio Mikroalga Terhadap Penyisihan Nitrat

Berdasarkan **Gambar 1** merupakan grafik penyisihan nitrat pada limbah sintetis dengan rasio N:P = 8:1. Pada grafik dapat dilihat, dominasi penurunan kadar nitrat tertinggi ialah sampel A1 yang dilanjut A2, A3, A4, dan A5. Pada variasi A (rasio 8:1) didapati penurunan tertinggi yakni pada kisaran 3,761 mg/L dari konsentrasi awal 50 mg/L, dengan persen removal 92,5%. Penyisihan tertinggi tersebut merupakan penyisihan oleh sampel A1 pada hari ke 4. Pada grafik tersebut **Gambar 1**, semua sampel mengalami peningkatan penyisihan dari awal penelitian utama hingga hari ke-4, hingga selanjutnya mengalami penurunan sampai hari ke-7. Namun terdapat sedikit perbedaan pada sampe A5 yang mengalami fase adaptasi hingga hari ke dua, ditandai dengan tidak terjadinya eksponensial pada grafik seperti pada sampel yang lainnya. A5 merupakan sampel dengan komposisi terdiri 100% *Tetraselmis sp.* mikroalga tersebut termasuk pada divisi chlorophyta, dimana divisi tersebut memiliki laju penyerapan perhari yang lebih rendah jika dibandingkan dengan divisi bacillariophyta/diatom [15].

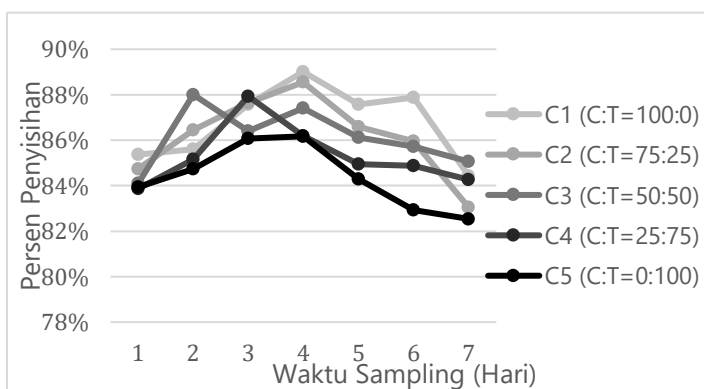
Pada grafik **Gambar 2** dapat dilihat, dominasi persen penyisihan kadar nitrat tertinggi pada tiap harinya ialah sampel B2 yang dilanjut B1, B3, B4, dan B5. Pada variasi B tersebut didapati penyisihan tertinggi yakni pada kisaran 5,8 mg/L dari konsentrasi awal 100 mg/L, dengan persen removal 94%. Secara



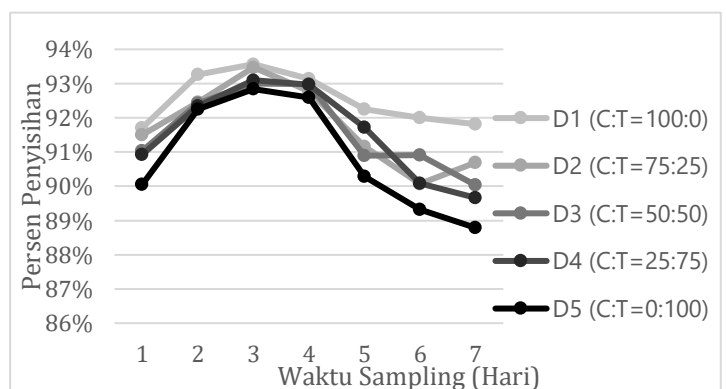
Gambar 4. Persen Penyisihan Nitrat rasio N:P = 8:1 terhadap rasio mikroalga



Gambar 4. Persen Penyisihan Nitrat rasio N:P = 16:1 terhadap rasio mikroalga



Gambar 2. Persen Penyisihan Nitrat rasio N:P = 32:1 terhadap rasio mikroalga



Gambar 2. Persen Penyisihan Nitrat pada limbah domestik terhadap rasio mikroalga

umum pada grafik **Gambar 2** dapat diketahui bahwa, tiap sampel konsorsium yang berbeda mengalami periode penyisihan tertinggi/puncak yang sama, yakni pada hari ke 4. Kemudian terjadi penurunan setelahnya hingga hari ke-6. Dan mengalami sedikit peningkatan pada hari ke-7. Hal tersebut terjadi karena kebutuhan nutrisi yang terpenuhi sehingga sel bertumbuh dan berkembang biak dengan baik. Sehingga regenerasi yang baik, dapat menginvasi lingkungan hingga terjadi peningkatan penyisihan nitrat setelah sel yang tua mati dan mengalami lisis, yang kemudian menjadi sumber nutrisi untuk sel baru. Proses lisis

diakibatkan perbedaan tekanan osmotik sel dengan lingkungan, dimana sel kehilangan kemampuan untuk mempertahankan cairan intraseluler. hal tersebut seiring dengan laju degradasi komponen biokimia di dalam sel [16], [17].

Pada penelitian hasil nitrat sampel C sebagaimana pada **Gambar 3** pada grafik dapat dilihat, dominasi penurunan kadar nitrat tertinggi ialah sampel C1 yang dilanjut C2, C3, C4, dan C5. Pada variasi C berikut didapati penurunan tertinggi yakni pada kisaran 21,977 mg/L dari konsentrasi awal 200 mg/L, dengan persen removal 89%. Pada grafik **Gambar 3** tersebut dapat diketahui bahwa penyisihan tertinggi/puncak pada sampe C1, C2, dan C5 terdapat pada hari ke 4, yang kemudian dilanjutkan penurunan hingga hari ke-7. Sedangkan pada sampel C3 (C:T = 50:50) mengalami peningkatan tertinggi pada hari ke 2 dan penurunan pada hari selanjutnya. Namun sampel C3 sedikit mengalami peningkatan kembali pada hari ke-4, dan dilanjutkan penurunan hingga hari ke-7. Berbeda dengan sampel C4 (C:T = 25:75) yang mengalami penningkatan dari awal penelitian hingga puncaknya pada hari ke-3 mengalami peningkatan yang signifikan. Kemudian terjadi penurunan pada sampel C4 pada hari ke-4 hingga hari ke-7.

C3 dan C4 menngalami hal tersebut karena keduanya terdiri dari 2 mikroalga dengan komposisi yang menguntungkan dalam menyisihkan nitrat. Hal tersebut terjadi karena laju penyerapan N perhari diatom yang tinggi ditambah dengan penyimpanan nutrisi yang besar akibat ukuran alga yang besar pula. Hal tersbutlah yang membuat peningkatan yang signifikan lebih awal. Hal tersbut juga dibantu dengan laju penyerapan pada chlorophyta yang tetinggi ke-2 setelah diatom [18].

Adapun hasil persen penyisihan nitrat pada limbah domestik (sampel D) dapat dilihat pada grafik **Gambar 4**. Sama seperti grafik sebelumnya, grafik persen penyisihan pada gambar 4 tersebut terdapat 5 sampel dari perlakuan pada konsorsium mikroalga yang berbeda. Pada grafik dapat dilihat dominasi penyisihan kadar nitrat tertinggi ialah pada sampel D1 yang dilanjut D2, D3, D4, dan D5. Pada grafik tesebut didapati penyisihan tertinggi yakni pada kisaran 2,986 mg/L dari konsentrasi awal 46,412 mg/L, dengan persen removal 94% yang dilakukan oleh sampel D1 pada hari ke-3. Adapun penyisihan nitrat tersebut terjadi pada rentang pH 7,8 – 8,9 dengan suhu 28,67°C - 22,67°C. Pada **Gambar 4** tersebut dapat diketahui bahwa periode penyisihan puncak dari tiap konsorsium terjadi pada hari ke 3. Kemudian dilanjutkan penurunan setelahnya hingga hari ke-7. Namun terdapat perbedaan pada sampel D2 (C:T=75:25) yang mengalami peningkatan kembali pada hari ke-7. Begitu pula terjadi perbedaan pada sampel D3 (C:T=50:50) yang tidak mengalami penurunan penyisihan dihari ke-6, namun grafik penyisihan menunjukkan persen yang konstan sama dengan penyisihan dihari ke 5.

Hal tersebut terjadi karena D2 dan D3 memiliki rasio *diatom* yang tidak lebih kecil dari *Chlorophyta*. Sehingga setelah mengalami penurunan persen penyisihan nitrat yang signifikan, terjadilah titik balik yang landai hingga cukup tinggi. Peningkatan persen persen penyisihan tersebut dikarenakan bertambahnya nutrisi pada limbah akibat lisis sel pada tahap sebelumnya. Sehingga ketersediaan tambahan pasokan nutrisi tersebut disambut dengan sangat baik oleh diatom. Hal tersebut terbantu juga dengan kapasitas penyerapan *Tetraselmis* yang cukup besar, karena ukuran tubuhnya yang juga besar. Oleh karenanya peningkatan persen penyisihan nitrat dapat terjadi. Hal tersebut tervalidasi dengan pernyataan bahwa alga hijau memiliki kemampuan nomor dua tertinggi setelah diatom dalam menyerap N. Walaupun *diatom* memiliki konstanta setengah saturasi yang lebih kecil dari *Chlorophyta*, tetapi *diatom* memiliki tingkat laju penyerapan yang tinggi [15].

Berdasarkan penelitian [19], removal nitrat terbaik didapatkan pada hari ke 1-4 dan menurun hingga hari ke 7. Penurunan nilai removal ini disebabkan proses denitrifikasi yang terhambat. Sehubungan dengan hal tersebut, kematian alga juga dapat menjadi faktor penyebab peningkatan nitrat, dimana sel yang jenuh akan mengalami proses lisis yang menyebabkan pelepasan nutrisi atau nitrat oleh mikroalga [20].

Berdasarkan penelitian berikut diketahui bahwa dari keempat rentang rasio n:p yang berbeda rata-rata penurunan nitrat tertinggi didapati pada variasi konsorsium 1, dengan rasio *Chaetoceros sp.* dan *Tetraselmis sp.* sebesar 100:0. Hal tersebut dikarenakan kelompok diatom lebih mendominasi pada kelebihan nitrat dibandingkan dengan kelompok chlorophyta dan cyanobacteria [21].

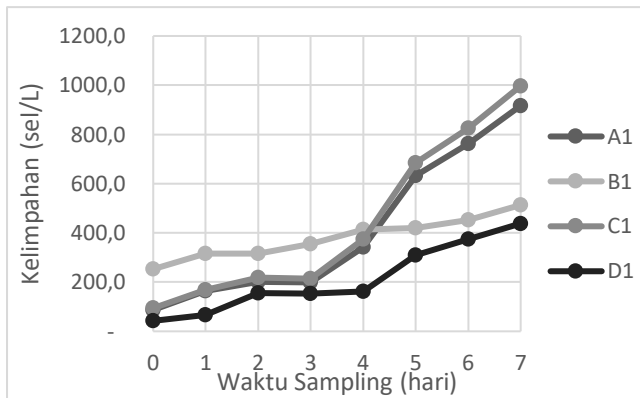
3.2. Kelimpahan Mikroalga

Pada konsorsium 1 (*Chaetoceros sp.*: *Tetraselmis sp.* = 100:0) didapati peningkatan pada tiap sampel, yakni sampel A dengan rasio N:P limbah sintesis sebesar 8:1, B (16:1), C (32:1) dan D (limbah domestik). Berdasarkan hasil yang didapat pada **Gambar 5** peningkatan tertinggi terjadi pada sampel C1 (32:1) mencapai 997×10^4 sel/ml. Pada Konsorsium 1 **Gambar 5** diketahui bahwa jumlah sel tertinggi pada hari ke-0 hingga ke-4 adalah sampel B1 (16:1). Kemudian pada hari ke-5 hingga ke-7 peningkatan yang signifikan pada sampel C1 (32:1) mencapai 997×10^4 sel/ml. Hal tersebut menandakan bahwa *Chaetoceros sp.* mampu berkembang biak dengan baik pada rasio 16:1 sejak penelitian awal hingga hari ke-empat. Pada hari ke-1 hingga ke-4, fase yang dihadapi ialah fase adaptasi dan eksponensial. Kepadatan

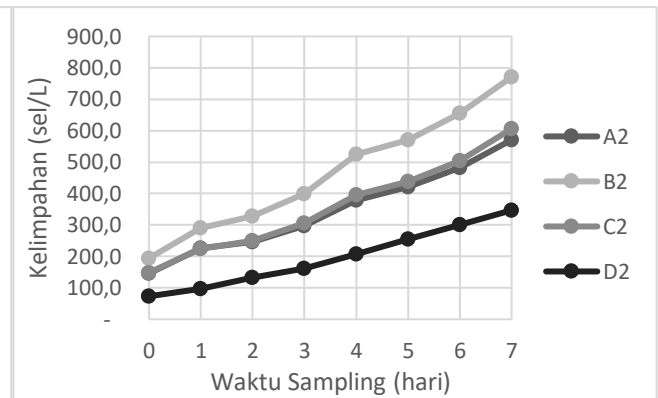
yang tinggi pada fase tersebut terjadi karena nutrisi yang dibutuhkan sel terpenuhi secara optimal. Sehingga perkembangan *Chaetoceros sp.* menjadi pesat. Hal tersebut membuktikan bahwa rasio optimal Redfield dengan N:P yakni 16:1 dapat meningkatkan kepadatan sel pada fase tersebut [6].

Namun setelah fase eksponensial tersebut, sampel B1 mengalami peingkatan yang landai dan stabil. Sementara sampel C1 dengan rasio N:P=32:1, mengalami peningkatan kelimpahan lebih unggul dibanding pada sampel limbah lainnya. Hal tersebut mungkin karena adanya nutrisi pada media tumbuh masih tersisa untuk laju pertumbuhan sel.

Pada konsorsium 2 (*Chaetoceros sp: Tetraselmis sp. = 75:25*) secara umum didapati laju pertumbuhan *Chaetoceros sp.* keempatnya mengalami peningkatan hingga hari ke-7. Berdasarkan hasil yang didapat pada **Gambar 6** diketahui bahwa jumlah sel tertinggi pada hari ke-0 hingga ke-7 adalah sampel B2 (16:1) dengan jumlah tertinggi mencapai 685×10^4 sel/ml. Pada Konsosium 2 **Gambar 6**, diketahui bahwa jumlah sel tertinggi pada hari ke-0 hingga ke-7 adalah sampel B2 (16:1) dengan jumlah tertinggi mencapai 685×10^4 sel/ml. Hal tersebut juga selaras dengan pendapat bahwa rasio optimal yang dibutuhkan mikroalga sesuai rasio Redfield adalah 16:1 [6].

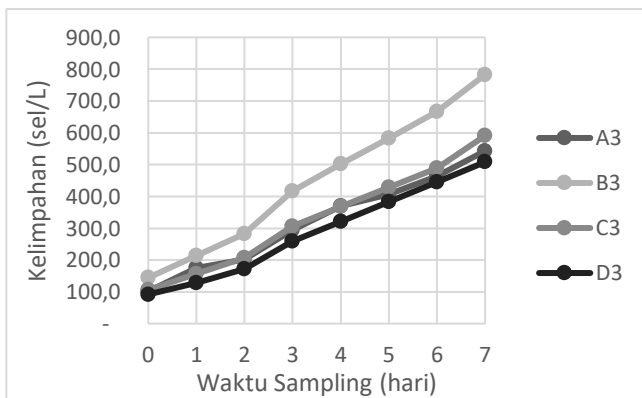


Gambar 6. Kelimpahan Mikroalga Konsorsium 1 (100:0) terhadap variasi jenis limbah

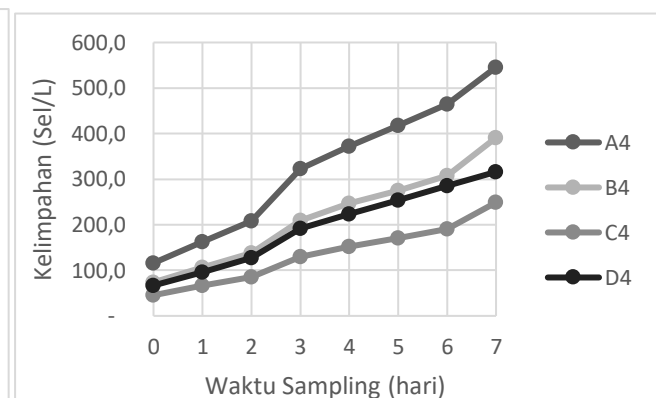


Gambar 6. Kelimpahan Mikroalga Konsorsium 2 (75:25) terhadap variasi jenis limbah

Pada konsorsium 3 (*Chaetoceros sp: Tetraselmis sp. = 50:50*) berdasarkan hasil yang didapat pada **Gambar 7** Secara umum diketahui bahwa jumlah sel tertinggi pada hari ke-0 hingga ke-7 adalah sampel B3 (16:1) dengan jumlah tertinggi mencapai 499×10^4 sel/ml. Kepadatan sel pada keempat sampel mengalami peningkatan hingga hari ke-7. Pendapat [6], mengenai rasio 16:1 tersebut juga sesuai pada konsorsium 3 (*Chaetoceros sp: Tetraselmis sp. = 50:50*) berdasarkan hasil yang didapat pada **Gambar 7** Secara umum diketahui bahwa jumlah sel tertinggi pada hari ke-0 hingga ke-7 adalah sampel B3 (16:1) dengan jumlah tertinggi mencapai 499×10^4 Sel/ml.



Gambar 8. Kelimpahan Mikroalga konsorsium 3 (50:50) terhadap variasi jenis limbah

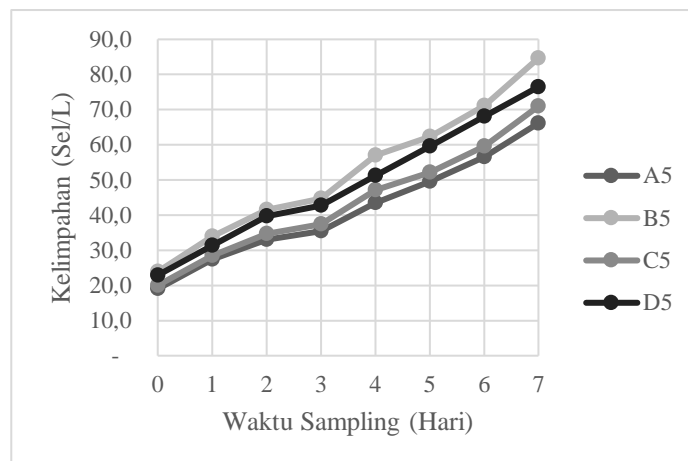


Gambar 8. Kelimpahan Mikroalga Konsorsium 4 (25:75) terhadap variasi jenis limbah

Pada konsorsium 4 (*Chaetoceros sp: Tetraselmis sp. = 25:75*) secara umum didapati laju pertumbuhan keempatnya mengalami peningkatan hingga hari ke-7. Berdasarkan hasil yang didapat pada **Gambar 8** diketahui bahwa jumlah sel tertinggi pada hari ke-0 hingga ke-7 adalah sampel A4 (8:1) dengan jumlah tertinggi mencapai 470×10^4 sel/ml. Berdasarkan hasil kelimpahan konsorsium 4 **Gambar 8** diketahui bahwa jumlah sel tertinggi pada hari ke-0 hingga ke-7 adalah sampel A4 (8:1) dengan jumlah

tertinggi mencapai 470×10^4 sel/ml. Hal tersebut terjadi karena adanya dominasi tetraselmis 75%. Sehingga terjadi persaingan penyerapan nutrisi antar mikroalga. Meskipun berdasarkan Litchman et al. [15], meskipun *Chaetoceros sp.* tidak lebih kompetitif jika dibandingkan dengan *Tetraselmis sp.*, tetapi kemampuan penyerapan yang cukup tinggi. Terlebih *Tetraselmis sp.* memiliki ukuran fisiologis yang lebih besar. Sehingga berdasarkan komposisinya yang lebih besar, dapat memberikan pengaruh terhadap kelimpahan mikroalga.

Sama seperti halnya penelitian terdahulu, komposisi *Chaetoceros sp.* dari bacillariophyta pada konsorsium tersebut berjumlah lebih banyak dari pada Tetraselmis. Sehingga besarnya kelimpahan lebih ditentukan oleh jumlah sel *Chaetoceros sp.* yang mampu bertahan dari persaingan nutrisi dengan *Tetraselmis sp.* pada kasus berikut jumlah kelimpahan bacillariophyta lebih banyak. Pada studi lain kelimpahan *bacillariophyta* mencapai 46%, sedangkan *chlorophyta* hanya 7% [22].



Gambar 9. Kelimpahan Mikroalga konsorsium 5 (0:100) terhadap variasi jenis limbah

Pada konsorsium 5 (*Chaetoceros sp.*: *Tetraselmis sp.* = 0:100) secara umum didapati laju pertumbuhan *Tetraselmis sp.* pada keempatnya mengalami peningkatan hingga hari ke-7. Berdasarkan hasil yang didapat pada **Gambar 9** diketahui bahwa jumlah sel tertinggi pada hari ke-0 hingga ke-7 adalah sampel B5 (16:1) dengan jumlah tertinggi mencapai 85×10^4 sel/ml. Adapun berdasarkan konsorsium 5 pada **Gambar 9**, diketahui bahwa jumlah sel tertinggi pada hari ke-0 hingga ke-7 adalah sampel B5 (16:1) dengan jumlah tertinggi mencapai 85×10^4 sel/ml. Pada grafik kelimpahan *Tetraselmis sp.*, urutan kelimpahan tertinggi hingga terendah berdasarkan penelitian adalah B5 (16:1), D5 (limbah domestik), C5 (32:1), dan A5 (8:1). Selaras dengan kurva pertumbuhan dari penelitian *Nannochloropsis oculata* yang berasal dari divisi yang sama yakni *chlorophyta*.

Bahwasanya berdasarkan penelitian Rasdi & Qin (2014), urutan peningkatan kepadatan sel tertinggi terjadi pada rasio N:P = 20:1 lalu 30:1, kemudian 60:1, 120:1, dan yang terendah adalah rasio 10:1. Hasil tersebut mirip dengan penelitian yang dilakukan, dimana rasio tertinggi 20:1 mendekati rasio yang dimiliki B5 (16:1), rasio tertinggi selanjutnya, yakni 30:1 juga mendekati rasio sampel C5. Kemudian rasio terendah A5 juga mendekati dengan rasio 5:1, yang juga variasi rasio yang memiliki kelimpahan terendah [23]. Hal tersebut dikarenakan rasio N:P yang optimal yang dibutuhkan mikroalga adalah 16:1 [6].

4. Kesimpulan

Adapun berdasarkan hasil penelitian serta pembahasan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa, konsorsium *Tetraselmis sp.* dan *Chaetoceros sp.* mikroalga mampu menyisihkan kandungan nitrat hingga 94,1% dengan sampel B1 (rasio mikroalga *Chaetoceros sp.* : *Tetraselmis sp.* = 100:0. Efektivitas tersebut terjadi pada rentang pH 7,8 – 8,9 dengan suhu $28,67^\circ\text{C}$ - $22,67^\circ\text{C}$. Rasio kandungan nitrat dan fosfat mempengaruhi kelimpahan mikroalga. Pada konsorsium 1 menunjukkan kelimpahan tertinggi terjadi pada rasio N:P=16:1 dan 32:1. Pada konsorsium 2 dan 3 menunjukkan kelimpahan tertinggi terjadi pada rasio N:P=16:1. Pada konsorsium 4 menunjukkan kelimpahan tertinggi pada rasio N:P=8:1. Pada konsorsium 5 menunjukkan kelimpahan tertinggi pada rasio N:P=16:1. Kelimpahan meningkat seiring berjalannya waktu sampling sampai hari ke-7. Rasio 16:1 berpengaruh dalam menghasilkan kelimpahan tertinggi terhadap lebih banyak variasi konsorsium mikroalga daripada rasio lain.

5. Daftar Pustaka

- [1] L. E. Sunarsih, *Penanggulangan Limbah*, 1st ed. Yogyakarta: Deepublish, 2018.
- [2] E. J. Olgun, *Phycoremediation: key issues for costeffective nutrient removal processes*. Biotechnol. Adv, 2003.
- [3] K. Chojnacka, *Biosorption And Bioaccumulation In Practice*. New York: Nova Science Publishers, Inc, 2009.
- [4] J. J. Mayers, K. J. Flynn, and R. J. Shields, "Influence of the N:P supply ratio on biomass productivity and time-resolved changes in elemental and bulk biochemical composition of *Nannochloropsis* sp.," *Bioresour Technol*, vol. 169, pp. 588–595, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.07.048>.
- [5] M. Berlianto and B. V. Tangahu, "Range Finding Test Mikroalga *Chlorella vulgaris* pada Limbah Cair Chromium," *Jurnal Purifikasi*, vol. 18, no. 1, pp. 1–10, 2018.
- [6] I. M. Suthers and D. Rissik, *Plankton*. Collingwood: CSIRO Publishing, 2009.
- [7] V. Andreotti, A. Chindris, G. Brundu, D. Vallainc, M. Francavilla, and J. García, "Bioremediation of aquaculture wastewater from *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) with different microalgae species," *Chemistry and Ecology*, vol. 33, no. 8, pp. 750–761, Sep. 2017, doi: 10.1080/02757540.2017.1378351.
- [8] R. Bhattacharjya, P. K. Singh, and A. Tiwari, "Aquaculture water as a source of sustainable growth medium for diatom cultivation and its nutritive suitability as a potential aqua feed," *Environ Technol Innov*, vol. 24, p. 101987, Nov. 2021, doi: 10.1016/J.ETI.2021.101987.
- [9] T. R. Soeprobowati and R. Hariyati, "Potensi Mikroalga Sebagai Agen Bioremediasi Dan Aplikasinya Dalam Penurunan Konsentrasi Logam Berat Pada Instalasi Pengolah Air Limbah Industri," 2013.
- [10] I. F. Jayanti, "Pengaruh Fotoperiode Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan, Produksi Biomassa, Klorofil-A Dan Kadar Protein *Tetraselmis Chuii*," Jul. 2018.
- [11] A. S. Muliadi, I. Dewiyanti, and N. Nurfadillah, "Pengaruh Pemberian Limbah Cair Tahu Terhadap Pertumbuhan *Tetraselmis* sp.," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, vol. 2, no. 2, pp. 259–267, 2017.
- [12] G. E. Fogg and B. Thake, *Algal Cultures and Phytoplankton Ecology*, 3rd ed. Wisconsin: The University of Wisconsin Press, 1987.
- [13] M. Sumsanto and N. Muahiddah, "Pengaruh Wadah Dan Aerasi Terhadap Pertumbuhan *Tetraselmis Chuii* Pada Skala Kultur Intermediate Di Balai Perikanan Budidaya Air Payau Situbondo, Jawa Timur," *Jurnal Ganec Swara*, vol. 17, no. 2, pp. 587–593, 2023, [Online]. Available: <http://journal.unmasmataram.ac.id/index.php/GARA>
- [14] M. Kawaroe, T. Prartono, A. Sunuddin, D. W. Sari, and D. Augustine, *Mikroalga Potensi dan Pemanfaatannya untuk Produksi Bio Bahan Bakar*. Bogor: PT Penerbit IPB Press, 2019.
- [15] E. Litchman, C. A. Klausmeier, J. R. Miller, O. M. Schofield, and P. G. Falkowski, "Multi-nutrient, multi-group model of present and future oceanic phytoplankton communities," *Biogeosciences*, vol. 3, pp. 585–606, 2006, [Online]. Available: www.biogeosciences.net/3/585/2006/
- [16] I. Setyaningsih *et al.*, "Komposisi Kimia Dan Kandungan Pigmen *Spirulina Fusiformis* Pada Umur Panen Yang Berbeda Dalam Media Pupuk," *J Pengolah Has Perikan Indones*, vol. 14, no. 1, pp. 63–69, 2011.
- [17] Annisa, "Respon *Chlorella pyrenoidosa* terhadap Senyawa Klorporifos," Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2005.
- [18] E. Litchman, C. A. Klausmeier, O. M. Schofield, and P. G. Falkowski, "The role of functional traits and trade-offs in structuring phytoplankton communities: Scaling from cellular to ecosystem level," *Ecol Lett*, vol. 10, pp. 1170–1181, Dec. 2007, doi: 10.1111/j.1461-0248.2007.01117.x.
- [19] A. U. Farahdiba, N. Hidayah, G. A. Asmar, and Y. W. Myint, "Growth and Removal of Nitrogen and Phosphorus by a Macroalgae *Cladophora glomerata* Under Different Nitrate Concentrations," *Nature Environment and Pollution Technology An International Quarterly Scientific Journal*, vol. 19, no. 2, 2020, doi: 10.46488/NEPT.2020v19i02.038.
- [20] G. A. Asmar, "Pemodelan Kinetika Laju Pertumbuhan Serta Kemampuan Macroalgae *Cladophora Glomerata* Dalam Mengolah Air Limbah Laundry," Program Studi Teknik Lingkungan UPN "Veteran" Jawa Timur, Surabaya, 2019.
- [21] I. M. Andersen, T. J. Williamson, M. J. González, and M. J. Vanni, "Nitrate, ammonium, and phosphorus drive seasonal nutrient limitation of chlorophytes, cyanobacteria, and diatoms in a

- hyper-eutrophic reservoir,” *Limnol Oceanogr*, vol. 65, no. 5, pp. 962–978, May 2020, doi: 10.1002/LNO.11363.
- [22] Y. Yang, J. Pan, B. P. Han, and L. Naselli-Flores, “The effects of absolute and relative nutrient concentrations (N/P) on phytoplankton in a subtropical reservoir,” *Ecol Indic*, vol. 115, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.ecolind.2020.106466.
- [23] N. W. Rasdi and J. G. Qin, “Effect of N:P ratio on growth and chemical composition of *Nannochloropsis oculata* and *Tisochrysis lutea*,” *J Appl Phycol*, vol. 27, Dec. 2014, doi: 10.1007/s10811-014-0495-z.