

## Penyerapan Amonia dan Nitrat pada Kolom Filtrasi Kolam Udang Dengan Metode Carbon Dosing Menggunakan Alga *Caelurpa taxifolia*

Vincentius Johar Windrayan Pambudi<sup>1</sup>, Sigit Udjiana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Reefseven Aquamarine, CV Kalandra Jaya Abadi, Pasuruan

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Malang

### Abstrak

Udang adalah komoditas laut yang memiliki nilai ekonomis tinggi and sering dibudidayakan. Udang memiliki sensitivitas terhadap kondisi air yang sering berdampak pada angka kematian udang yang tinggi. Angka kematian udang linier dengan laju nitrifikasi yang terhambat ketika ammonia telah menjadi nitrat dan sulit terdegradasi menjadi nitrogen. Proses nitrifikasi hingga saat ini masih menjadi solusi untuk menjaga mutu air dalam kolam budidaya udang. Dalam penelitian ini, digunakan metode karbon dosing dengan dosis 5 mL/100 liter dapat mempercepat laju nitrifikasi bakteri dengan strain yang kompleks dari golongan bakteri aerob dan anaerob untuk membantu mempercepat laju konversi ammonia menjadi nitrogen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan makroalga kolam sebanyak 5 kg untuk volume total air 8000 liter pada kolom filtrasi yang dialirkan terus menerus melewati alur sirkulasi dapat membantu menurunkan nitrat dengan cepat dan stabil. Pengamatan selama 60 hari menunjukkan bahwa kadar nitrat masih di bawah ambang batas, yang juga ditunjukkan dari tingginya laju pertumbuhannya makroalga yang semakin subur. Selama waktu pengamatan, nilai nitrat tidak pernah lebih dari 5 ppm sedangkan ammonia selalu dibawah 0,15 ppm. Angka kematian udang juga lebih rendah daripada sistem konvensional yang hanya mengandalkan metode pergantian air.

**Kata kunci:** nitrifikasi, makroalga, karbon dosing

### Abstract

Shrimp is a marine commodity that has high economic value and is often cultivated. Shrimp are sensitive to water conditions which often result in high shrimp mortality. The shrimp mortality rate is linear with the rate of nitrification being inhibited when ammonia has become nitrate and is difficult to degrade into nitrogen. The nitrification process is still a solution to maintain water quality in shrimp farming ponds. In this study, the carbon dosing method was used at a dose of 5 ml/100 liters to accelerate the rate of nitrification of bacteria with complex strains of aerobic and anaerobic bacteria to help accelerate the rate of conversion of ammonia to nitrogen. The results showed that the use of 5 kg of pond macroalgae for a total volume of 8000 liters of water in a filtration column which was continuously flowed through the circulation channel could help reduce nitrate quickly and stably. Observations for 60 days showed that nitrate levels were still below the threshold, which was also indicated by the high rate of macroalgae growth which was increasingly fertile. During the observation time, the value of nitrate was never more than 5 ppm while ammonia was always below 0.15 ppm. The shrimp mortality rate is also lower than the conventional system, which only relies on the water exchange method.

**Keywords:** nitrification, macroalgae, carbon dosing

## PENDAHULUAN

Udang merupakan biota laut yang sangat sensitif terhadap perubahan parameter kimia. Dibanding dengan jenis vertebrata seperti ikan dan mamalia laut. Jenis udang dan jenis invertebrata lainnya memiliki tingkat kematian yang tinggi akibat adanya perubahan drastis (swing) pada parameter kimia (sensitive). Selain dapat menyebabkan kematian perubahan parameter yang mendadak juga dapat mempengaruhi kualitas udang sebelum didistribusikan. Udang akan cenderung lemas ketika berada pada konsisi air yang buruk [1].

Sehingga pada waktu distribusi atau menuju ke retail kondisi udang dapat dikatakan tidak layak jual.

Sistem pengolahan air yang kurang sesuai atau tidak mengikuti standart baku mutu pemeliharaan air budi daya juga dapat menjadi faktor adanya perubahan yang mendadak (swing) pada parameter kimia. Kolam penyedia tampungan udang tidak terlepas dari residu pakan dan eksek dari udang itu sendiri, yang diketahui dapat menjadi sumber ammonia yang merupakan zat beracun atau memiliki kadar toksisitas yang tinggi pada sebuah sistem tertutup seperti kolam [2]. Untuk itu banyak kajian yang telah dilakukan untuk membuat kolam yang sesuai dengan standart pengolahan baku mutu air untuk penyimpanan udang hidup.

Alamat Korespondensi Penulis:

**Vincentius Johar Windrayan Pambudi**

Email : vincentiusjohar@gmail.com

Alamat : Reefseven Aquamarine, Pasuruan, Indonesia

Preparasi kolam udang pada umumnya menggunakan media biofiltrasi dengan memanfaatkan bakteri aerob dan anaerob sebagai pendukung terjadinya siklus nitrogen untuk mengoksidasi ammonia menjadi nitrit dan mengoksidasi nitrit menjadi nitrat [3]. Karena pada dasarnya sistem pengolahan air menggunakan sebuah sistem tertutup untuk mengurangi biaya operasional penggunaan air. Maka perlu diperhatikan laju optimal dari daya reduksi ammonia agar udang dapat bertahan hidup lebih lama serta mengurangi angka kematian. Semakin banyak limbah kegiatan seperti pemberian pakan yang dihasilkan dalam sistem penyimpanan, akan meningkatkan sedimentasi dalam dasar tambak. Senyawa amonium dan nitrit merupakan bentuk lain dari nitrogen anorganik dalam tambak. Nitrogen anorganik terdiri dari amonia ( $\text{NH}_3$ ), ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), ion nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), dan nitrogen gas ( $\text{N}_2$ ). Secara biologis, proses perombakan sisa metabolisme biota budidaya dapat menjadi nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), suatu bentuk yang tidak berbahaya dalam proses nitrifikasi (laju) [1].

Senyawa nitrogen di dalam air dapat berubah-ubah melalui proses nitrifikasi dan denitrifikasi [2]. Nitrifikasi dan denitrifikasi di dalam siklus nitrogen memiliki peran penting pada produksi primer perairan dan termasuk siklus nutrisi yang utama. Pada proses nitrifikasi, senyawa anorganik amonia dirubah menjadi nitrit, kemudian menjadi nitrat oleh bakteri nitrifikasi, sedangkan dalam proses denitrifikasi senyawa nitrat dirubah menjadi  $\text{N}_2\text{O}$  [2]. Berbeda dengan amonia, nitrat merupakan nutrisi paling dominan yang dapat memengaruhi produktivitas perairan. Oleh karena itu, reaksi nitrifikasi sangat penting bagi keseimbangan nitrogen dan faktor penentu kualitas perairan [3].

Dalam penelitian sebelumnya dan kini telah menjadi standar bagi dinas perikanan daerah untuk sistem pembenihan, pembesaran, maupun penyimpanan langkah yang ditempuh untuk mengurangi potensi kematian adalah dengan pergantian air secara berkala dan termonitor berapa besaran volume air yang diganti beserta selisih nilai salinitas. Penelitian oleh Herlambang dan Marsidi (2003) menunjukkan bahwa proses denitrifikasi pada air limbah dapat menghilangkan konsentrasi nitrat sebanyak 100% dalam 7 hari [4]. Dari penelitian lain oleh Taziki et al., diketahui bahwa pada percobaan bioremediasi limbah cair menggunakan bakteri nitrifikasi tunggal *Chlorella* sp., efisiensi reduksi konsentrasi nitrat mencapai 88.17% dan 86%. Adanya hubungan sinergis dari bakteri dan mikroalga berpotensi meningkatkan

kinerja reduksi senyawa nitrogen nitrat pada air limbah Lebih lanjut [5], gabungan kultur bakteri dapat meningkatkan efisiensi reduksi senyawa nitrat dalam air [6].

Namun pada kasus yang sama dimana lokasi penyimpanan udang terletak jauh dari sumber air baku sehingga tidak memungkinkan untuk memiliki manajemen pengolahan air dengan sistem pergantian berkala. Angka kematian dinilai cukup tinggi hingga mencapai 12 % pada setiap kedatangan [7]. Masalah ini yang umum terjadi dalam penyimpanan udang yaitu secara tidak teratur nilai ammonia terlarut semakin tinggi dan tidak terkontrol. Sehingga mengakibatkan beberapa atau sebagian udang mengalami kematian akibat keracunan ammonia. Hal ini sangat disayangkan untuk itu penelitian ini dibuat untuk menstabilkan proses nitrifikasi dalam sistem tertutup penyimpanan udang.

#### **METODE PENELITIAN**

Penelitian dilakukan pada Agustus hingga November tahun 2022 bertempat di kolam penyimpanan udang Rumah makan Gunung Taman Dayu Ciputra dengan penambahan kolom makro algae (kolam A) dan dilakukan validasi data dengan Unit Pengembangan Budidaya Air payau (PPAP) Bangil kabupaten Pasuruan (kolam B) serta PT. Akasa Wira - Plant Sukorejo Kab. Pasuruan.

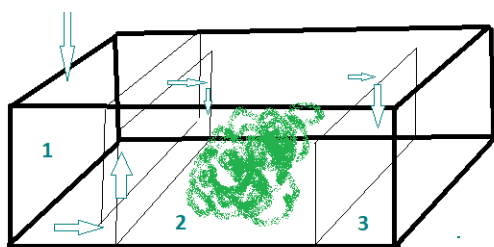
#### **Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan diantaranya refractometer salinitas ATAGO S-28M. pHmeter Melder Toledo, Spektrofotometri UV-Vis Shimadzu 1800, test rapid pengecekan ammonia, nitrat dengan merek salifert untuk air laut. timbangan analitik Metler Toledo, water bath, alat-alat gelas di laboratorium. Bahan yang digunakan meliputi, natrium nitrit, kalium nitrat, asam sulfanilat, asam klorida, N-(1-naftil etilendiamin dihidroklorida, glisin, natrium hidroksida, naftil etilendiamin dihidroklorida. Kemudian sampel udang DOB 13 Agustus 2022 sebanyak 100 ekor. Gula beserta cuka masak dan alga laut aseman *Caelurpa Taxifolia* sebanyak 5 kg basah.

#### **Sistem Tambahan Nitrifikasi**

Kolam A menggunakan tambahan kolom untuk penempatan makro algae. Pada kolom pertama disiapkan media filtrasi mekanis berupa kapas dacron dan busa hitam untuk menyaring kotoran padat. Kemudian pada kolom kedua disiapkan tampungan sebanyak 10 % dari total air untuk penempatan alga beserta dengan penambahan karbon di sisi yang sama [5],

sedangkan kolom terakhir untuk pompa balik dan rumah bakteri Kemudian air disirkulasi terlebih dahulu selama kurang lebih 14 hari dengan penambahan karbon dosing campuran cuka dan gula 1:1 dosis 5 mL/100 Liter setiap dua hari. Sampel udang sebanyak 100 ekor dimasukkan dan diamati perkembangannya selama 60 hari. Skema kolom filtrasi kolam A dengan makro algae dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skema kolom filtrasi

#### Analisa penetapan kadar ammonia, nitrit dan nitrat

Penetapan kadar nitrat harian dilakukan dengan metode rapid (test kit) untuk mengetahui rentang kandungan nitrat pada sistem dalam proses pengecekan lapangan. Sebanyak 1 mL sampel. Kemudian secara periodik dua hari sekali menggunakan analisa kualitatif dengan penambahan 0,5 – 1,5 g granul Zn. Dibiarkan bereaksi selama 10 menit, kemudian granul Zn dipisahkan dan larutan digenapkan dalam labu ukur 10 mL. Dari larutan tersebut diambil 3 mL dan 2 mL larutan asam sulfanilat dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Dibiarkan bereaksi selama 10 menit. Ditambahkan dengan 2 mL larutan naftil etilendiamin dihidroklorida, diaduk dan dibiarkan bereaksi selama 30 menit [8]. Larutan dimasukkan ke dalam kuvet dan dibaca absorbansinya pada panjang gelombang 535 nm (SNI 06-2480.1991).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Manajemen Filtrasi Kolam Udang

Kolam udang wajib memiliki sistem filtrasi untuk menjaga air dalam keadaan yang baik sehingga udang dapat bertahan hidup seperti di ekosistem asalnya. Faktor kimia dan fisik yang perlu diperhatikan antara lain adalah jumlah ammonia terlarut, sedangkan faktor fisik yang perlu diperhatikan antara lain pH, suhu, salinitas [9]. Udang memiliki sensitifitas yang cukup tinggi terhadap perubahan lingkungan di sekitar. Dan apabila kondisi lingkungan tidak memungkinkan seperti kadar ammonia tinggi maka udang dapat mengalami kematian

Manajemen kualitas air yang dilakukan selama penelitian diantaranya, sanitasi kolam sebelum dipergunakan menggunakan caustic soda 10% untuk menghilangkan kerak kemudian dibilas hingga tidak menunjukkan residu caustic dengan meneteskan pp hingga tak berubah warna [10]. Kemudian pemasukkan air dari laut ke tandon, sumber air utama yang digunakan untuk berasal dari air laut dari pantai selatan malang, menggunakan pompa submersible 10 inci dengan kapasitas 12.000-liter perjam, air masuk ke tandon 1 di lengkapi metode penyaringan air dipergunakan model tracking dengan kapas dacron putih untuk menyaring kotoran fisik dari laut.

Setelah air terisi maka pada chamber atau kolom filtrasi pertama ditempatkan media filter berupa dacron putih, dan jipmat untuk menyaring kotoran fisik. Dan kemudian dibawahnya diisi dengan rumah bakteri (ecobioblock) berbentuk kubus untuk rumah bakteri nitrifikasi [11]. Kolom kedua diisi dengan pasir pantai dengan batu karang basah untuk tempat makroalgae berkembang. Makro algae sebanyak 5 kg ditimbang dan dicatat beratnya untuk mengetahui laju pertumbuhan makroalgae setelah menyerap nitrat.

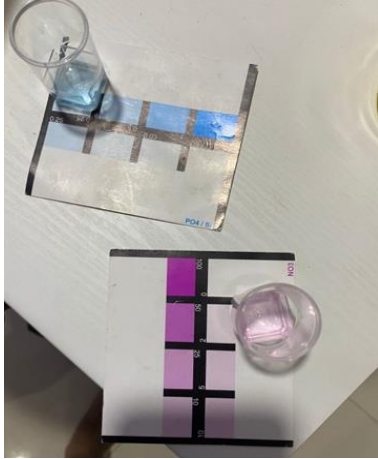
Kolom ketiga berisi dengan pompa untuk kembali ke kolam. Setelah semua media ditempatkan air disirkulasi selama 14 hari dengan penambahan bakteri nitrifikasi merek biodigest prodibio sebanyak 20 ampul bakteri. Kemudian dari hari pertama hingga setelah hari ke 14 dilakukan analisa pengecekan nitrifikasi untuk mengetahui laju proses nitrifikasi oleh bakteri [12]. Pengecekan menggunakan media rapid test salifert dan dapat dilihat pada tabel 1 proses penurunan nitrat selama proses sirkulasi.

Tabel 1. Pengamatan proses sirkulasi pembentukan sistem nitrifikasi berdasarkan analisa kualitatif

Hari ke-	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14
Kadar nitrat	0	0	2	5	10	5	2
Kadar ammonia	0.25	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0

Dapat dilihat dalam tabel 1 bahwa nilai ammonia sangat tinggi ketika hari pertama disebabkan mungkin oleh sisa-sisa kotoran yang tidak tersanitasi yang masi terjebak di dalam kolam [11]. Kemudian nilai nitrat mulai nampak setelah hari ke 5 menunjukkan proses nitrifikasi mulai berjalan, ammonia mulai berubah menjadi nitrat dengan curva yang menurun terlebih dulu

dibanding dengan nitrat yang menurun setelah memasuki hari ke 14. Nilai nitrat pada hari ke 14 dapat dilihat dalam gambar 2, dalam analisa harian menggunakan test kit dapat dilihat warna jingga yang cerah dan tidak terlalu pekat mendekati hari ke 14 waktu sirkulasi [13].



Gambar 2. Hasil analisa testkit hari ke 14

Dengan demikian dalam waktu 14 hari dapat memberikan hipotesa bahwa sistem kolam sudah memiliki kapasitas untuk mengolah ammonia. Namun yang akan dikaji berikutnya adalah bagaimana sistem filtrasi dapat mengolah kelebihan ammonia apabila jumlah pakan dan kotoran hasil metabolisme udang tiba-tiba meningkat seiring dengan pertumbuhan udang [7]. Salinitas serta pH juga diamati karena sebagai pondasi parameter yang sesuai untuk membuat kondisi kolam tidak jauh menyimpang dari kondisi pada habitat udang di laut.

### Proses Optimalisasi Laju Nitrifikasi

Sebanyak 100 udang diaklimasi dan ditebar didalam kolam untuk melihat perkembangannya selama kurang lebih dua bulan dengan dibandingkan dengan kolam sistem pergantian air milik Dinas Pemerintah Daerah. Parameter pengamatan yang dikontrol adalah pH, salinitas, nitrat, ammonia serta angka kematian udang. Perkembangan kondisi parameter dapat dilihat di Tabel 2.

Hasil pengamatan dari kedua kolam dengan perbedaan sistem manajemen air yaitu A dengan sistem penambahan sumber karbon campuran cuka dan gula selama dua hari sekali dengan dosis 5 mL/100 liter dan makroalga, sedangkan kolam B dengan sistem water change atau pergantian air dalam 50% setiap tiga hari. Perbedaan parameter kedua kolam dapat dilihat pada tabel 2 [14].

Dapat diamati perubahan ammonia menjadi nitrat pada kedua kolam terdapat perbedaan yang

cukup terlihat. Pada kolam B nilai ammonia selalu diatas 0.1 kemungkinan bahwa air water change yang digunakan juga memiliki sumber ammonia dari lokasi pengambilannya yang tidak jauh dari lokasi padat penduduk dan juga lokasi industri dikota pasuruan, sedangkan kolam A memiliki kadar ammonia yang relatif stabil pada nilai terendah dikarenakan sebelum digunakan kolam telah terlebih dahulu di sirkulasi dan air sumber berasal dari pantai yang jauh dari pemukiman serta industri sehingga dapat diasumsikan lebih bersih dan memiliki kualitas air baku yang lebih baik [7].

Nilai nitrat dan pun juga demikian bahwa kolam yang tanpa menggunakan makroalga nilai nitratnya lebih tinggi karena jumlah bakteri pengurai nitrat yang kurang dan tidak dapat dibantu oleh apapun hanya mengandalkan pergantian air [3], untuk jenis bakteri pengolah nitrat memiliki perbedaan strain dari jenis bakteri pengolah ammonia [11]. Bakteri pengolah nitrat lebih cenderung anaerob yaitu tidak membutuhkan oksigen untuk proses kelangsungan hidupnya [11]. Berbeda dengan bakteri pengolah ammonia dan nitrat yang masuk kedalam golongan aerob yang membutuhkan oksigen dalam proses metabolismenya, sehingga laju pertumbuhan atau siklus hidupnya memerlukan aerasi yang baik [15].

Bakteri anaerob tumbuh disela-sela media filtrasi yang sempit dengan arus pelan serta minim oksigen. Serta jenis bakteri ini memerlukan karbon sebagai makanan bakteri untuk menambah jumlah koloni. Sehingga dalam tabel dapat ditunjukkan dengan penambahan karbon dapat pula menekan kelebihan nitrat dalam air [16].

Kemudian nitrat bagi tanaman merupakan nutrisi yang baik dan sangat mudah sekali diserap oleh tumbuhan tingkat rendah sekalipun, makroalga *Caelurpa taxifolia* dapat menyerap nitrat dengan baik [17]. Analisa pembuktian adanya penyerapan nitrat oleh makroalga dapat dilihat dengan penimbangan jumlah makroalga selama proses pengamatan disajikan di Tabel 3 dan Gambar 3.

Pada tabel pengamatan laju pertumbuhan makroalga dapat diamati bahwa makroalga menyerap nitrat dengan baik pada kolam A sehingga mengakibatkan jumlah makroalga berkembang begitu pesat hingga harus dikurangi atau proses trimming pada hari ke 35 karena kolam filtrasi tak mampu menampung jumlah makroalga yang ada [16].

**Tabel 2.** Parameter Filtrasi Kolam dengan karbon dosing+ makroalgae (A) dan kolam tanpa karbon dosing (B)

Parameter	Kolam	Hari ke-						
		0	10	20	30	40	50	60
Salinitas (ppt)	A	30	32	32	30	32	30	30
	B	29	32	31	27	28	33	34
pH	A	8.2	8.2	8.2	8.4	8.5	8.4	8.2
	B	8.0	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
Ammonia (ppm)	A	0.1	0	0	0.11	0	0	0
	B	0.14	0.1	0.10	0.15	0.16	0.14	0.15
Nitrat (ppm)	A	2.4	2.3	5.0	2.8	3.2	2.9	2.1
	B	5.5	5.0	5.3	5.2	5.0	5.1	5.2
Angka kematian	A	3	0	0	0	0	1	0
	B	5	4	1	0	2	1	2

**Tabel 3** Laju pertumbuhan makroalgae (kg)

hari	0	10	20	30	40	50	60
berat	5	5.2	5.8	6+	4.8	5	5



**Gambar 3.** Kenampakan pertumbuhan makro algae dari kiri ke kanan

Penampakan fisik kualitas air juga dapat dilihat perbedaannya. Air dengan sistem manajemen pengolahan karbondosing dan makro algae sedikit lebih bening dengan warna yang sedikit kehijauan dibanding dengan air yang hanya menggunakan sistem waterchange. Pada gambar 3 dapat dilihat perbedaan kenampakan fisik kondisi air.



**Gambar 4.** air sistem carbon dosing (kiri) dan air sistem water change (kanan)

Penampakan visual udang setelah hari ke 60 pada kolam A juga nampak sehat dan tidak memiliki kelainan seperti perubahan warna akibat stress ataupun sakit. Kondisi udang dapat dikatakan baik dan aktif. Kenampakan visual udang dapat dilihat pada Gambar 5.

Alur proses nitrifikasi kolom A dapat dibantu dengan menggunakan makroalgae *Caelurpa taxifolia* serta carbon dosing. Makroalga memerlukan nitrat untuk metabolismenya sedangkan carbon dosing merupakan sumber nutrisi bagi bakteri anaerob agar memaksimalkan proses perubahan nitrat menjadi nitrogen. Proses ini memerlukan design kolam dengan tambahan kolom filtrasi yang cukup untuk mengolah air dan pompa filtrasi yang menyala terus menerus untuk mensirkulasikan air dari kolam menuju kolom filtrasi. Namun penggunaan air jauh lebih sedikit dibandingkan dengan sistem konvensional yang hanya mengandalkan penggantian air secara berkala. Selain itu, perlu dilakukan pengamatan terhadap laju pertumbuhan bakteri untuk mengetahui mana yang lebih berperan dalam menurunkan kadar nitrat antara karbon dosing atau penggunaan makroalgae.



**Gambar 5.** Kenampakan visual udang setelah 60 hari

## KESIMPULAN

Aplikasi makroalgae kolam sebanyak 5 kg untuk volume total air 8.000 liter pada kolom filtrasi yang dialirkan terus menerus melewati alur sirkulasi dapat membantu menurunkan nitrat dengan sangat cepat dan stabil. Pertumbuhan makro algae dan laju proses nitrifikasi berjalan linier dimana ada kenaikan berat pertumbuhan ako algae disertai dengan penurunan kadar nitrat.

Laju pengamatan selama 60 hari menunjukkan kadar nitrat masih dalam batas rendah dan ditunjukkan dari makroalgae yang semakin subur hingga laju pertumbuhannya sangat cepat. Nilai nitrat selama pengamatan tidak pernah lebih dari 5 ppm dan ammonia selalu dibawah 0.15. Angka kematian udang juga lebih baik daripada sistem kovensional yang hanya mengandalkan pergantian air.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada pihak yang terlibat, yaitu Rumah Makan Gunung Taman Dayu Ciputra Pasuruan, Unit Pengembangan Budidaya Air payau (PPAP) Bangil Kabupaten Pasuruan, dan PT Akasa Wira plant Sukorejo Kab. Pasuruan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. E. Bertone, C. Chang, P. Thiel, and K. O'Halloran, "Analysis and modelling of powdered activated carbon dosing for taste and odour removal," *Water Research*, vol. 139, pp. 321–328, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.watres.2018.04.023.
- [2]. F. Bryce, S. David, Carbon Augmentation for Biological Nitrogen Removal. 2019. Water Research Foundation. University of Washington. 30(4), 1023-1025.
- [3]. R. Moghaddam, G. Barkle, A. Rivas, D. Torres, and L. Schipper, Carbon dosing enhances nitrate removal effectiveness in denitrifying bioreactors: A field trial in New Zealand. In: *Adaptive Strategies for Future Farming*. 2022. Massey University, New Zealand. 8 pages.
- [4]. Herlambang & Marsidi. 2003. Proses Denitrifikasi Dengan Sistem Biofilter Untuk Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Nitrat. *Jurnal Teknik Lingkungan P3TL-BPPT*, vol.4, No. 45-46.
- [5]. H. Jie, L. Daping., L. Qiang., T. Yong., H. Xiaohong. "Effect of organic carbon on nitrification efficiency and community composition of nitrifying biofilms," *Journal of Environmental Sciences*, vol. 21, no. 3, pp. 387–394, Jan. 2009, doi: 10.1016/S1001-0742(08)62281-0.
- [6]. S. A. Mousavi, S. Ibrahim, and M. K. Aroua, "Effect of carbon source on acclimatization of nitrifying bacteria to achieve high-rate partial nitrification of wastewater with high ammonium concentration," *Appl Water Sci*, vol. 7, no. 1, pp. 165–173, Mar. 2017, doi: 10.1007/s13201-014-0229-z.
- [7]. C. Lanctôt, S. P. Wilson, L. Fabbro, F. D. L. Leusch, and S. D. Melvin, "Comparative sensitivity of aquatic invertebrate and vertebrate species to wastewater from an operational coal mine in central Queensland, Australia," *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 129, pp. 1–9, Jul. 2016, doi: 10.1016/j.ecoenv.2016.03.003.
- [8]. I. Emilia, "Analisa Kandungan Nitrat Dan Nitrit Dalam Air Minum Isi Ulang Menggunakan Metode Spektrofotometri Uv-Vis,". *Jurnal Indobiosains*, Universitas PGRI Palembang vol. 1, p. 7, 2019.
- [9]. D. Adyasari, T. Oehler, N. Afiati, and N. Moosdorf, "Groundwater nutrient inputs into an urbanized tropical estuary system in Indonesia," *Science of The Total Environment*, vol. 627, pp. 1066–1079, Jun. 2018, doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.281.
- [10]. R. Ryther, "Development of a Comprehensive Cleaning and Sanitizing Program for Food Production Facilities," in *Food Safety Management*, Elsevier, 2014, pp. 741–768. doi: 10.1016/B978-0-12-381504-0.00027-5.
- [11]. H. Fadillah, M. Junaidi, and F. Azhar, "Penggunaan Nitrosomonas dan Nitrobacter Untuk Perbaikan Kualitas Air Media Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*)," *Jurnal Perikanan Universitas Mataram*, vol. 12, no. 1, Mar. 2022, doi: 10.29303/jp.v12i1.274.
- [12]. S. Setiowati, R. Roto, and E. T. Wahyuni, "Monitoring Kadar Nitrit Dan Nitrat Pada Air Sumur Di Daerah Catur Tunggal Yogyakarta Dengan Metode Spektrofotometri Uv-Vis" *J. Man & Ling.*, 23, (2), 143, 2016, doi: 10.22146/jml.18784.
- [13]. M. Natsuike, Y. Endo, H. Ito, M. Miyamoto, C. Yoshimura, and M. Fujii, "Iron uptake kinetics by coastal micro- and macro-algae in relation to riverine and coastal organic matter," *Estuarine, Coastal and Shelf*

- Science*, vol. 235, p. 106580, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.ecss.2019.106580.
- [14]. K.-M. Poo, E.-B. Son, J.-S. Chang, X. Ren, Y.-J. Choi, and K.-J. Chae, "Biochars derived from wasted marine macro-algae (*Saccharina japonica* and *Sargassum fusiforme*) and their potential for heavy metal removal in aqueous solution," *Journal of Environmental Management*, vol. 206, pp. 364–372, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.jenvman.2017.10.056.
- [15]. C. Wilhelm. dkk. "The Regulation of Carbon and Nutrient Assimilation in Diatoms is Significantly Different from Green Algae," *Protist*, vol. 157, no. 2, pp. 91–124, Jun. 2006, doi: 10.1016/j.protis.2006.02.003.
- [16]. M. Taziki, H. Ahmadzadeh, and M. A. Murry, "Growth of *Chlorella vulgaris* in High Concentrations of Nitrate and Nitrite for Wastewater Treatment," *Current Biotechnology Journal*, 4 (4), 441–447, 2016, doi: 10.2174/221155010466615093020483.
- [17]. M. Enamala a., R. Dixit b., A. Tangellapally., M. Singh c., M. Pudukotai., M. Chavali., A. Kadier j., K. Chandrasekhar. "Photosynthetic microorganisms (Algae) mediated bioelectricity generation in microbial fuel cell: Concise review," *Environmental Technology & Innovation*, 19, 100959, 2020, doi: 10.1016/j.eti.2020.100959.