

## EFEKTIFITAS SAYURAN SELADA (*Lactuca sativa L.*) DALAM MEREDUKSI KONSENTRASI NITRAT PADA LIMBAH HASIL BUDIDAYA IKAN PATIN (*Pangasius pangasius*) DENGAN SISTEM AKUAPONIK

Oktariansyah<sup>a,1</sup>, Surahma Astri Mulasari<sup>a,2</sup>, Ichtiarini Nurullita Santri<sup>a,3</sup>

<sup>a</sup> Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta

Correspondent Author: Surahma Asti Mulasari (email: [Surahma.mulasari@ikm.uad.ac.id](mailto:Surahma.mulasari@ikm.uad.ac.id))

### ABSTRACT

**Background:** Water is a natural resource that has a very important function for human life and other living things. Aquaculture waste produces ammonia, nitrite and nitrate waste. Nitrates can have a negative impact on the environment, among others, by contaminating water sources for various purposes, one of which is drinking water and causing health problems for humans. Purpose this study is to determine the effect of lettuce on reducing nitrate concentrations in the waste produced by cultivating catfish (*Pangasius pangasius*) using an aquaponics system.

**Method:** This research used quasi-experimental (Quasi experiment) with Non-Equivalent Control group design. The study involved two groups, the control and the treatment by supplying 108 lettuce planting holes in three times. Data analysis used univariate and bivariate analysis with Wilcoxon test.

**Result:** There was no significant difference in nitrate concentration in catfish (*Pangasius pangasius*) culture water at the input and output of the lettuce (*Lactuca sativa L.*) installation. The results of the Wilcoxon test showed a p-value of 0.068.

**Conclusion:** The lettuce (*Lactuca sativa L.*) had no effect in reduced nitrate concentrations in the posttreatment.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



### Article History

Received 2022-07-26

Revised 2022-09-30

Accepted 2022-12-01

### Keywords

Selada

*Lactuca sativa L.*

Limbah perikanan,

Reduksi Nitrat

Akuaponik

### Pendahuluan

Air merupakan sumber daya alam yang mempunyai fungsi sangat penting bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Dengan perannya yang sangat penting, air dimanfaatkan dalam banyak keperluan [1]. Pemanfaatan air salah satunya yaitu untuk kegiatan budidaya perikanan, dimana air sangat dibutuhkan dalam proses kegiatannya, baik dari segi kualitas maupun kuantitas [2]. Budidaya perikanan sebagai upaya memenuhi kebutuhan hidup manusia, dalam proses kegiatannya menghasilkan limbah yang dapat mencemari air yaitu berupa ammonia, nitrit dan nitrat [3].

Nitrit merupakan hasil oksidasi amonia sementara, sedangkan nitrat yaitu merupakan hasil oksidasi akhir dari amonia [4]. Nitrat dapat berdampak buruk terhadap lingkungan antara lain yaitu dapat mencemari sumber air untuk berbagai keperluan, salah satunya untuk air minum [5]. Pengaruh konsentrasi nitrat terhadap kesehatan sangat besar [6]. Air minum yang tercemar nitrat melebihi batas baku mutunya (10 mg/liter air) dapat menyebabkan sakit kepala, gangguan sistem pencernaan, diare berdarah, keracunan dan sebagainya. Efek jangka panjang minum air mengandung nitrat dapat menyebabkan jenis kanker tertentu seperti,

kanker sistem pencernaan, lambung, kerongkongan, paru-paru, kandung kemih, indung telur, testis, saluran urogenital dan *non hodgkins lymphoma* [7].

Pencemaran nitrat dapat menyebabkan risiko penyakit terutama pada bayi dan dapat berakibat kematian pada bayi. Nitrat yang masuk dalam tubuh bayi akan berikat dengan haemoglobin dan menghambat darah melepaskan oksigen ke sel-sel tubuh akibatnya tubuh kekurangan oksigen, penyakit tersebut biasa di disebut *Baby blue syndrome* [8]. Mengingat dampak yang dapat ditimbulkan, maka perlu dilakukan pengendalian pencemaran air akibat budidaya perikanan. Salah satunya dengan menggunakan prinsip fitoremediasi menggunakan sayuran selada (*Lactuca sativa L.*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sayuran selada terhadap penurunan konsentrasi nitrat pada limbah hasil budidaya ikan patin (*Pangasius pangasius*) dengan sistem akuaponik.

## Metode

Jenis penelitian ini adalah eksperimental semu (*Quasi experiment*) dengan desain *Non Equivalent Control group*. Penelitian ini terdiri dari dua kelompok yaitu kontrol dan satu perlakuan dengan pemberian sayuran selada sebanyak 108 lubang tanam dengan tiga kali pengulangan. Subjek penelitian yaitu ikan patin, sayuran selada dan air pada instalasi akuaponik. Sedangkan yang menjadi objek penelitian yaitu konsentrasi nitrat, DO, pH, salinitas dan suhu. Lokasi penelitian terletak di Desa Tanjung Dayang Selatan, Kecamatan Indralaya Selatan, Kabupaten Organ Ilir, Sumatera Selatan. Instrumen yang digunakan pada penelitian adalah pH meter, DO meter, thermometer, spektrofotometer, kalender, timbangan, meteran, bahan pengawet ( $H_2SO_4$ ), asam klorida (HCL) dan botol air sampel. Analisis data menggunakan analisis univariat dan bivariat dengan Uji *Wilcoxon*.

## Hasil dan Pembahasan

### Analisis Univariat

**Tabel 1.** Hasil Pemeriksaan Air Masukan (*inlet*) Sebelum Perlakuan Pada Bak Sayuran Selada

Tempat Pengambilan	Hasil Pemeriksaan				
	Nitrat (mg/l)	Salinitas (%)	DO (mg/l)	Suhu ( $^{\circ}C$ )	pH
Bak Kontrol	8,410	0,15	3,54	27,5	6
Bak Ulangan 1	7,770	0,16	4,26	28,5	5,9
Bak Ulangan 2	7,800	0,15	2,69	28,7	5,9
Bak Ulangan 3	7,860	0,14	3,55	27,1	5,9

**Tabel 2.** Hasil Pemeriksaan Air Keluaran (*outlet*) Sesudah Perlakuan Pada Bak Sayuran Selada

Tempat Pengambilan	Hasil Pemeriksaan				
	Nitrat (mg/l)	Salinitas (%)	DO (mg/l)	Suhu ( $^{\circ}C$ )	pH
Bak Kontrol	14,179	0,14	8,97	28	6
Bak Ulangan 1	16,737	0,13	6,88	28	6
Bak Ulangan 2	18,261	0,14	8,38	28	5,7
Bak Ulangan 3	15,596	0,13	8,29	27,9	5,9

Pada tabel 2. menunjukkan bahwa hasil pemeriksaan air keluaran (*outlet*) pada tempat sayuran selada seperti konsentrasi nitrat, salinitas, DO, suhu dan pH. Diperoleh hasil konsentrasi nitrat tertinggi yaitu pada masukan bak ulangan 2 dengan 18,261 mg/l. Parameter salinitas tertinggi pada bak kontrol dan bak ulangan 2 yaitu 0,14%. Parameter DO hasil

tertinggi pada bak kontrol sebesar 8,97 mg/l. Parameter suhu paling tinggi yaitu pada bak kontrol, bak ulangan 1 dan 2 sebesar 28°C. Sedangkan parameter pH tertinggi di bak kontrol serta bak ulangan 1 yaitu 6.

**Tabel 3.** Hasil Pemeriksaan Air Sebelum dan Sesudah Perlakuan Menggunakan Sayuran Selada Pada Bak Sayuran Selada

Kelompok	Konsentrasi Nitrat (mg/l)	
	Pre (Sebelum/masukan)	Post (Sesudah/ keluaran)
Kontrol	8,410	14,179
Perlakuan Ulangan 1	7,770	16,737
Perlakuan Ulangan 2	7,800	18,261
Perlakuan Ulangan 3	7,860	15,596
Perlakuan Rata-rata	7,810	16,864

Pada tabel 3. menunjukkan bahwa hasil pemeriksaan air sebelum dan sesudah perlakuan pada tempat sayuran selada. Diperoleh hasil setelah 8 hari perlakuan, yaitu terjadi peningkatan pada masing-masing bak. Hasil dari Bak kontrol meningkat dari 8,410 mg/l menjadi 14,179 mg/l. Pada bak perlakuan ulangan 1 meningkat dari 7,770 mg/l menjadi 16,737 mg/l dan pada bak perlakuan ulangan 2 meningkat dari 7,800 mg/l menjadi 18,261 mg/l. Sedangkan pada bak perlakuan ulangan 3 meningkat dari 7,860 mg/l menjadi 15,596 mg/l. Sehingga terjadi peningkatan signifikan terjadi pada bak perlakuan ulangan 2.

### Analisis Bivariat

Pada tes normalitas, karena jumlah sampel kecil (n=4) maka digunakan uji normalitas Shapiro Wilk (p=0,03) nilai p<0,05 artinya data Tidak Berdistribusi Normal sehingga dilanjutkan dengan uji non parametrik Wilcoxon Sign Rank. Uji Wilcoxon dilakukan untuk mengetahui perbedaan konsentrasi nitrat pada air limbah budidaya ikan patin sebelum dan sesudah perlakuan menggunakan sayuran selada pada bak.

**Tabel 4.** Hasil Uji Wilcoxon Sign Rank

		N	Mean Rank	Sum of Ranks	P-Value
<b>Konsentrasi nitrat sebelum perlakuan - Konsentrasi nitrat sesudah perlakuan</b>	Negative Ranks	0a	.00	.00	0,068
	Positive Ranks	4b	2.50	10.00	
	Ties	0c			
Total		4			
Konsentrasi nitrat sebelum perlakuan < Konsentrasi nitrat sesudah perlakuan					
Konsentrasi nitrat sebelum perlakuan > Konsentrasi nitrat sesudah perlakuan					
Konsentrasi nitrat sebelum perlakuan = Konsentrasi nitrat sesudah perlakuan					

Berdasarkan tabel 4. diperoleh hasil bahwa positive ranks dalam konsentrasi nitrat sesudah perlakuan lebih tinggi dari konsentrasi nitrat sebelum perlakuan yaitu sebanyak 4. Berdasarkan hasil uji statistik diperoleh nilai p-value 0,068 (p > 0,05), artinya tidak terdapat perbedaan yang bermakna konsentrasi nitrat pada air limbah ikan patin sebelum perlakuan (masukan) dengan sesudah perlakuan (keluaran) menggunakan sayuran selada.

Pada penelitian ini konsentrasi nitrat setelah perlakuan lebih tinggi dibandingkan dengan sebelum perlakuan. Meningkatnya konsentrasi nitrat pada masing-masing bak diduga disebabkan oleh proses nitrifikasi yang terjadi di dalam bak, bakteri-bakteri yang terdapat di dinding-dinding maupun yang terdapat di akar sayuran selada yang terendam mengoksidasi ammonia menjadi nitrit oleh bakteri nitrosomanas lalu nitrit tersebut dioksidasi oleh bakteri nitrobacter menghasilkan nitrat [9].

### **Oksigen Terlarut**

Konsentrasi oksigen terlarut dalam pengolahan limbah budidaya ikan mempunyai peranan penting, karena dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri dan aktivitasnya. Konsentrasi oksigen terlarut dalam proses nitrifikasi minimum 2 mg/L, artinya bila konsentrasi oksigen terlarutnya dibawah 2 mg/L maka proses nitrifikasi akan terganggu [10]. Sedangkan menurut Budijono dkk [4] menyatakan bahwa kandungan oksigen terlarut yang tidak mengganggu kehidupan organisme yang ada di perairan tidak boleh kurang dari 3 mg/l dan kandungan oksigen terlarut minimum yang dapat mendukung kehidupan ikan adalah 2 mg/l dalam keadaan normal. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menunjukkan hasil untuk parameter oksigen terlarut, dimana dalam waktu 8 hari terjadi peningkatan konsentrasi oksigen terlarut pada masing-masing bak, rata-rata nilai DO pada masing-masing masukan (*inlet*) bak yaitu 3,51 mg/l.

### **Temperatur**

Suhu pada air akan dipengaruhi oleh panas sinar matahari yang masuk ke dalam perairan dan disebarkan dari permukaan sampai ke dasar [11]. Suhu optimum untuk perkembangan mikroorganisme adalah 32 – 36°C [4]. Suhu air penting dalam sistem akuaponik, jika terlalu panas, oksigen akan hilang karena tidak mampu menahan banyak oksigen. Sebaliknya, jika terlalu rendah, ikan akan berhentimakan dan bakteri berhenti bereproduksi, sebagai contoh bakteri *nitrobacter* akan mati jika suhu lebih dari 49°C atau dibawah 0°C [12]. Berdasarkan hal tersebut, suhu menjadi faktor yang penting peranannya dalam proses nitrifikasi, dimana suhu yang ideal akan berdampak pada kinerja dari bakteri dalam menguraikan limbah air budidaya ikan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menunjukkan hasil bahwa parameter temperatur air pada masing- masing bak yaitu berada pada kisaran 27-28°C, angka tersebut relatif stabil, hal ini dikarenakan volume air yang tinggi pada masing-masing bak sehingga mampu menstabilkan suhu air bagi tanaman dan ikan [12].

### **pH (Tingkat Keasaman Air)**

Pada sistem akuaponik, pH seringkali turun. Hal ini disebabkan proses kimia yang terjadi selama nitrifikasi, sehingga menghasilkan unsur H berlebih. pH optimum untuk proses nitrifikasi adalah antara 7,5 – 8,5, meskipun bakteri nitrifikasi sensitif terhadap pH, mereka mempunyai kemampuan untuk menyesuaikan pada nilai pH di luar jarak optimum. pH optimum nitrifikasi adalah 8,4 pada pH 7 efisiensi masih dapat dicapai sebesar 80% dan 90% dari laju maksimal proses nitrifikasi berlangsung pada 7,8 – 8,9 sedangkan pada pH di luar 7,0 – 9,8 laju proses yang terjadi kurang dari 50%. Laju proses nitrifikasi akan menurun pada pH 6,3 – 6,7 dan pada pH 5 – 5,5 proses nitrifikasi akan berhenti [13]. Namun demikian, umumnya semua bakteri memiliki kondisi pertumbuhan antara 4 - 9,5 dengan pH optimum 6,5 - 7,5 [4].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menunjukkan hasil pemeriksaan pH yaitu pada kisaran 5,7 – 6 baik pada masukan (*inlet*) maupun pada keluaran (*outlet*) pada masing-masing bak. Meskipun tidak berada pada kisaran pH optimum untuk bakteri yaitu 6,5 – 8, namun pH 5,7 – 6 merupakan pH yang cukup baik untuk tanaman, dengan pH optimum untuk tanaman yaitu sekitar 5, hal ini dikarenakan beberapa nutrisi menjadi tidak tersedia bagi tanaman di atas pH tertentu.

### **Salinitas**

Perubahan salinitas akan mempengaruhi kandungan nitrat dan fosfat, sebab hal ini erat kaitannya dengan aktivitas biologi [14]. Salinitas yang rendah berbahaya bagi pertumbuhan ikan karena dapat menurunkan oksigen. Sebaliknya, salinitas yang terlalu tinggi juga tidak baik untuk pertumbuhan ikan atau organisme. Umumnya kadar garam/salinitas untuk budidaya

antara 0-35 permil dan optimal 10-30 permil [15]. Kenaikan maupun penurunan konsentrasi dapat terjadi, karena pada penggunaan tanaman air sebagai biofilter merupakan proses pengolahan secara biologi yang didasarkan pada proses metabolisme tanaman air tersebut [16]. Sehingga tanaman mempunyai kemampuan untuk menyerap bahan organik atau logam. Pada proses penyerapan polutan oleh tanaman terjadi proses metabolisme yang kemungkinan hasil dari metabolisme tersebut dapat meningkatkan konsentrasi polutan seperti NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub> ataupun PO<sub>4</sub> [17].

Hal lain yang dapat dijelaskan pada proses ini adalah selain kemampuan tanaman sebagai biofilter penyerapan polutan, juga adanya peran mikroorganisme alami yang terdapat pada perairan [18]. Secara tidak langsung mikroorganisme alami seperti protozoa, bakteri, fungi atau virus yang terdapat di perairan turut berperan dalam proses pengolahan polutan tersebut, karena adanya kemampuan dari mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik pada perairan yang tercemar [16].

### ***Perbedaan kadar kandungan nitrat di dalam air budidaya ikan patin pada masukan dan keluaran instalasi tempat menanam sayuran selada***

Hasil analisis dengan uji Wilcoxon menyimpulkan tidak ada perbedaan yang bermakna konsentrasi nitrat di dalam air budidaya ikan patin (*Pangasius pangasius*) pada masukan dan keluaran instalasi tempat menanam sayuran selada (*Lactuca sativa L*) (p value 0,068). Menurut asumsi peneliti hal ini kemungkinan disebabkan karena semakin bertambahnya konsentrasi nitrat selama perlakuan sebagai akibat terjadinya proses nitrifikasi di dalam air. Dauhan dkk [2] menjelaskan bahwa di dalam air dapat terjadi peningkatan konsentrasi amonia yang disebabkan oleh sisa metabolisme ikan (feses) dan makanan ikan yang tidak termakan sehingga tersuspensi di dasar bak. Selanjutnya amonia yang terakumulasi di kolam dioksidasi menjadi nitrit oleh bakteri nitrosomanas lalu nitrit tersebut dioksidasi oleh bakteri nitrobacter menghasilkan nitrat. Jadi, meskipun telah terjadi penyerapan oleh sayuran selada yang dimanfaatkan untuk pertumbuhan, konsentrasi nitrat tetap akan bertambah selagi masih terdapat amonia di dalam air.

Pengaruh sayuran selada yang kurang optimal terhadap penurunan konsentrasi nitrat pada keluaran instalasi tempat menanam sayuran selada (*Lactuca sativa L*) diduga disebabkan oleh waktu tinggal yang belum mencukupi untuk mengoksidasi amonia seluruhnya [19]. Sehingga ketika amonia telah teroksidasi seluruhnya diharapkan tidak terjadi peningkatan konsentrasi nitrat dan konsentrasi nitrat dapat mengalami penurunan karena diserap oleh sayuran selada [20]. Hal ini sesuai dengan penelitian [21] bahwa waktu tinggal yang semakin lama dapat mempengaruhi kadar nitrat dalam limbah kemudian diserap oleh eceng gondok semakin banyak. Tidak seperti eceng gondok yang sejatinya merupakan tanaman air, sayuran selada bukanlah tanaman air, sehingga terdapat perbedaan keduanya dalam hal menyerap nitrat.

Suhendrayatna dkk [21] menjelaskan bahwa biosorpsi dan akumulasi zat polutan oleh tumbuhan dapat terjadi melalui tiga proses yaitu biosorpsi logam oleh akar, translokasi zat pencemar dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi zat tersebut pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut. Berdasarkan hal tersebut, maka jika dibandingkan eceng gondok maupun tanaman air lainnya, sayuran selada dilihat dari struktur akar dan batang tentu kalah dibandingkan eceng gondok dan tanaman air lainnya, karena sayuran selada sejatinya merupakan sayuran daun, dimana hanya memiliki akar yang dangkal dan batang yang sedikit [22]. Maka hal ini sejalan dengan pernyataan Suhendrayatna dkk [21] bahwa umur tanaman mempengaruhi biosorpsi dimana semakin berumur tanaman yang menunjukkan semakin besar pertumbuhan maka proses biosorpsi oleh tanaman semakin besar.

### **Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa, tidak ada pengaruh sayuran selada (*Lactuca sativa L.*) terhadap penurunan kandungan nitrat di dalam air limbah budidaya ikan, dan tidak terdapat perbedaan yang

bermakna kadar kandungan nitrat di dalam air budidaya ikan patin pada masukan dan keluaran instalasi tempat menanam sayuran selada.

### Daftar Pustaka

- [1] I. Emilia and P. S. Biologi, "Air Minum Isi Ulang Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis," *J. Indobiosains*, vol. 1, no. 1, pp. 38–44, 2019.
- [2] R. E. S. Dauhan, E. Efendi, Suparmono, and E, "Efektifitas Sistem Akuaponik Dalam Mereduksi Konsentrasi Amonia Pada Sistem Budidaya Ikan," *e-Jurnal Rekayasa dan Teknol. Budid. Perair.*, vol. III, no. 1, 2014.
- [3] I. Zidni, Iskandar, A. Rizal, Y. Andriani, and R. Ramadan, "Efektivitas Sistem Akuaponik Dengan Jenis Tanaman Yang Berbeda Terhadap Kualitas Air Media Budidaya Ikan," *J. Perikan. dan Kelaut.*, vol. 9, no. 1, pp. 81–94, 2019.
- [4] E. Mardiana, E. Porwanto, Budijono, and E, "The Decrease Of Nitrate and Phosphate On Tofu Liquid Waste By Combined Biofilter and Eichhornia crassipes (Mart) Solms For Fish Life Media," *J. Online Mhs.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2014.
- [5] R. Prabowo, "Kadar Nitrit Pada Sumber Air Sumur Di Kelurahan Meteseh, Kec. Tembalang, Kota Semarang," *J. Ilm. Cendekia Eksakta*, no. 82, pp. 55–61, 2016.
- [6] Abdurrivai and Syamsinar, "Hubungan Kandungan Nitrat (No3) Dan Nitrit (No2) Pada Air Lindi Dengan Kualitas Air Sumur Gali Di Kel.Bangkala Kec.Manggala Kota Makassar Tahun 2017," *J. Sulolipu Media Komun. Sivitas Akad. dan Masy.*, vol. 17, no. 3, pp. 1–10, 2017.
- [7] N. Jamaludin, S. M. Sham, S. Norkhadijah, and S. Ismail, "Health Risk Assessment Of Nitrate Exposure In Well Water Of Residents In Intensive Agriculture Area," *Am. J. Appl. Sci.*, vol. 10, no. 5, pp. 442–448, 2013.
- [8] S. N. Dewi *et al.*, "Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pencemaran Nitrat ( NO3 ) Pada Air Sumur Gali Di Kawasan Pertanian Desa Tumpukan," *J. Kesehat. Masy.*, vol. 4, no. 3, pp. 204–212, 2016.
- [9] S. Ge, S. Wang, X. Yang, S. Qiu, B. Li, and Y. Peng, "Chemosphere Detection of nitrifiers and evaluation of partial nitrification for wastewater treatment : A review," *J. Chemosph.*, vol. 140, pp. 85–98, 2015.
- [10] Titiresmi and N. Sopiah, "Teknologi Biofilter Untuk Pengolahan Limbah Ammonia," *J. Teknol. Lingkung.*, vol. 7, no. 2, pp. 173–179, 2006.
- [11] K. Irianto, *Ilmu Kesehatan Masyarakat*. Bandung: Alfabeta, 2014.
- [12] H. Effendi, S. Wahyuningsih, and Y. Wardiatno, "The use of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultivation wastewater for the production of romaine lettuce (*Lactuca sativa* L . var . longifolia) in water recirculation system," *J. Appl. Water Sci.*, vol. 7, no. 6, pp. 3055–3063, 2017.
- [13] R. V Tyson, E. H. Simonne, D. D. Treadwell, and J. M. White, "Reconciling pH for Ammonia Biofiltration and Cucumber Yield in a Recirculating Aquaponic System with Perlite Biofilters," *J. Hort Sci.*, vol. 43, no. 3, pp. 719–724, 2008.
- [14] M. Arizuna *et al.*, "Kandungan Nitrat Dan Fosfat Dalam Air Pori Sedimen Di Sungai Dan Muara Sungai Wedung Demak," *Diponegoro J. Maquares*, vol. 3, no. 1, pp. 7–16, 2014.
- [15] Hendrawati, T. H. Prihadi, N. N. Rohmah, and E, "Analisis Kadar Fosfat dan N-Nitrogen (Amonia, Nitrat, Nitrit) pada Tambak Air Payau akibat Rembesan Lumpur Lapindo di Sidoarjo, Jawa Timur," *J. UIN Jakarta*, vol. 8, 2007.
- [16] N. M. I. Wahyuni, I. W. B. Suyasa, I. G. Mahardika, and E, "Efektivitas Sistem Biofilter Aerob Dalam Menurunkan Kadar Amonia Pada Air Limbah," *J. Ecotrophic*, vol. 8, no. 1, pp. 79–85, 2014.

- 
- [17] S. Samsundari and G. adhy Wirawan, "Analisis Penerapan Biofilter Dalam Sistem Resirkulasi Terhadap Mutu Kualitas Air Budidaya Ikan Sidat (*Anguilla Bicolor*)," *J. Gamma*, vol. 8, no. 2, pp. 86–87, 2013.
- [18] A. W. Satria, M. Rahmawati, A. Prasetya, and E, "Pengolahan Nitrifikasi Limbah Amonia dan Denitrifikasi Limbah Fosfat dengan Biofilter Tercelup Processing Ammonia Nitrification and Phosphat Denitrification Wastewater with Submerged Biofilter," *J. Teknol. Lingkung.*, vol. 20, no. 2, pp. 243–248, 2019.
- [19] H. Effendi, B. Amalrullahutomo, G. M. Darmawangsa, and V. A. Hnafiah, "Wastewater Treatment Of Freshwater Crayfish ( *Cherax quadricarinatus* ) Culture With Lettuce ( *Lactuca sativa* )," *Int. J. Appl. Environ. Sci.*, vol. 10, no. 1, pp. 409–420, 2015.
- [20] E. N. Hidayah and W. Aditya, "Potensi Dan Pengaruh Tanaman Pada Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Sistem Constructed Wetland," *J. Ilm. Tek. Lingkung.*, vol. 2, no. 2, pp. 11–18, 2010.
- [21] Suhendrayatna, Bahagia, Nocia, and Elvitriana, "Pengaruh Waktu Tinggal dan Umur Tanaman pada Biosorpsi Ammonia oleh Tanaman Air Enceng Gondok ( *Eichhornia Grassipes* )," *J. Rekayasa Kim. dan Lingkung.*, vol. 7, no. 2, pp. 58–63, 2009.
- [22] B. Lei *et al.*, "The positive function of selenium supplementation on reducing nitrate accumulation in hydroponic lettuce ( *Lactuca sativa* L . )," *J. Integr. Agric.*, vol. 17, no. 4, pp. 837–846, 2018.