

**TESIS**

**DEGRADASI AMONIA SECARA BIOFILTER  
MENGUNAKAN BAKTERI NITRIFIKASI DARI  
PERAIRAN SUNGAI MUSI BAGIAN HILIR  
SUMATERA SELATAN**



**JENI MEIYERANI**

**20012622327009**

**PROGRAM STUDI PENGELOLAAN LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2025**

# **TESIS**

## **DEGRADASI AMONIA SECARA BIOFILTER MENGUNAKAN BAKTERI NITRIFIKASI DARI PERAIRAN SUNGAI MUSI BAGIAN HILIR SUMATERA SELATAN**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Magister  
Sains (M.Si) Pada Program Studi Pengelolaan Lingkungan Program  
Pascasarjana Universitas Sriwijaya**



**JENI MEIYERANI**

**20012622327009**

**PROGRAM STUDI PENGELOLAAN LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2025**

## HALAMAN PENGESAHAN

### DEGRADASI AMONIA SECARA BIOFILTER MENGUNAKAN BAKTERI NITRIFIKASI DARI PERAIRAN SUNGAI MUSI BAGIAN HILIR SUMATERA SELATAN

#### TESIS

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Magister Sains  
(M.Si) Pada Program Studi Pengelolaan Lingkungan Program Pascasarjana  
Universitas Sriwijaya*

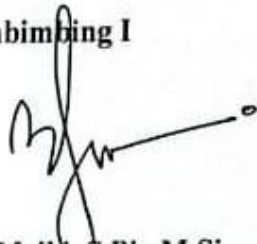
Oleh:

**JENI MEIYERANI**

**20012622327009**

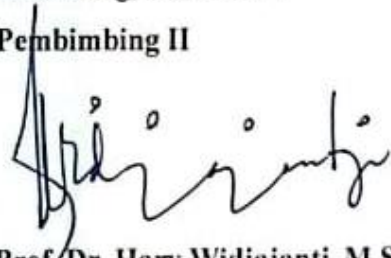
Palembang, 9 Juli 2025

**Pembimbing I**



**Dr. Melki S.Pi., M.Si.**  
**NIP. 198005252002121004**

**Pembimbing II**



**Prof. Dr. Harv Widjajanti, M.Si.**  
**NIP. 196112121987102001**

**Mengetahui,  
Direktur Program Pascasarjana**



**Prof. Dr. Ir. Muhammad Said, M.Sc**  
**NIP. 196108121987031003**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya Tulis Ilmiah berupa Tesis ini dengan judul “Degradasi Amonia Secara Biofilter Menggunakan Bakteri Nitrifikasi dari Perairan Sungai Musi Bagian Hilir Sumatera Selatan” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Pengelolaan Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya pada 9 Juli 2025.

Palembang, 9 Juli 2025

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Tesis

Ketua :

1. Dr. Melki, S.Pi., M.Si.  
NIP. 198005252002121004

(  )

Anggota :

2. Prof. Dr. Hary Widjajanti, M.Si.  
NIP. 196112121987102001
3. Prof. Dr. Rozirwan, S.Pi., M.Sc.  
NIP. 197905212008011009
4. Dr. Riris Aryawati, S.T., M.Si.  
NIP. 197601052001122001

(  )

(  )

(  )

Mengetahui,

Direktur Pascasarjana

Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc.  
NIP. 196108121987031003



Wakil Direktur Bidang  
Akademik dan Kemahasiswaan



Prof. Sofendi, M.A., Ph.D.  
NIP. 196009071987031002

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Jeni Meiyerani  
NIM : 20012622327009  
Judul : Degradasi Amonia Secara Biofilter Menggunakan Bakteri Nitrifikasi  
dari Perairan Sungai Musi Bagian Hilir Sumatera Selatan

Menyatakan bahwa Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan dalam Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Dengan pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, 9 Juli 2025



Jeni Meiyerani

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Jeni Meiyerani  
NIM : 20012622327009  
Judul : Degradasi Amonia Secara Biofilter Menggunakan Bakteri  
Nitrifikasi dari Perairan Sungai Musi Bagian Hilir Sumatera Selatan

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai korespondensi (*Corresponding author*).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 9 Juli 2025

Penulis,



Jeni Meiyerani  
NIM. 20012622327009



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan-Nya penulis dapat menyusun Tesis ini yang berjudul **“Degradasi Amonia Secara Biofilter Menggunakan Bakteri Nitrifikasi dari Perairan Sungai Musi Bagian Hilir Sumatera Selatan”**. Tesis ini dibuat sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan Magister Program Studi Pengelolaan Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Melki, S.Pi., M.Si. dan Ibu Prof. Dr. Hary Widjajanti, M.Si. selaku pembimbing yang bersedia memberikan bimbingan dan arahan sehingga pembuatan tesis ini berjalan dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Prof. Dr. Rozirwan, S.Pi., M.Sc. dan Ibu Dr. Riris Aryawati, S.T., M.Si. selaku tim penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun pada tesis ini.

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan berpartisipasi dalam penyusunan tesis ini. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini masih ada kekurangan. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dalam pengembangan kemajuan teknologi terkait pengelolaan lingkungan.

Palembang, 9 Juli 2025

Penulis,



Jeni Meiyerani

## RINGKASAN

### DEGRADASI AMONIA SECARA BIOFILTER MENGGUNAKAN BAKTERI NITRIFIKASI DARI PERAIRAN SUNGAI MUSI BAGIAN HILIR SUMATERA SELATAN

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, 9 Juli 2025

Jeni Meiyerani; Dibimbing oleh Dr. Melki, S.Pi., M.Si. dan Prof. Dr. Hary Widjajanti, M.Si.

Program Studi Pengelolaan Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Sriwijaya

XVII + 80 halaman, 8 tabel, 5 gambar, 6 lampiran

## RINGKASAN

Pencemaran air sungai menjadi masalah serius bagi Indonesia yang mengandalkan sungai sebagai sumber air utama. Eutrofikasi merupakan salah satu indikator pencemaran air akibat kelebihan unsur hara, seperti amonia yang merusak kualitas air bahkan mengganggu keseimbangan ekologi perairan. Melalui proses nitrifikasi, amonia diubah menjadi nitrit lalu nitrat dengan bantuan bakteri aerobik. Biofiltrasi menjadi solusi ramah lingkungan untuk menurunkan amonia melalui kombinasi penyerapan dan nitrifikasi secara efisien. Tujuan penelitian, yaitu (1) membuat biofilter yang dapat memperbaiki kandungan amonia, nitrit, dan parameter kualitas air dari air Sungai Musi bagian hilir, (2) menganalisis peran biofiltrasi dalam menjelaskan perubahan kandungan amonia, nitrit, dan nitrat, serta pengaruhnya terhadap parameter kualitas air, dan (3) mengidentifikasi jenis bakteri yang mampu menguraikan amonia dan nitrit dari air Sungsai Musi bagian hilir.

Lokasi penelitian ini terdiri dari Sungai Musi Kota Palembang (Stasiun Gandus, AMPERA, dan PUSRI) dan Muara Sungai Musi Kabupaten Banyuasin (Stasiun Marga Sungsang, Sungsang II, dan Sungsang IV) Sumatera Selatan. Metode penelitian dengan melakukan tahapan pengukuran parameter kualitas air diantaranya ada oksigen terlarut, suhu, pH, salinitas, bau, rasa, residu tersuspensi, warna, dan kekeruhan. Tahapan biofiltrasi diawali dengan adanya air tercemar, dilanjutkan proses sedimentasi dan filtrasi secara fisik ada karbon aktif, antrasit, ferrolite, pasir silika, dan batu zeolite yang disusun berlapis. Air kemudian difiltrasi melalui membran dan kertas saring mikro, dilanjutkan dengan penyinaran sinar UV untuk mematikan mikroorganisme yang tidak diharapkan. Tahap akhir melibatkan proses biologis menggunakan isolat bakteri dalam sistem aerasi selama 14 hari. Bakteri yang digunakan pada biofiltrasi didapat melalui isolasi dari air Stasiun PUSRI yang kemudian dilakukan pengamatan morfologi bakteri dan identifikasi molekuler. Setiap tahapan dilakukan pengukuran kandungan amonia, nitrit, dan nitrat untuk mengetahui perubahan nilainya.

Hasil penelitian mengungkapkan pada keenam stasiun air tidak memiliki bau dan rasa. Parameter air residu tersuspensi, warna, kekeruhan, dan salinitas mengalami penurunan setelah dilakukannya filtrasi. Penelitian ini mengisolasi



bakteri dari stasiun PUSRI dikarenakan amonia yang tinggi dan tepat untuk dilakukan pengurangan nilai amonia menggunakan biofiltrasi. Identifikasi bakteri dengan pengamatan morfologi bakteri dan identifikasi bakteri secara molekuler. Biofilter yang sudah dikonstruksi terdiri dari dua rangkaian, yaitu filtrasi fisik (karbon aktif, antrasit, ferrolite, pasir silika, dan batu zeolit) yang menggunakan sistem gravitasi menurunkan amonia sebesar 3,44% dan biodegradasi oleh bakteri 4,84% per hari. Biofiltrasi dapat menurunkan amonia sebesar 68,92% selama 14 hari. Kandungan nitrit di lingkungan perairan dan setelah biofiltrasi <0,063 mg/L. Parameter kualitas air pada sampel bakteri kombinasi terbaik (C2) menunjukkan penurunan pH dari 8,1 menjadi 6,5 dan peningkatan DO dari 5,4 mg/L menjadi 9,42 mg/L. Bakteri yang berpotensi menguraikan amonia teridentifikasi berjenis *Klebsiella pneumoniae* dan bakteri yang berpotensi menguraikan nitrit teridentifikasi berjenis *Bacillus cereus*.

**Kata Kunci** : Amonia, bakteri nitrifikasi, biodegradasi, biofilter, kualitas air  
Kepustakaan : 164 (1986–2025)

## SUMMARY

### AMMONIA DEGRADATION BY BIOFILTER USING NITRIFYING BACTERIA FROM THE DOWNSTREAM MUSI RIVER WATERS OF SOUTH SUMATRA

Scientific paper in the form of Thesis, 9 July 2025

Jeni Meiyerani; Supervised by Dr. Melki, S.Pi., M.Si. and Prof. Dr. Hary Widjajanti, M.Si.

Environmental Management Study Program, Graduate Program, Sriwijaya University

XVII + 80 pages, 8 table, 5 figures, 6 attachments

## SUMMARY

River water pollution is a serious problem for Indonesia, which relies on rivers as the main source of water. Eutrophication is one indicator of water pollution due to excess nutrients, such as ammonia, which damages water quality and even disrupts the ecological balance of waters. Through the process of nitrification, ammonia is converted into nitrite and then nitrate with the help of aerobic bacteria. Biofiltration is an environmentally friendly solution to reduce ammonia through a combination of absorption and nitrification efficiently. The objectives of the study were (1) to make a biofilter that can improve the content of ammonia, nitrite, and water quality parameters of the downstream Musi River water, (2) to analyze the role of biofiltration in explaining changes in ammonia, nitrite, and nitrate content, and their effect on water quality parameters, and (3) to identify the types of bacteria that are able to decompose ammonia and nitrite from the downstream Musi River water.

The location of this study consists of the Musi River Palembang City (Gandus, AMPERA, and PUSRI Stations) and the Musi River Estuary Banyuasin Regency (Marga Sungsang, Sungsang II, and Sungsang IV Stations) South Sumatra. The research method by measuring water quality parameters including dissolved oxygen, temperature, pH, salinity, odor, taste, suspended residue, color, and turbidity. The biofiltration stage begins with the presence of polluted water, followed by a physical sedimentation and filtration process with activated carbon, anthracite, ferrolite, silica sand, and zeolite stones arranged in layers. The water is then filtered through membranes and micro-filter paper, followed by UV irradiation to kill unwanted microorganisms. The final stage involves a biological process using bacterial isolates in an aerated system for 14 days. Bacteria used in biofiltration were obtained through isolation from PUSRI Station water which was then subjected to bacterial morphology observation and molecular identification. At each stage, ammonia, nitrite and nitrate content were measured to determine changes in their values.

The results revealed that the six water stations had no odor and taste. Water parameters of suspended residue, color, turbidity, and salinity decreased after filtration. This study isolated bacteria from PUSRI station due to high ammonia and it is appropriate to reduce ammonia value using biofiltration. Identification of bacteria by observing bacterial morphology and molecular identification of bacteria. The constructed biofilter consists of two series, namely physical filtration (activated carbon, anthracite, ferrolite, silica sand, and zeolite stone) which uses a gravity system to reduce ammonia by 3.44% and biodegradation by bacteria 4.84% per day. Biofiltration can reduce ammonia by 68.92% for 14 days. The nitrite content in the aquatic environment and after biofiltration was <0.063 mg/L. Water quality parameters in the best combination bacteria sample (C2) showed a decrease in pH from 8.1 to 6.5 and an increase in DO from 5.4 mg/L to 9.42 mg/L. Bacteria that have the potential to decompose ammonia were identified as *Klebsiella pneumoniae* and bacteria that have the potential to decompose nitrite were identified as *Bacillus cereus*.

**Keywords :** Ammonia, biodegradation, biofilter, nitrifying bacteria, water quality  
**Citations :** 164 (1986–2025)

## RIWAYAT HIDUP

Jeni Meiyerani lahir di Lubuk Linggau pada 24 Mei 2000 yang terlahir dari pasangan Masturi dan Erna Juita. Penulis menyelesaikan pendidikan di SD Negeri 196 Kota Jambi, SMP Negeri 5 Kota Jambi, SMA Negeri 3 Kota Jambi, dan Strata 1 Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Sriwijaya. Penulis melanjutkan pendidikan Strata 2 Program Studi Pengelolaan Lingkungan Universitas Sriwijaya.



Pengalaman penulis selama Strata 2 diantaranya (1) Peserta Program Talenta Bangsa diselenggarakan oleh Rumah Pembaharu Dompot Dhuafa 2023, (2) Pemakalah Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke 11 Pada 21 Oktober 2023, (3) Committee at SICBAS (Sriwijaya International Conference on Basic and Applied Sciences 2023 in Palembang, (4) Master of Ceremony pada kegiatan pelatihan “Strategi Penulisan Jurnal Internasional Bereputasi” yang diselenggarakan oleh Program Studi Magister Pengelolaan Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya pada 28 Agustus 2024, (5) Juri Lomba Karya Tulis Ilmiah Pada Acara Science and Creativity Young Competition (SCREYON) yang diselenggarakan oleh Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Sriwijaya 13 November 2024. (6) Hak Kekayaan Intelektual (HKI) Peta Kelimpahan Uca Spp. di Pesisir Muara Sungai Musi Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan 2024. (7) Hak Kekayaan Intelektual (HKI) Peta Sebaran Logam Timbal (Pb) di Sungai Musi Bagian Hilir, Sumatera Selatan 2025. (8) Hak Kekayaan Intelektual (HKI) Identifikasi Molekuler eDNA Bakteri di Muara Sungai Musi. Selama menempuh pendidikan Strata 2 penulis aktif menulis artikel jurnal baik lingkup nasional maupun internasional yang bisa diakses pada Google Scholar. Sampai detik ini ada 4 artikel Jurnal Internasional terindeks SCOPUS dengan Scopus ID: 58891025600, 4 artikel Jurnal Nasional terindeks SINTA, dan 1 artikel jurnal nasional belum terindeks.

## DAFTAR ISI

|                                                          | Halaman |
|----------------------------------------------------------|---------|
| HALAMAN PENGESAHAN.....                                  | ii      |
| HALAMAN PERSETUJUAN.....                                 | iii     |
| HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....                       | iv      |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....            | v       |
| KATA PENGANTAR .....                                     | vi      |
| RINGKASAN .....                                          | vii     |
| SUMMARY .....                                            | ix      |
| RIWAYAT HIDUP.....                                       | xi      |
| DAFTAR ISI.....                                          | xii     |
| DAFTAR TABEL .....                                       | xv      |
| DAFTAR GAMBAR .....                                      | xvi     |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                                     | xvii    |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                  | 1       |
| 1.1 Latar Belakang.....                                  | 1       |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                | 3       |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                               | 5       |
| 1.4 Manfaat Penelitian.....                              | 5       |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....                             | 6       |
| 2.1 Air.....                                             | 6       |
| 2.1.1 Karakteristik Air .....                            | 6       |
| 2.1.2 Parameter Air.....                                 | 6       |
| 2.1.3 Pencemaran Air.....                                | 8       |
| 2.2 Amonia, Nitrit, dan Nitrat .....                     | 9       |
| 2.3 Biofiltrasi.....                                     | 11      |
| 2.3.1 Rangkaian Filtrasi.....                            | 11      |
| 2.3.2 Pengolahan Air Tercemar Menggunakan Biofilter..... | 15      |
| 2.4 Kemampuan Bakteri Dalam Air Tercemar.....            | 17      |
| 2.5 Gen 16S rRNA .....                                   | 18      |
| BAB III METODE PENELITIAN.....                           | 21      |

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....                            | 21        |
| 3.2 Alat dan Bahan .....                                         | 23        |
| 3.3 Cara Kerja.....                                              | 24        |
| 3.3.1 Pengambilan Sampel.....                                    | 24        |
| 3.3.2 Pengukuran Parameter Air.....                              | 24        |
| 3.3.2.1 Parameter Oksigen terlarut, suhu, pH, dan Salinitas..... | 24        |
| 3.3.2.2 Parameter Bau dan Rasa.....                              | 24        |
| 3.3.2.3 Parameter Residu Tersuspensi .....                       | 25        |
| 3.3.2.4 Parameter Warna.....                                     | 25        |
| 3.3.2.5 Parameter Kekkeruhan .....                               | 25        |
| 3.3.3 Pengukuran Amonia, Nitrit, dan Nitrat.....                 | 26        |
| 3.3.3.1 Amonia.....                                              | 26        |
| 3.3.3.2 Nitrit .....                                             | 27        |
| 3.3.4 Isolasi dan Morfologi Bakteri .....                        | 27        |
| 3.3.4.1 Isolasi Bakteri.....                                     | 27        |
| 3.3.4.2 Morfologi Bakteri.....                                   | 30        |
| 3.3.5 Biofiltrasi .....                                          | 31        |
| 3.3.6 Analisis Bakteri Menggunakan 16S rRNA.....                 | 33        |
| 3.3.6.1 Persiapan Larutan dan PCR .....                          | 33        |
| 3.3.6.2 Elektroforesis Gel Agarose .....                         | 34        |
| 3.3.6.3 Ekstraksi Produk PCR.....                                | 34        |
| 3.3.6.4 Sekuensing DNA.....                                      | 35        |
| 3.4 Analisis Data .....                                          | 35        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                         | <b>36</b> |
| 4.1 Kualitas Air di Stasiun Penelitian.....                      | 36        |
| 4.2 Konsentrasi Amonia, Nitrit, dan Nitrat .....                 | 39        |
| 4.3 Biofiltrasi.....                                             | 40        |
| 4.3.1 Morfologi Koloni Bakteri .....                             | 40        |
| 4.3.1.1 Bakteri Pengurai Amonia.....                             | 40        |
| 4.3.1.2 Bakteri Pengurai Nitrit .....                            | 44        |
| 4.3.2 Konsentrasi Amonia, Nitrit, dan Nitrat.....                | 46        |
| 4.3.3 Parameter Perairan pH, DO, dan Suhu .....                  | 48        |



|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| 4.4 Jenis Bakteri Pengurai Amonia dan Nitrit..... | 51 |
| 4.4.1 <i>Klebsiella pneumoniae</i> .....          | 52 |
| 4.4.2 <i>Bacillus cereus</i> .....                | 52 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....                   | 54 |
| 5.1 Kesimpulan.....                               | 54 |
| 5.2 Saran.....                                    | 54 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                              | 55 |
| LAMPIRAN.....                                     | 70 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                    | <b>Halaman</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Tabel 1. Titik lokasi penelitian.....                                                                              | 22             |
| Tabel 2. Kondisi Siklus PCR .....                                                                                  | 34             |
| Tabel 3. Parameter Kualitas Air di Beberapa Stasiun Penelitian Sungai Musi<br>Bagian Hilir, Sumatera Selatan ..... | 36             |
| Tabel 4. Morfologi Koloni Bakteri Medium Spesifik Bakteri Pengurai Amonia .                                        | 41             |
| Tabel 5. Morfologi Koloni Bakteri Medium Spesifik Bakteri Pengurai Nitrit .....                                    | 44             |
| Tabel 6. Konsentrasi Amonia, Nitrit, dan Nitrat di Air Stasiun PUSRI .....                                         | 47             |
| Tabel 7. Parameter Perairan Sungai Musi Awal, Filtrasi Fisik, dan Biofiltrasi....                                  | 49             |
| Tabel 8. Hasil BLAST Isolat Bakteri .....                                                                          | 49             |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                 | <b>Halaman</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian .....                                          | 22             |
| Gambar 2. Skema Biofiltrasi.....                                                | 33             |
| Gambar 3. Air sampel (A) air sebelum filtrasi dan (B) air setelah filtrasi..... | 37             |
| Gambar 4. Konsentrasi Amonia, Nitrit, dan Nitrat Sungai Musi Bagian Hilir.....  | 39             |
| Gambar 5. Eceng Gondok ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) di Stasiun PUSRI .....   | 40             |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                                  | <b>Halaman</b> |
|------------------------------------------------------------------|----------------|
| Lampiran 1. Morfologi Koloni Bakteri.....                        | 70             |
| Lampiran 2. Komposisi Medium dan Reagen .....                    | 71             |
| Lampiran 3. Sampling Air dan Pengukuran Parameter Perairan ..... | 73             |
| Lampiran 4. Isolasi Bakteri .....                                | 74             |
| Lampiran 5. Proses Biofilter .....                               | 75             |
| Lampiran 6. Identifikasi Molekuler Bakteri.....                  | 77             |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perserikatan Bangsa-Bangsa menetapkan air bersih dan sanitasi dimasukkan sebagai salah satu dari 17 tujuan *Sustainable Development Goals* (SDGs) untuk Tahun 2030. Pencemaran air di sungai masih menjadi masalah krusial bagi negara-negara yang menggunakan air sungai sebagai sumber air utama (Rahutami *et al.* 2022). Hal yang sama di Indonesia yang mengalami pencemaran air sungai baik di kota besar maupun kota kecil, sudah mencapai kondisi yang sangat memprihatinkan. Air sungai sudah berubah rata-rata menjadi air comberan, air sungai sudah mencapai kualitas yang sangat buruk dengan nilai DO yang rendah dan pH yang tidak normal, serta air sungai mengandung sampah dan pengotor yang luar biasa (Maryono, 2018). Pencemaran air yang disertakan dengan kekeruhan, bau, rasa, warna, dan residu tersuspensi menjadi masalah substansial. Pencemaran semacam ini disebabkan oleh sisa aktivitas domestik, industri, dan pertanian yang tidak diproses dengan sesuai sehingga berkontribusi dan mempengaruhi keragaman kualitas air sungai (Brontowiyono *et al.* 2022).

Salah satu kota besar di Indonesia adalah Kota Palembang yang dilalui Sungai Musi. Beberapa industri di sepanjang Sungai Musi adalah pengolahan karet, pengolahan kayu, pupuk, keramik, deterjen, minyak, gas, *cold storage*, *electroplating*, minuman ringan, dan pewarnaan kain. Sebagian besar industri belum memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang optimal (Rahutami *et al.* 2022). Kegiatan pertanian, industri, dan perkotaan di sekitar Sungai Musi dianggap sebagai sumber utama bahan kimia dan nutrisi yang limbahnya dibuang ke sungai (Melki *et al.* 2018). Bahkan setelah melewati Sungai Musi Kota Palembang akan bermuara yang juga dipengaruhi aktivitas penduduk Sungsang. Meningkatnya intensitas aktivitas antropogenik di wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Musi, seperti bertambahnya permukiman penduduk, kegiatan industri, dan kegiatan pertanian dapat berpengaruh terhadap kualitas air sungai. Berbagai kegiatan di sepanjang aliran sungai menghasilkan bahan pencemar organik dan anorganik yang mengakibatkan perubahan fisik, kimia, dan biologi pada perairan

sungai yang akhirnya mengakibatkan pencemaran (Aryawati *et al.* 2021). Penurunan kualitas air mendorong masalah serius lainnya yang terkait penurunan kualitas air dan risiko kesehatan masyarakat (Brontowiyono *et al.* 2022) karena tingginya tingkat pencemaran lingkungan yang dihasilkan oleh industri (Balcioglu *et al.* 2021).

Masalah air bersih merupakan hal fundamental bagi kehidupan. Setiap hari manusia membutuhkan air bersih untuk minum, memasak, mandi, mencuci dan sebagainya (Ilyas *et al.* 2021). Mengingat jumlah air tawar yang terbatas, diperlukan pengelolaan yang tepat. Jumlah air di bumi tetap sebanyak 1.385.984.610 km<sup>3</sup> yang jumlah air tawar hanya 35.029.210 km<sup>3</sup> atau sekitar 2,5%. Air ini tersebar di berbagai tempat dengan proporsi yang berbeda-beda, yakni sekitar 96,5% berada di laut, 0,76% berupa air tanah tawar, dan 0,93% merupakan air tanah asin. Sementara itu, kelembaban tanah mengandung sekitar 0,0012%, es di kutub mencakup 1,7%, es dan salju lainnya 0,025%, danau air tawar 0,007%, danau air asin 0,006%, rawa (air payau) 0,0008%, sungai-sungai 0,0002%, air dalam makhluk hidup hanya 0,00001%, dan uap air di atmosfer sebesar 0,001% (Manik, 2016). Air tawar yang dimanfaatkan oleh makhluk hidup hanya memiliki presentase 2,5%, yang terdistribusi salah satunya air sungai (Laksana *et al.* 2022).

Pelestarian kualitas air merupakan hal yang sangat penting untuk menjamin ketersediaannya bagi generasi mendatang (Magalhães *et al.* 2022). Upaya pengurangan pencemaran air menjadi langkah krusial guna memastikan ketersediaan air bersih yang layak konsumsi serta mengatasi permasalahan kelangkaan air bersih (Saravanan *et al.* 2021). Pemenuhan kebutuhan layanan air bersih pada masyarakat perlu inovasi dengan teknologi tepat guna dengan cara pengembangan pengolahan (penyaringan) (Timpua dan Watung, 2021). Mengetahui konsentrasi polutan merupakan aspek krusial dan analisis kuantitatif diperlukan guna mendukung proses eliminasi polutan dari lingkungan perairan. Pengurangan pencemaran air menjadi hal yang mendesak untuk menjamin ketersediaan air bersih yang aman dikonsumsi serta untuk mengatasi potensi krisis air bersih (Saravanan *et al.* 2021; Ali *et al.* 2021). Dengan demikian, data empiris yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi

signifikan dalam pengembangan solusi teknologi yang inovatif untuk meningkatkan kualitas air.

Salah satu bentuk penanda pencemaran ada eutrofikasi yang terjadi karena nilai unsur hara melebihi nilai seharusnya (Saravanan *et al.* 2021; Widyarani *et al.* 2022) berdampak buruk pada sumber daya air (Shin *et al.* 2020). Keberadaan amonia di habitat perairan yang kadarnya terlalu tinggi dapat berdampak buruk pada keseimbangan ekologi (Alown *et al.* 2025). Amonia ( $\text{NH}_3$ ) merupakan polutan terkenal yang sulit diolah, sehingga menyebabkan kerusakan serius pada ekosistem perairan (Skleničková *et al.* 2020). Beberapa mikroorganisme menggunakan amonia menjadi nitrogen sebagai nutrisi untuk sel (Mallongi, 2019). Pemuatan nitrogen juga dapat ditingkatkan melalui siklus nitrogen alami (Shukla *et al.* 2020), selain akibat aktivitas manusia. Nitrifikasi adalah reaksi oksidasi dari amonia berubah menjadi nitrit, kemudian nitrit berubah menjadi nitrat yang proses ini dapat dibantu oleh bakteri aerobik karena proses kimia (Pranoto dan Herald, 2022). Penelitian ini akan mengeksplorasi potensi bakteri nitrifikasi yang diisolasi dari perairan Sungai Musi. Fokus utama dari studi ini adalah untuk mengevaluasi kemampuan bakteri tersebut dalam mengurangi konsentrasi amonia dan nitrit melalui sistem biofilter. Dengan memahami karakteristik dan kemampuan bakteri lokal, diharapkan penelitian ini dapat memberikan solusi yang relevan dan aplikatif dalam upaya perbaikan kualitas air di wilayah yang tercemar.

## 1.2 Rumusan Masalah

Sangat sedikit yang diketahui tentang mikroorganisme yang meremediasi proses oksidasi mikroba amonia menjadi nitrit kemudian nitrat di lingkungan alami (Melki *et al.* 2018). Maka metode fisik dan biologi adalah strategi untuk memodifikasi pengendalian pencemaran air. Metode filtrasi fisik menggunakan pasir dan membran ditambah dekomposisi oleh bakteri menjadi teknologi pengolahan kombinasi untuk remediasi pencemaran air yang efektif (Saravanan *et al.* 2021). Salah satu solusi yang menjanjikan untuk menangani pencemaran tersebut adalah melalui proses biodegradasi yang melibatkan mikroorganisme. Bakteri nitrifikasi yang berfungsi mengubah amonia menjadi nitrit dan nitrat, memiliki potensi besar dalam proses ini dengan memanfaatkan biofilter sebagai

media untuk menumbuhkan bakteri nitrifikasi, proses pengolahan air dapat dilakukan secara lebih efisien dan ramah lingkungan.

Biofiltrasi adalah teknologi hijau pengolahan air limbah yang menjanjikan yang digunakan untuk menghilangkan berbagai jenis polutan (Loh *et al.* 2021). Filtrasi biologis dapat digunakan untuk menghilangkan amonium dari air melalui proses nitrifikasi (Turan, 2023; Dragic *et al.* 2024). Pelaksanaan proses biofiltrasi terhadap efisiensi penghilangan amonium nitrogen dari air dalam kombinasi proses penyerapan dan nitrifikasi (Papciak *et al.* 2024). Proses biofiltrasi akan membentuk biofilm pada permukaan bahan filter (Zeng *et al.* 2020), stabilitas biofilm yang menempel dapat menghambat pelepasan bakteri ke dalam air dan menurunkan kekeruhan pencemar (Xing *et al.* 2020). Setelah pembentukan biofilm, pengaruh laju filtrasi terhadap nitrifikasi menghasilkan persentase penurunan amonia sebesar 95% untuk semua laju filtrasi yang diuji (Dragic *et al.* 2024).

Penerapan isolat bakteri untuk menghilangkan nitrogen dari air tercemar jarang dilaporkan (Ren *et al.* 2023b). Pelaporan ini dapat diketahui dengan metode analisis urutan DNA yang menyandi gen 16S rRNA digunakan untuk mengetahui kebaruan isolat bakteri yang ditemukan di alam (Fatwa *et al.* 2021). Segi keuntungan gen 16S rRNA nyatanya sangat efektif digunakan karena memiliki keakuratan yang tinggi dan juga tidak memakan waktu yang lama dalam pengidentifikasiannya (Akihary dan Kolondam, 2020). Kemampuannya untuk menghasilkan miliaran bacaan secara paralel dan masif dalam sekali proses (Bharti dan Grimm, 2021). Berdasarkan gagasan pemikiran tersebut masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana cara membuat biofilter yang dapat memperbaiki kandungan amonia, nitrit, dan parameter kualitas air dari air Sungai Musi bagian hilir?
2. Bagaimana analisis biofiltrasi dapat menjelaskan perubahan kandungan amonia, nitrit, dan nitrat serta parameter kualitas air?
3. Apa jenis bakteri yang mampu menguraikan amonia dan nitrit dari air Sungsai Musi bagian hilir?



### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu

1. Membuat biofilter yang dapat memperbaiki kandungan amonia, nitrit, dan parameter kualitas air dari air Sungai Musi bagian hilir.
2. Menganalisis peran biofiltrasi dalam menjelaskan perubahan kandungan amonia, nitrit, dan nitrat, serta pengaruhnya terhadap parameter kualitas air.
3. Mengidentifikasi jenis bakteri yang mampu menguraikan amonia dan nitrit dari air Sungsai Musi bagian hilir.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kandungan amonia, nitrit, dan nitrat serta hubungannya dengan parameter perairan Sungai Musi bagian hilir, juga dapat menjadi acuan pengolahan air tercemar menggunakan biofilter.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abellan-schneyder, I., Matchado, M. S., Reitmeier, S., Sommer, A., Sewald, Z., Baumbach, J., List, M., & Neuhaus, K. 2021. Primer, Pipelines, Parameters: Issues in 16S rRNA Gene Sequencing. *American Society Microbiology*, 6(1): 1–19.
- Adam, M. R., Hafiz, M., & Othman, D. 2020. Influence of the Natural Zeolite Particle Size Toward the Ammonia Adsorption Activity in Ceramic Hollow Fiber Membrane. *Membranes*, 10(63): 1–18.
- Ahmad, A. L., Chin, J. Y., Harun, M. H. Z. M., & Low, S. C. 2022. Environmental impacts and imperative technologies towards sustainable treatment of aquaculture wastewater : A review. *Journal of Water Process Engineering*, 46(1): 1–13.
- Akihary, C. V., & Kolondam, B. J. 2020. Pemanfaatan gen 16S rRNA sebagai perangkat identifikasi bakteri untuk penelitian-penelitian di Indonesia. *PHARMACON Jurnal Ilmiah Farmasi*, 9(1): 16–22.
- Ali, F., Salim, C., Lintang, D., & Nurul, K. 2021. Challenges of Moving Bed Biofilm Reactor and Integrated Fixed-Film Activated Sludge Implementation for Wastewater Treatment in Indonesia. *Chemical Engineering Transactions*, 83(1): 223–228.
- Alown, F., Ameen, F., & Vadiveloo, A. 2025. Batch biosorption studies of ammonical nitrogen ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) ions from aqueous solutions using the ubiquitous bacteria *Klebsiella* sp .: equilibrium , kinetic , and thermodynamic studies. *Alown et Al. Annals of Microbiology*, 75(1): 1–15.
- Amenorfenyo, D. K., Huang, X., Zhang, Y., Zeng, Q., Zhang, N., Ren, J., & Huang, Q. 2019. Microalgae brewery wastewater treatment: Potentials, benefits and the challenges. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(11):1-17.
- Anggiani, M. 2020. Potensi mikroorganisme sebagai agen bioremediasi mikroplastik di laut. *Oseana*, 45(2): 40–49.
- Anusha, P., Ragavendran, C., Kamaraj, C., Sangeetha, K., Thesai, A. S., Natarajan, D., & Malafaia, G. 2023. Eco-friendly bioremediation of pollutants from contaminated sewage wastewater using special reference bacterial strain of *Bacillus cereus* SDN1 and their genotoxicological assessment in *Allium cepa*. *Science of the Total Environment*, 8(3): 16-35.
- Aryawati, R., Azhara, I., Ulqodry, T. Z., & Hendri, M. 2023. Keragaman Fitoplankton dan Potensi Harmfull Algal Blooms (HABs) di Perairan Sungai Musi Bagian Hilir Provinsi Sumatera Selatan. *Buloma*, 12(1): 27–35.

- Aryawati, R., Ulqodry, T. Z., Isnaini, I., & Surbakti, H. 2021. Fitoplankton sebagai bioindikator pencemaran organik di perairan sungai Musi Bagian Hilir Sumatra Selatan. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 13(1): 163–171.
- Astrada, Y., Loekitowati, P., & Faizal, M. 2022. Performance Analysis of Ceramic Membranes in Clean Water Treatment on River Water Quality. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*, 7(3): 99–104.
- Atlas, R. M. 2010. *Handbook of Microbiological Media (4th ed.)*. CRC Press.
- Bai, W., Qian, M., Li, Q., Atkinson, S., Tang, B., Zhu, Y., & Wang, J. 2021. Journal of Environmental Chemical Engineering Rice husk-based adsorbents for removing ammonia : Kinetics , thermodynamics and adsorption mechanism. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(4): 10-25.
- Balcıoğlu, G., Yilmaz, G., & Gönder, Z. B. 2021. Evaluation of anaerobic membrane bioreactor (AnMBR) treating confectionery wastewater at long-term operation under different organic loading rates : Performance and membrane fouling. *Chemical Engineering Journal*, 404(126261): 1–13.
- Berned-samatán, V., Jiménez, S., Rubio, C., Tellez, C., & Coronas, J. 2022. Self-supported single-wall carbon nanotube buckypaper membranes applied to air and water filtration. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 9(8): 159–167.
- Bharti, R., & Grimm, D. G. 2021. Current challenges and best-practice protocols for microbiome analysis. *Briefings in Bioinformatics*, 22(1): 178–193.
- Böttger, E. C. 1989. Rapid determination of bacterial ribosomal RNA sequences by direct sequencing of enzymatically amplified DNA. *FEMS Microbiology Letters*, 65(1–2): 171–176.
- Brontowiyono, W., Asmara, A. A., Jana, R., Yulianto, A., & Rahmawati, S. 2022. Land-Use Impact on Water Quality of the Opak Sub-Watershed, Yogyakarta, Indonesia. *Sustainability*, 14(4346): 1–21.
- Budianto, A., Pratiwi, A. G., Ningsih, S. A., & Kusdarini, E. 2023. Reduction of Ammonia Nitrogen and Chemical Oxygen Demand of Fertilizer Industry Liquid Waste by Coconut Shell Activated Carbon in Batch and Continuous Systems. *Journal of Ecological Engineering*, 24(7): 156–164.
- Bueno, S., & Dur, E. 2021. Formulating low cost modified bentonite with natural binders to remove pesticides in a pilot water filter system. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(1): 1–9.
- Cai, W., Zhang, J., Li, Y., Chen, Q., Xie, W., & Wang, J. 2022. Chemosphere Characterizing membrane fouling formation during ultrafiltration of high-salinity organic wastewater. *Chemosphere*, 287(1): 1–9.

- Cao, Y., Jin, Y., Lu, Y., Wang, Y., Zhao, T., Chen, P., & Zhang, Y. 2024. Characteristics and Nitrogen Removal Performance Optimization of Aerobic Denitrifying Bacteria *Bacillus cereus* J1 under. *Water MDPI*, 16: 1–15.
- Cappuccino, J. ., & Sherman, N. 2014. *Microbiology a laboratory manual (10th Ed)*. Pearson Education, Inc, Publishing as Benjamin Cummings.
- Cappuccino, J. G., & Sherman, N. 2008. *Microbiology: A Laboratory Manual*. Pearson Education Inc.
- Casas, M. E., Larzabal, E., & Matamoros, V. 2022. Exploring the usage of artificial root exudates to enhance the removal of contaminants of emerging concern in slow sand filters : Synthetic vs . real wastewater conditions. *Science of the Total Environment Journal*, 8(24): 1–16.
- Cash, P., Isaksson, O., Maier, A., & Summers, J. 2022. Sampling in design research: Eight key considerations. *Design Studies*, 78(101077): 1–21.
- Castro, C. J., Shyu, H. Y., Xaba, L., Bair, R., & Yeh, D. H. 2021. Science of the Total Environment Performance and onsite regeneration of natural zeolite for ammonium removal in a field-scale non-sewered sanitation system. *Science of the Total Environment*, 776: 1–13.
- Cescon, A., & Jiang, J. 2020. Filtration Process and Alternative Filter Media Material in Water Treatment. *Water MDPI*, 12(37): 1–20.
- Chan, S. S., Khoo, K. S., Chew, K. W., Ling, T. C., & Show, P. L. 2022. Recent advances biodegradation and biosorption of organic compounds from wastewater : Microalgae-bacteria consortium - A review. *Bioresource Technology*, 344(126159): 1–37.
- Colome, J. 1986. *Laboratory Exercises in Microbiology*. West Publishing Company.
- Crini, G., & Lichtfouse, E. 2019. Advantages and disadvantages of techniques used for wastewater treatment. *Environmental Chemistry Letters*, 17(1): 145–155.
- Detho, A., Daud, Z., Arif, M., Awang, H., & Baharudin, M. 2021. Comparison study of COD and ammoniacal nitrogen adsorption on activated coconut shell carbon, green mussel (*Perna viridis*), zeolite and composite material in stabilized landfill leachate treatment. *Desalination and Water Treatment*, 220(2): 101–108.
- Devda, V., Chaudhary, K., Varjani, S., Pathak, B., Patel, A. K., Singhanian, R. R., Taherzadeh, M. J., Hao, H., Wong, J. W. C., Guo, W., & Chaturvedi, P. 2021. Recovery of resources from industrial wastewater employing electrochemical technologies : status, advancements and perspectives. *Bioengineered*, 12(1): 4697–4718.

- Dey, S., Charan, S. S., Pallavi, U., Sreenivasulu, A., & Haripavan, N. 2022. The removal of ammonia from contaminated water by using various solid waste biosorbents. *Energy Nexus*, 7(3): 100-119.
- Dragic, D., Drljaca, D., & Zoric, S. 2024. Start-up of bio filter for nitrification and effect of filtration rate on the ammonium removal efficiency in drinking water treatment on pilot plant. *Water Supply*, 24(4): 1207–1223.
- Eberle, S., Börnick, H., & Stolte, S. 2022. Granular Natural Zeolites : Cost-Effective Adsorbents for the Removal of Ammonium from Drinking Water. *Water MDPI*, 14(939): 1-22.
- Enaime, G., Baçaoui, A., Yaacoubi, A., & Lübken, M. 2020. Biochar for Wastewater Treatment — Conversion Technologies and Applications. *Applied Sciences*, 10(3492): 1–29.
- EPA. 2020. *Guidelines for turbidity in drinking water*. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/sdwa>
- EPA. 2021a. Factsheet on water quality parameters - pH. *Environmental Protection Agency*, C 1–3. [https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-07/parameter-factsheet\\_ph.pdf](https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-07/parameter-factsheet_ph.pdf)
- EPA. 2021b. Factsheet on water quality parameters - Temperature. *Environmental Protection Agency*, C 1–3. [https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-07/parameter-factsheet\\_ph.pdf](https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-07/parameter-factsheet_ph.pdf)
- Fatwa, E. B., Yoswaty, D., & Effendi, I. 2021. *Identification of Indigenous Bacteria from Dumai Sea Waters Using 16S rRNA Method*. 2(3): 184–188.
- Fitriani, N., Wahyudianto, F. E., Salsabila, N. F., Maya, R., Radin, S., & Kurniawan, S. B. 2023. Performance of Modified Slow Sand Filter to Reduce Turbidity , Total Suspended Solids , and Iron in River Water as Water Treatment in Disaster Areas. *Journal of Ecological Engineering*, 24(1): 1–18.
- Gao, B., Chi, L., Zhu, Y., Shi, X., Tu, P., Li, B., Yin, J., & Gao, N. 2021. An Introduction to Next Generation Sequencing Bioinformatic Analysis in Gut Microbiome Studies. *Biomolecules*, 11(530): 1–22.
- Genethliou, C., Triantaphyllidou, I. E., Giannakis, D., Papayianni, M., & Sygellou, L. 2021. Simultaneous removal of ammonium nitrogen , dissolved chemical oxygen demand and color from sanitary landfill leachate using natural zeolite. *Journal of Hazardous Materials*, 406(September 2020): 124679.
- Ghartimagar, S., Khatri, P., Neupane, S., Joshi, D. R., & Joshi, T. P. 2020. Evaluation of Ground Water Quality of Kathmandu Valley and Antibiotic Susceptibility test against *Klebsiella pneumoniae*. *Tribhuvan University Journal of Microbiology*, 7(1): 83–90.

- Ghufron, M., Rahardja, B. S., & Sari, L. A. 2020. *The temporal variation of ammonia and nitrite content in extensive ponds with tilapia*. 13(3): 1328–1335.
- Gijn, K. Van, Chen, Y. L., Oudheusden, B. Van, Gong, S., Wilt, H. A. De, Rijnaarts, H. H. M., & Langenhoff, M. 2021. Optimizing biological effluent organic matter removal for subsequent micropollutant removal. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(5): 1–8.
- Gupta, P., Trivedi, M., & Soni, H. 2021. Isolation, Identification and Evaluation of Indigenous Plant Growth Promoting Bacterium *Klebsiella pneumoniae* PNE1. *International Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology*, 8(6): 47–56.
- Hakanson, L., & Bryann, A. 2008. *Eutrophication in the Baltic Sea Present Situation, Nutrient Transport Processes, Remedial Strategies*. Springer-Verlag.
- Han, B., Butterly, C., Zhang, W., He, J., & Chen, D. 2021. Adsorbent materials for ammonium and ammonia removal : A review. *Journal of Cleaner Production*, 283: 12-36.
- Han, Z., Guo, N., Yan, H., Xu, Y., Wang, J., Zhao, Y., Zhao, Y., Meng, L., Chi, X., Zhao, H., & Tucker, M. E. 2021. Recovery of phosphate, magnesium and ammonium from eutrophic water by struvite biomineralization through free and immobilized *Bacillus cereus* MRR2. *Journal of Cleaner Production*, 320(3): 1-19.
- Heikema, A. P., Horst-kreft, D., Boers, S. A., Jansen, R., Hiltemann, S. D., Koning, W. De, Kraaij, R., Ridder, M. A. J. De, Houten, C. B. Van, Bont, L. J., Stubbs, A. P., & Hays, J. P. 2020. Comparison of Illumina versus Nanopore 16S rRNA Gene Sequencing of the Human Nasal Microbiota. *Genes*, 2: 1–17.
- Herlina, H., Burhanuddin, B., Malik, A., Murni, M., & Saleh, S. 2023. Pengaruh oksigen terlarut terhadap laju (*Litopenaeus vannamei*) dengan Amonia,. *Jurnal Ruaya*, 11(1): 80–85.
- Hidayah, E. N., Djalalembah, A., Asmar, G. A., & Cahyonugroho, O. H. 2018. Pengaruh Aerasi Dalam Constructed Wetland Pada Pengolahan Air Limbah Domestik. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(2): 155–161.
- Huang, Y. Y., Liang, M. H., Zhao, S., Chen, S. M., Liu, J. S., Liu, D. M., & Lu, Y. Z. 2020. Isolation, expression, and biochemical characterization: Nitrite reductase from: *Bacillus cereus* LJ01. *RSC Advances*, 10(62): 37871–37882.
- Ibrahim, A. E. M., Elariny, E. Y. T., & Abdel-Hafez, L. J. M. 2024. Optimization of culture conditions for production of L-glutaminase enzyme from *Klebsiella pneumoniae*. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 14(5): 868–873.
- Ijong, F. G. 2015. *Mikrobiologi Perikanan & Kelautan*. Rineka Cipta.

- Ilyas, I., Tan, V., Bili, M., Kaleka, U., Keguruan, F., & Flores, U. 2021. *Penjernihan Air Metode Filtrasi untuk Meningkatkan Kesehatan Masyarakat RT Pu ' uzeze Kelurahan Rukun Lima Nusa Tenggara Timur*. 15(1): 46–52.
- Islam, H., Nelvia, N., & Zul, D. 2021. Isolasi dan uji potensi bakteri nitrifikasi asal tanah kebun kelapa sawit dengan aplikasi tandan kosong dan limbah cair pabrik kelapa sawit. *Solum*, 18(1): 23–31.
- James, G., Radhakrishnan, V., Marathippallam, J., Preena, J., & Geetha, P. 2025. associated with mangrove sediments in aquaculture. *Discover Oceans*, 15(2): 1–18.
- John, E. M., Krishnapriya, K., & Sankar, T. V. 2020. Treatment of ammonia and nitrite in aquaculture wastewater by an assembled bacterial consortium. *Aquaculture*, 526: 1–6.
- Kaetzl, K., Lübken, M., Nettmann, E., Krimmler, S., & Wichern, M. 2020. Slow sand filtration of raw wastewater using biochar as an alternative filtration media. *Scientific Reports*, 10(1): 1–11.
- Kakade, A., Salama, E., Han, H., Zheng, Y., Alsareii, S. A., & Li, X. 2021. Environmental Technology & Innovation World eutrophic pollution of lake and river : Biotreatment potential and future perspectives. *Environmental Technology & Innovation*, 23: 101–116.
- Khademzade, O., Zakeri, M., Haghi, M., & Mousavi, S. M. 2020. The effects of water additive *Bacillus cereus* and *Pediococcus acidilactici* on water quality, growth performances, economic benefits, immunohematology and bacterial flora of whiteleg shrimp (*Penaeus vannamei* Boone, 1931) reared in earthen ponds. *Aquaculture Research*, 51(5): 1759–1770.
- Khastini, R. O., Zahranie, L. R., Rozma, R. A., & Saputri, Y. A. 2022. Review : peranan bakteri pendegradasi senyawa pencemar lingkungan melalui proses bioremediasi. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(1): 345–360.
- Kim, S., Nam, S., Jang, A., Jang, M., Min, C., Son, A., Her, N., Heo, J., & Yoon, Y. 2022. Chemosphere Review of adsorption – membrane hybrid systems for water and wastewater treatment. *Chemosphere*, 286: 1–19.
- Kogawa, A. C., Cernic, B. G., do Couto, L. G. D., & Salgado, H. R. N. 2017. Synthetic detergents: 100 years of history. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 25(6): 934–938.
- Kumar, L., Kaur, R., & Sharma, J. 2021. The efficiency of zeolites in water treatment for combating ammonia – An experimental study on Yamuna River water & treated sewage effluents. *Inorganic Chemistry Communications*, 134(3): 1–10.

- Kuswardani, M. A., Hartono, D., & Rahmat, N. N. 2023. Pengaruh Sterilisasi Uv Boxster Terhadap Penurunan Jumlah Bakteri Di Rumah Pasien Tb Kelurahan Mayangan Kota Probolinggo. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 4(4): 7072–7082.
- Laksana, R. A., Vegatama, M. R., & Kumalasari, P. I. 2022. Rancang Bangun Filtrasi Air Skala Rumah Tangga dengan Analisa Efisiensi Alat. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6: 294–303.
- Li, D., Huang, M., Dong, S., Jin, Y., Zhou, R., & Wu, C. 2022. Comprehensive Transcriptomic Analysis of Heterotrophic Nitrifying Bacterium *Klebsiella* sp. TN-10 in Response to Nitrogen Stress. *Microorganisms*, 10(2):1-12.
- Li, J., Wang, H., Yuan, X., Zhang, J., & Wei, J. 2020. Metal-organic framework membranes for wastewater treatment and water regeneration. *Coordination Chemistry Reviews*, 404: 1–31.
- Li, N., Lu, X., He, M., Duan, X., Yan, B., Chen, G., & Wang, S. 2021. Catalytic membrane-based oxidation-filtration systems for organic wastewater purification : A review. *Journal of Hazardous Materials*, 414(135): 1–18.
- Liang, H., Wang, W., Liang, W., Deng, X., Ruan, X., Zhang, D., & Yang, Y. 2023. Facile fabrication of nitrate-Activated magnesite wastes-derived porous adsorbents with abundant active sites for highly efficient phosphate removal. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 11(1): 1–11.
- Loh, Z. Z., Zaidi, N. S., Syafiuddin, A., Yong, E. L., Boopathy, R., Kueh, A. B. H., & Prasetyo, D. D. 2021. Shifting from Conventional to Organic Filter Media in Wastewater Biofiltration Treatment : A Review. *Applied Sciences*, 11: 1–17.
- Lu, X., Wan, Y., Zhong, Z., Liu, B., Zan, F., Zhang, F., & Wu, X. 2021. Integrating sulfur, iron (II), and fixed organic carbon for mixotrophic denitrification in a composite filter bed reactor for decentralized wastewater treatment : Performance and microbial community. *Science of the Total Environment*, 795: 1–10.
- Luzha, I., Rizani, S., Hasalliu, R., Salihu, L., Durmishi, B., Nuha, D., Haziri, V., Fetoshi, O., & Bytyçi, P. 2023. *The Impact of Wastewater on the Quality of Water of Nerodime River*. 24(3): 10–18.
- Madigan, M. T. 2008. *Brock Biology of Microorganisms*. Pearson/Benjamin Cummings.
- Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., Sattley, W. M., & Stahl, D. A. 2018. *Brock Biology of Microorganisms (15th ed.)*. Pearson Education.
- Magalhães, L. F. de, Silva, G. R. da, & Peres, A. E. C. 2022. Review Article Zeolite Application in Wastewater Treatment. *Adsorption Science & Technology*: 1–26.



- Mallongi, A. 2019. *Dinamika Polutan dan Risiko Kesehatan Lingkungan* (1st ed.). Gosyen Publishing.
- Manik, K. E. S. 2016. *Pengelolaan Lingkungan Hidup* (1st ed.). Prenada Media Group.
- Marini Wijayanti, Tanbiyaskur, Jubaedah, D., Saputra, A. B., Genti, K. S., Agustina, Nabila Saraswati, Siti Yuliani, & Hary Widjajanti. 2020. Eukaryote microbes potential for bioflocs in the swamp aquaculture. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 19(1): 19–29.
- Maryono, A. 2018. *Reformasi Pengelolaan Sumber Daya Air*. Gadjah Mada University Press.
- Matsuo, Y., Komiya, S., Yasumizu, Y., Yasuoka, Y., Mizushima, K., Takagi, T., Kryukov, K., Fukuda, A., Morimoto, Y., Naito, Y., Okada, H., Bono, H., Nakagawa, S., & Hirota, K. 2021. Full-length 16S rRNA gene amplicon analysis of human gut microbiota using MinION™ nanopore sequencing confers species-level resolution. *BMC Microbiology*, 21(35): 1–13.
- Melki, M., Isnansetyo, A., & Widada, J. 2018. *Distribution of Ammonium-Oxidizing Bacteria in Sediment with Relation to Water Quality at the Musi River, Indonesia*. 25(4): 198–205.
- Monroy-Licht, A., Carranza-Lopez, L., De la Parra-Guerra, A. C., & Acevedo-Barrios, R. 2024. Unlocking the potential of Eichhornia crassipes for wastewater treatment: phytoremediation of aquatic pollutants, a strategy for advancing Sustainable Development Goal-06 clean water. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(31): 43561–43582.
- Mouratib, R., Achiou, B., El, M., & Alami, S. 2020. *Journal of the European Ceramic Society Low-cost ceramic membrane made from alumina- and silica-rich water treatment sludge and its application to wastewater filtration*. 40(2): 5942–5950.
- Muwarni, S. 2015. *Dasar-Dasar Mikrobiologi Veteriner*. Universitas Brawijaya Press.
- Nagaraju, T. V., Sunil, B. M., Chaudhary, B., Durga, C., & Gobinath, R. 2023. Prediction of ammonia contaminants in the aquaculture ponds using soft computing coupled with wavelet analysis. *Environmental Pollution*, 331(2): 1–12.
- Nugraha, R. D., Nabila, J., Husna, F. S., Afifa, Y., & Lubis, R. Y. 2023. Pemanfaatan Filtrasi Air Sumur untuk Mengurangi Kekeruhan Menggunakan Penyaringan Air Sederhana di Kelurahan Pahang. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 23(1): 586–589.
- Nybakken, J. W. James W. 1992. *Biologi laut*. Gramedia Pustaka Utama.

- Oliveira, D., Fia, R., Neris, F., Fia, L., Pimentel, M., Matos, D., Alves, L., & Siniscalchi, B. 2020. Quantification, removal and potential ecological risk of emerging contaminants in different organic loads of swine wastewater treated by integrated biological reactors. *Chemosphere*, 260: 29–35.
- Oyekeye, M. O., Yusuf, S. A., & Adeosun, S. O. 2022. Evaluation of Activated Carbon-Sourced from Coconut (*Cocos nucifera*) Shell in Rainwater Purification. *The Journal of the Association of Professional Engineers of Trinidad and Tobago*, 50(1): 29–35.
- Packialakshmi, S., Anuradha, B., Nagamani, K., J, S. D., & Sujatha, S. 2023. Materials Today: Proceedings Treatment of industrial wastewater using coconut shell based activated carbon. *Materials Today: Proceedings*, 81: 1167–1171.
- Papciak, D., Domon, A., & Zdeb, M. 2024. The Influence of the Biofiltration Method on the Efficiency of Ammonium Nitrogen Removal from Water in Combined. *Water MDPI*, 16(722): 1–6.
- Pati, D. U. 2022. Efektifitas Saringan Pasir Lambat (Downflow) dalam Pengukuran Kualitas Air sebagai Dampak Penurunan Kekeruhan Air Sungai Sebagai Air Bersih di Kabupaten Sumba Timur. *Jurnal Kewarganegaraan*, 6(3): 6326–6334.
- Patil, P. B., Bhandari, V. M., & Ranade, V. V. 2021. Ultrasonics - Sonochemistry Improving efficiency for removal of ammoniacal nitrogen from wastewaters using hydrodynamic cavitation. *Ultrasonics - Sonochemistry*, 70: 1–10.
- Petrilli, R., Fabbretti, A., Cerretani, A., Pucci, K., Pagliaretta, G., Picciolini, M., Napolioni, V., & Falconi, M. 2023. Selection, Identification and Functional Performance of Ammonia-Degrading Microbial Communities from an Activated Sludge for Landfill Leachate Treatment. *Microorganisms*, 11(2): 1–15.
- Ponnusami, A. B., Sinha, S., Ashokan, H., V Paul, M., Hariharan, S. P., Arun, J., Gopinath, K. P., Hoang Le, Q., & Pugazhendhi, A. 2023. Advanced oxidation process (AOP) combined biological process for wastewater treatment: A review on advancements, feasibility and practicability of combined techniques. *Environmental Research*, 237: 1–15.
- Pranoto, & Herald, E. 2022. *Kimia Air*. Bumi Aksara.
- Prarikeslan, W. 2016. *Oceanografi*. Kencana.
- Pratama, F., Rozirwan, & Aryawati, R. 2019. Dinamika Komunitas Fitoplankton pada Siang dan Malam Hari di Perairan Desa Sungsang Muara Sungai Musi, Sumatera Selatan. *Jurnal Penel*, 21(2): 83–97.

- Prihandana, G. S., Maulana, S. S., Soedirdjo, R. S., & Tanujaya, V. 2023. Preparation and Characterization of Polyethersulfone/ Activated Carbon Composite Membranes for Water Filtration. *Membranes MDPI*, 13(12): 1–16.
- Priya, E., Kumar, S., Verma, C., Sarkar, S., & Maji, P. K. 2022. A comprehensive review on technological advances of adsorption for removing nitrate and phosphate from waste water. *Journal of Water Process Engineering*, 49: 1–25.
- Purwaningrum, S. I., & Syarifuddin, H. 2023. Analisis Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) RSUD H. Abdurrahman Sayoeti Kota Jambi. *Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, 6(2): 61–68.
- Purwanti, E., Ramdani, D., Rahmadewi, R., Nugraha, B., Efelina, V., & Dampang, S. 2021. Sosialisasi manfaat kabron aktif sebagai media filtrasi air guna meningkatkan kesadaran akan pentingnya air bersih di SMK PGRI. *Selaparang Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 4(2): 381–386.
- Putri, W. A. ., & Melki, M. 2020. Kajian Kualitas Air Muara Sungai Musi Sumatera Selatan. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 6(1): 36–42.
- Putri, W. A. E., & Melki, M. 2020. Kajian Kualitas Air Muara Sungai Musi Sumatera Selatan. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 6(1): 36–42.
- Putri, W. A. E., Purwiyanto, A. I. S., Fauziyah, F., Agustriani, F., & Suteja, Y. 2019. Kondisi nitrat, nitrit, amonia, fosfat dan bod di muara sungai banyuasin, sumatera selatan. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11: 65–74.
- Putri, Y. P., Dahlianah, I., & Emilia, I. 2021. Analisis Kandungan Logam Berat Cadmium (Cd) pada Udang Putih (*Penaeus merguensis*) di Perairan Sungsang Provinsi Sumatera Selatan. *Saintekno*, 19(2): 59–64.
- Rahadi, B., Susanawati, L. D., & Agustianingrum, R. 2020. Bioremediasi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Bakteri Indigenous Pada Tanah Tercemar Air Lindi (Leachate). *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 6(3): 11–18.
- Rahutami, S., Said, M., & Ibrahim, E. 2022. Actual Status Assessment and Prediction of the Musi River Water Quality, Palembang, South Sumatra, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 23(10): 68–79.
- Ren, J., Tang, J., Min, H., Tang, D., Jiang, R., Liu, Y., & Huang, X. 2024. Nitrogen removal characteristics of novel bacterium *Klebsiella* sp. TSH15 by assimilatory/dissimilatory nitrate reduction and ammonia assimilation. *Bioresource Technology*, 394: 1–9.
- Ren, L., Guo, Z., Zhang, L., Hu, H., Li, C., Lin, Z., Zhen, Z., & Zhou, J. L. 2023. A novel aerobic denitrifying phosphate-accumulating bacterium efficiently removes phthalic acid ester, total nitrogen and phosphate from municipal wastewater. *Journal of Water Process Engineering*, 52: 1–13.

- Retnaningrum, E., Darmasiwi, S., & Siregar, A. R. 2016. *Bahan Ajar Mikrobiologi*. Gadjah Mada University Press.
- Ridhwan, M., Ha, M., Othman, D., Ha, M., Ismail, A. F., Mustafa, A., Rahman, M. A., & Jaafar, J. 2020. Journal of Water Process Engineering Impact of sintering temperature and pH of feed solution on adsorptive removal of ammonia from wastewater using clinoptilolite based hollow fibre ceramic membrane. *Journal of Water Process Engineering*, 33: 1–10.
- Rinanda, T. 2011. Analisis sekuensing 16S rRNA di bidang mikrobiologi. *Jurnal Kedokteran Syiah Kuala*, 11(3): 172–177.
- Risky, D. P. V., Ratnawati, I. gusti A., & Kawuri, R. 2021. Pengaruh Sinar Ultraviolet terhadap Pertumbuhan Bakteri Enterokogenix *E.coli* (ETEC) Penyebab Penyakit Diare. *BIOMA: Jurnal Biologi Makassar*, 6(1): 66–73.
- Roets-Dlamini, Y., Lalloo, R., Moonsamy, G., Kumari, S., Nasr, M., Ramchuran, S., & Bux, F. 2022. Development of *Bacillus* spp. consortium for one-step “Aerobic Nitrification-Denitrification” in a fluidized-bed reactor. *Bioresource Technology Reports*, 17: 1–9.
- Sambu, A. H., Malik, A., & Anwar, A. 2021. Efektifitas bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi pada limbah organik budidaya udang vannamei. *Harpodon Borneo*, 14(2): 102–110.
- Saputri, K. E., Idiawati, N., Sari, M., Sofiana, J., Studi, P., Kelautan, I., & Tanjungpura, F. U. 2021. Isolasi dan Karakteristik Bakteri Penambat Nitrogen dari Rizosfer Mangrove di Kuala Singkawang Isolation and Characterization Nitrogen-Fixing Bacteria from Mangrove Rhizosphere in Kuala Singkawang. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 4(2): 17–21.
- Saravanan, A., Kumar, P. S., Jeevanantham, S., Karishma, S., Tajsabreen, B., Yaashikaa, P. R., & Reshma, B. 2021. Effective water/ wastewater treatment methodologies for toxic pollutants removal: Processes and applications towards sustainable development. *Chemosphere*, 280: 1–15.
- Sauter, D., Steuer, A., Wasmund, K., Hausmann, B., Szewzyk, U., Sperlich, A., Gnirss, R., Cooper, M., & Wintgens, T. 2023. Microbial communities and processes in biofilters for post-treatment of ozonated wastewater treatment plant effluent. *Science of the Total Environment*, 856: 1–12.
- Sembel, D. T. 2015. *Toksikologi lingkungan: dampak pencemaran dari berbagai bahan kimia dalam kehidupan sehari-hari*. ANDI.
- Shin, H., Kim, W., Son, D., & Hong, K. 2020. *Performance Assessment of a Combined System Using a Biological Aerated Filter and Electro-coagulation for Advanced Wastewater Treatment*. 15: 4481–4493.

- Shukla, S. K., Mushaiqri, N. R. S. Al, Subhi, H. M. Al, Yoo, K., & Sadeq, H. 2020. Low - cost activated carbon production from organic waste and its utilization for wastewater treatment. *Applied Water Science*, 10(2): 1–9.
- Sitasari, A. N., & Khoironi, A. 2021. Evaluasi Efektivitas Metode dan Media Filtrasi pada Pengolahan Air Limbah Tahu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(3): 565–575.
- Skleničková, K., Koloušek, D., Pečenka, M., Vejmelková, D., Šlouf, M., & Růžicková, I. 2020. Application of zeolite filters in fish breeding recirculation systems and their effect on nitrifying bacteria. *Aquaculture*, 516: 1–10.
- Sosa-Hernández, D. B., Viguera-Cortés, J. M., & Garzón-Zúñiga, M. A. 2016. Mesquite wood chips (*Prosopis*) as filter media in a biofilter system for municipal wastewater treatment. *Water Science and Technology*, 73(6): 1454–1462.
- Su, T., Wang, Z., Zhou, K., Chen, X., Cheng, Y., Zhang, G., Winston, D., & Sun, S. 2021. Science of the Total Environment Advanced treatment of secondary effluent organic matters (EfOM) from an industrial park wastewater treatment plant by Fenton oxidation, combining with biological aerated filter. *Science of the Total Environment*, 784: 1–10.
- Sumada, K., Chaerani, N. C., Priambodho, M. D. W. I., & Saputro, E. A. D. I. 2021. Pengolahan Limbah Cair Industri Pakan Ternak dengan Kombinasi Proses Aerasi dan Biologi Aerob Wastewater Treatment of Animal Feed Industry Using Combination of Aeration and Biological Aerobic Process. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(2): 249–256.
- Sun, H., Han, C., Liu, Z., Wei, Y., Ma, S., Bao, Q., Zhang, Y., & Yan, H. 2022. Nutrient limitations on primary productivity and phosphorus removal by biological carbon pumps in dammed karst rivers: Implications for eutrophication control. *Journal of Hydrology*, 607: 1–13.
- Suntoro, S., Herdiansyah, G., Mujiyo, M., Widijanto, H., Maroeto, M., Julianto, E. A., Puspitasari, C., Tjahjanto, A. D., & Wardhana, H. R. 2024. Potential of *Chromolaena odorata*, *Ipomoea carnea* and *Eichhornia crassipes* as green manures on soil fertility index and rice production on vertisols. *Journal of Aridland Agriculture*, 10: 34–42.
- Terakulsatit, B., Glumglomjit, S., Anuphan, T., & Nongse, N. 2024. Distribution of Salinity in Surface Water Surrounding Salt Mines in Non Thai and Phra Thong Kham Districts, Nakhon Ratchasima Province, Thailand. *Environment and Natural Resources Journal*, 22(5): 1–12.
- Timpua, T. K., & Watung, A. T. 2021. Efektivitas Berbagai Media Pasir Lokal Sebagai Media Filtrasi Air Baku Menjadi Air Untuk Kebutuhan Higiene Sanitasi. *Jurnal Keseshatan Lingkungan*, 11(1): 40–47.

- Tolkou, A. K., Trikalioti, S., Makrogianni, O., & Katsoyiannis, I. A. 2023. Magnesium modified activated carbons derived from coconut shells for the removal of fluoride from water. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 31: 1–25.
- Tortora, G. J., Funke, B. R., & Case, C. L. 2016. *Microbiology: An Introduction (12th ed.)*. Pearson Education.
- Turan, M. 2023. Backwashing of granular media filters and membranes for water treatment : a review. *AQUA — Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 72(3): 274–298.
- Tussa'diyyah, H., Purwoko, A., & Kamal, M. 2018. Keanekaragaman Makrozoobentos di Sungai Musi Desa Sungsang Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains*, 20(2): 63–69.
- Vera-puerto, I., Saravia, M., Olave, J., Arias, C., Alarcon, E., & Valdes, H. 2020. Potential Application of Chilean Natural Zeolite as a Support Medium in Treatment Wetlands for Removing Ammonium and Phosphate from Wastewater. *Water MDPI*, 12: 1–15.
- Wang, X., Yuen, K. F., Wong, Y. D., & Li, K. X. 2020. How can the maritime industry meet Sustainable Development Goals? An analysis of sustainability reports from the social entrepreneurship perspective. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 78: 1–17.
- Wang, Y., Rong, H., Sun, L., Zhang, P., Yang, Y., Jiang, L., Wu, S., Zhu, G., & Zou, X. 2021. Fabrication and evaluation of effective zeolite membranes for water desalination. *Desalination*, 504: 1–10.
- Weaver, L., Abraham, P., Pang, L., Karki, N., McGill, E., Lin, S., Webber, J., Banasiak, L., & Close, M. 2023. Comparative reductions of norovirus, echovirus, adenovirus, *Campylobacter jejuni* and process indicator organisms during water filtration in alluvial sand. *Science of the Total Environment*, 888: 1–12.
- Weinroth, M. D., Belk, A. D., Dean, C., Noyes, N., Dittoe, D. K., Jr, M. J. R., Ricke, S. C., Myer, P. R., Henniger, M. T., Ramírez, G. A., Oakley, B. B., Summers, K. L., Miles, A. M., Ault-seay, T. B., Yu, Z., Metcalf, J. L., & Wells, J. E. 2022. Considerations and best practices in animal science 16S ribosomal RNA gene sequencing microbiome studies. *Journal of Animal Science*, 100(2): 1–18.
- Widanarto, W., Irma, S., Krishna, S., Kurniawan, C., Handoko, E., & Alaydrus, M. 2022. Improved microwave absorption traits of coconut shells-derived activated carbon. *Diamond & Related Materials*, 126: 1–6.

- Widyarani, W., Wulan, R. D., Hamidah, U., Komarulzaman, A., & Tina, R. 2022. Domestic wastewater in Indonesia : generation, characteristics and treatment. *Environmental Science and Pollution Research*, 29: 32397–32414.
- Willey, J. M., Sherwood, L. M., & Woolverton, C. J. 2011. *Prescott's Microbiology*. McGraw-Hill.
- Winarti, C. 2020. Penurunan bakteri total coliform pada air limbah rumah sakit terhadap pengaruh lama waktu penyinaran dengan sinar ultra violet. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 20(1): 52–57.
- Wulandari, M., Marpaung, K., Prasaningtyas, A., Yorika, R., & Zulfikar, A. 2024. Performance of rapid sand filter dual media for microplastic removal in the water : the effect of microplastic size and effective size of filter media. *Journal of Community Based Environmental Engineering and Management*, 8(1): 103–110.
- Xiang, X., Wang, J., Liu, Q. yun, Peng, M., Zhao, Y. zhen, Li, Q. yun, Li, Q., Tang, A., Liu, Y., & Liu, H. B. 2021. Fabrication of PVDF/CdS/Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>/Bi<sub>2</sub>MoO<sub>6</sub> and Bacillus/PVA hybrid membrane for efficient removal of nitrite. *Separation and Purification Technology*, 275: 1–10.
- Xing, X., Li, T., Bi, Z., Qi, P., Li, Z., Wang, H., Lyu, L., Gao, Y., & Hu, C. 2020. Efficient removal of disinfection by-products precursors and inhibition of bacterial detachment by strong interaction of EPS with coconut shell activated carbon in ozone/ biofiltration. *Journal of Hazardous Materials*, 392: 1–11.
- Xu, M., Chen, L., Xin, Y., Wang, X., Wang, Z., Meng, X., Zhang, W., Sun, H., Li, Y., Zhang, W., Wan, P., Geng, B., & Li, L. 2025. Characteristics and Mechanism of Ammonia Nitrogen Removal by Heterotrophic Nitrification Bacterium *Klebsiella pneumoniae* LCU1 and Its Application in Wastewater Treatment. *Microorganisms*, 13(2): 1–18.
- Xu, R., Cai, Y., Wang, X., Li, C., & Liu, Q. 2020. Agricultural nitrogen flow in a reservoir watershed and its implications for water pollution mitigation. *Journal of Cleaner Production*, 267: 1–11.
- Yanti, W. N., Prasadi, O., & Pramita, A. 2023. Pengaruh penambahan konsorsium bakteri aerob terhadap kadar pencemar limbah cair industri obat tradisional. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 9(1): 91–102.
- Youmoue, M., Théophile, R., Fongang, T., Gharzouni, A., & Cyriaque, R. 2020. Effect of silica and lignocellulosic additives on the formation and the distribution of meso and macropores in foam metakaolin - based geopolymer filters for dyes and wastewater filtration. *SN Applied Sciences*, 2(4): 1–20.
- Zeng, H., Yu, Y., Qiao, T., Zhang, J., & Li, D. 2020. Simultaneous removal of iron , manganese and ammonia from groundwater : upgrading of waterworks in northeast China. 175: 196–204.

- Zhang, B., Wang, M., Qu, J., Zhang, Y., & Liu, H. 2021. Characterization and mechanism analysis of tylosin biodegradation and simultaneous ammonia nitrogen removal with strain *Klebsiella pneumoniae* TN-1. *Bioresource Technology*, 336: 1–9.
- Zhang, F., Fu, H., Lou, H., Sun, X., Zhang, D., Sun, P., Wang, X., Li, Y., Lu, J., & Bao, M. 2023. Assessment of eutrophication from Xiaoqing River estuary to Laizhou Bay : Further warning of ecosystem degradation in typically polluted estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 193: 1–11.
- Zhang, J., Shao, Y., Wang, H., Liu, G., Qi, L., Xu, X., & Liu, S. 2021. Current operation state of wastewater treatment plants in urban China. *Environmental Research*, 195: 1–9.
- Zhang, Y., Duoerkun, G., Shi, Z., Cao, W., Liu, T., Liu, J., & Zhang, L. 2020. Construction of  $\text{TiO}_2/\text{Ag}_3\text{PO}_4$  nanojunctions on carbon fiber cloth for photocatalytically removing various organic pollutants in static or flowing wastewater. *Journal of Colloid And Interface Science*, 571: 213–221.
- Zolfaghari, M., Magdouli, S., Tanabene, R., Pierre, S., Martial, R., Saffar, T., Technologiques, C., Ctri, I., Collège, B., & Noranda, R. 2020. Journal of Water Process Engineering Pragmatic strategy for the removal of ammonia from gold mine effluents using a combination of electro-coagulation and zeolite cation exchange processes : A staged approach. *Journal of Water Process Engineering*, 37: 1-9.
- Zulfikar, Z., Aditama, W., Khairunnisa, K., & Arianto, B. 2023. Effect of Filter Media (Zeolite, Ferrolite, and Manganese Greensand) and Combination of Media on the Levels of Iron and Manganese in Borehole Water. *International Journal of Environmental Health Engineering*, 12(3): 1–5.