PENYISIHAN NITRAT PADA LIMBAH CAIR TAHU MELALUI BIOFILTER DENGAN PENAMBAHAN *Pseudomonas aeruginosa* FNCC-0063

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Lingkungan
Jurusan Teknik Lingkungan

Oleh:
EVA PUTRIYANTI
NIM. D1051201007

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

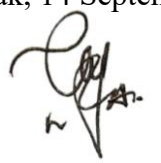
Nama : Eva Putriyanti

NIM : D1051201007

Menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul "**Penyisihan Nitrat pada Limbah Cair Tahu melalui Biofilter dengan Penambahan *Pseudomonas aeruginosa* FNCC-0063**", tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi manapun. Sepanjang pengetahuan Saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup menerima konsekuensi akademis dan hukum di kemudian hari apabila pernyataan yang dibuat ini tidak benar.

Pontianak, 14 September 2026



Eva Putriyanti

NIM. D1051201007

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon. (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email: ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

PENYISIHAN NITRAT PADA LIMBAH CAIR TAHU MELALUI BIOFILTER DENGAN PENAMBAHAN *Pseudomonas aeruginosa* FNCC-0063

Jurusan Teknik Lingkungan
Program Studi Sarjana Teknik Lingkungan

Oleh:

Eva Putriyanti
NIM. D1051201007

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 14 September 2026 dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana

Susunan Penguji Skripsi:

Dosen Pembimbing Utama	:	Dr. Ir. Winardi, S.T., M.T. NIP. 197404232005011002
Dosen Pembimbing Pendamping	:	Cico Jhon Karunia Simamora, S.P., M.Si NIP. 1990030322311027
Dosen Penguji Utama	:	Dr. Ir. Arifin, S.T., M.Eng.Sc. NIP. 197210281998031005
Dosen Penguji Pendamping	:	Jumiati, S.Si., M.Si. NIP. 198406222019032015

Pontianak, 14 September 2026

Dekan,

Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM
NIP. 196712231992031002

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Winardi, S.T., M.T.
NIP. 197404232005011002

HALAMAN PERSEMBAHAN



Knowledge is not what is memorised, knowledge is what benefits
-Imam Syafi'i

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT. atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga saya diberikan kesempatan untuk menyelesaikan skripsi ini, sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Lingkungan.

Skripsi ini saya persembahkan kepada Orang Tua Saya tercinta, untuk Bapak yang dengan sabar mendampingi tanpa menuntut apapun, dan Ibu yang telah menjadi alasan untuk terus melangkah maju disaat langkah ini terasa berat, maaf tidak dapat menyelesaikan skripsi ini disaat kita masih bersama. Terimakasih kepada Abang dan Kakak Saya, yang selama ini tidak pernah benar-benar bertanya "sudah sampai mana skripsinya?" tapi selalu ada setiap kali saya butuh dukungan sehingga saya mampu menyelesaikan skripsi ini.

Kepada kedua dosen pembimbing saya, yang tidak pernah menyerah membimbing meskipun saya datang dengan begitu banyak kesalahan dan kekurangan. Terima kasih telah atas setiap koreksi, arahan, dan untuk kesabarannya. Bimbingan yang diberikan bukan hanya menyelesaikan skripsi ini, tapi juga bekal yang akan saya bawa jauh melewati hari kelulusan saya.

Untuk seluruh Ibu dan Bapak dosen yang namanya tidak dapat saya sebutkan satu per satu, namun jejaknya tertinggal di setiap baris tulisan ini, terima kasih atas dedikasi dan ketulusan dalam berbagi ilmu selama masa perkuliahan. Ilmu yang diberikan tidak berhenti di ruang kuliah, namun akan bermanfaat seterusnya bagi kehidupan Saya. Dan untuk seluruh staf dan karyawan, yang selalu bersedia membantu demi kelancaran proses perkuliahan.

Terima kasih kepada kawan-kawan grup Nugas Bareng. Aisyah, Afsari, Emma, Sorasuh, dan Prilly, serta Tim MBKM Lab Terpadu 2020, yaitu Ria, Beatrice, Sukma, Naya, Ari, Jati, dan Luthfi atas malam-malam tanpa tidur karena mengejar *deadline*, semua kesenangan yang telah kita lalui selama 6 tahun terakhir, dan bantuan dalam proses perkuliahan maupun penulisan skripsi ini. Serta teman-

teman Teknik Lingkungan Angkatan 2020 yang ikut serta menjadi bagian dari perjalanan akademik saya.

Pada akhirnya, semoga skripsi ini tidak hanya berhenti sebagai syarat akademik yang terselesaikan, tetapi juga menjadi pengingat atas sebuah perjalanan, pembelajaran yang tidak selalu menyenangkan, serta nilai-nilai kesabaran dan tanggung jawab yang telah saya lalui.

-*With Love and Gratitude*

Eva Putriyanti

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan rahmat-Nya saya dapat menulis skripsi dengan judul "Penyisihan Nitrat pada Limbah Cair Tahu melalui Biofilter dengan Penambahan *Pseudomonas aeruginosa* FNCC-0063". Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas pemanfaatan *Pseudomonas aeruginosa* FNCC-0063 dengan teknologi biofilter untuk menurunkan kadar nitrat pada limbah cair tahu. Skripsi disusun sebagai salah satu syarat untuk kelulusan pada program Strata-1 di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Pontianak.

Skripsi ini dapat ditulis dan diselesaikan dengan banyak bimbingan, arahan, petunjuk, saran dan fasilitas yang diberikan oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis dengan ini mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T. IPM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.
2. Ir. Dian Rahayu Jati, S.T., M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.
3. Ir. Ulli Kadaria, S.T., M.Si., IPM selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.
4. Dr. Ir. Winardi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama.
5. Cico Jhon Karunia Simamora, S.P., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Pendamping.
6. Dr. Ir. Arifin, S.T., M.Eng.Sc., selaku Dosen Penguji Utama.
7. Jumiati, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji Pendamping.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk menyempurnakan skripsi ini. Akhir kata, semoga dapat bermanfaat bagi pembaca serta untuk pengembangan wawasan dan peningkatan ilmu pengetahuan.

Pontianak, 14 September 2026

Eva Putriyanti

ABSTRAK

Industri tahu menghasilkan limbah cair dengan kandungan nitrat tinggi yang berpotensi mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengkaji pertumbuhan biofilm pada biofilter, mengkaji efektivitas penambahan *Pseudomonas aeruginosa* terhadap penyisihan nitrat, BOD, dan COD, serta menganalisis waktu optimum penyisihan nitrat pada limbah cair tahu. Sistem biofilter menggunakan media filter dari sumbu kompor yang dirancang seperti senar, dioperasikan melalui tahap seeding, aklimatisasi, dan running selama 15 hari. Empat reaktor dirancang dalam desain, yaitu R1 (media filter + *P. aeruginosa*), R2 (media filter + starter limbah tahu), R3 (*P. aeruginosa* tanpa media filter), dan R4 sebagai kontrol. Parameter yang diukur meliputi pertumbuhan biofilm, konsentrasi nitrat, BOD, dan COD, serta parameter harian berupa pH, DO, dan suhu. Hasil penelitian menunjukkan R1 menghasilkan pertumbuhan biofilm tertinggi dan paling stabil, dengan jumlah bakteri total mencapai $1{,}55\times10^{10}$ CFU/cm dan jumlah *P. aeruginosa* $1{,}17\times10^{8}$ CFU/cm pada running hari ke-15, mengonfirmasi dominasi progresif *P. aeruginosa* dalam biofilm. Kenaikan pH dari 4,00 menjadi 7,16 (running hari ke-15) pada R1 mengindikasikan berlangsungnya denitrifikasi biologis melalui mekanisme *heterotrophic nitrification–aerobic denitrification* (HN-AD), meskipun secara statistik faktor reaktor dan waktu tidak berpengaruh signifikan terhadap konsentrasi nitrat ($p > 0{,}05$). Efisiensi penyisihan nitrat tertinggi diperoleh R3 sebesar 30,18% (40,60 mg/L), diikuti R1 sebesar 21,24% (45,80 mg/L pada hari ke-15), disertai penyisihan BOD 86,36% dan COD 66,48% pada R1 yang signifikan secara statistik dibandingkan kontrol. Waktu optimum penyisihan nitrat adalah *running* hari ke-15, ditandai penurunan nitrat terbesar yang berkorelasi positif dengan peningkatan biofilm *P. aeruginosa* pada R1. Seluruh reaktor belum memenuhi baku mutu nitrat 20 mg/L (Permen LH No. 5 Tahun 2014), sehingga diperlukan perpanjangan masa *running* alat dan optimasi sistem.

Kata Kunci: biofilter, denitrifikasi aerobik, limbah cair tahu, nitrat, *Pseudomonas aeruginosa*

ABSTRACT

The tofu industry produces wastewater with high nitrate content that has the potential to pollute the environment. This study aims to examine biofilm growth in a biofilter, evaluate the effectiveness of adding Pseudomonas aeruginosa in removing nitrate, BOD, and COD, and analyze the optimum time for nitrate removal in tofu wastewater. The biofilter system used filter media made from stove wicks designed to resemble a cord, operated through seeding, acclimatization, and running stages for 15 days. Four reactors were designed: R1 (filter media + P. aeruginosa), R2 (filter media + tofu wastewater starter), R3 (P. aeruginosa without filter media), and R4 as control. Measured parameters included biofilm growth, nitrate concentration, BOD, and COD, along with daily parameters of pH, DO, and temperature. Results showed that R1 produced the highest and most stable biofilm growth, with a total bacterial count reaching 1.55×10^{10} CFU/cm and P. aeruginosa count of 1.17×10^{8} CFU/cm on day 15 of running, confirming the progressive dominance of P. aeruginosa in the biofilm. The pH increase from 4.00 to 7.16 (on day 15 of running) in R1 indicated biological denitrification occurring through the heterotrophic nitrification–aerobic denitrification (HN-AD) mechanism, although reactor and time factors showed no statistically significant effect on nitrate concentration ($p > 0.05$). The highest nitrate removal efficiency was achieved by R3 at 30.18% (40.60 mg/L), followed by R1 at 21.24% (45.80 mg/L on day 15), accompanied by BOD removal of 86.36% and COD removal of 66.48% in R1, which was statistically significant compared to the control. The optimum nitrate removal time was day 15 of running, marked by the largest nitrate decrease, which was positively correlated with the increase in P. aeruginosa biofilm in R1. All reactors failed to meet the 20 mg/L nitrate effluent standard (Permen LH No. 5/2014), indicating that an extended running period and further system parameter optimization are required.

Keyword: aerobic denitrification, biofilter, nitrate, Pseudomonas aeruginosa, tofu wastewater

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ..... **i**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **ii**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **iii**
KATA PENGANTAR ..... **v**
ABSTRAK ..... **vi**
ABSTRACT ..... **vii**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR TABEL ..... **xi**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**
DAFTAR GRAFIK ..... **xiii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xiv**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Masalah 4
1.6 Kebaruan Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **8**
2.1 Karakteristik Limbah Cair Tahu 8
2.2 Siklus Nitrogen 9
2.3 Nitrat 11
2.4 Penyisihan Nitrat 12
2.4.1 *Assimilatory* 12
2.4.2 *Dissimilatory* 13
2.4.3 Denitrifikasi 13
2.5 Faktor yang Mempengaruhi Denitrifikasi Aerobik 15
2.6 Nitrifikasi Heterotrofik-Denitrifikasi Aerobik 16
2.7 Pengolahan Air Limbah Secara Biologis 17
2.8 Pembentukan Biofilm 18
2.9 Proses Pertumbuhan Mikroorganisme 21

2.9.1 Proses Pertumbuhan Melekat (*Attached Growth*) 21
2.9.2 Proses Pertumbuhan Tersuspensi (*Suspended Growth*) 21
2.10 Biofilter 22
2.11 Tipe Bioreaktor 25
2.12 Serat Katun Sebagai Media Lekat Biofilm 26
2.13 Bakteri 27
2.13.1 Bentuk Bakteri 27
2.13.2 Struktur Bakteri 29
2.13.3 Pertumbuhan Bakteri 30
2.13.4 Fase-Fase Pertumbuhan Bakteri 32
2.14 *Pseudomonas aeruginosa* 34
2.14.1 Risiko Biologis *Pseudomonas aeruginosa* FNCC-0063 35
2.15 Parameter Kualitas Limbah Cair 36
2.15.1 pH 36
2.15.2 *Chemical Oxygen Demand* (COD) 37
2.15.3 *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) 37
2.16 Baku Mutu Air Limbah Tahu 38
2.17 Hipotesis Penelitian 39
BAB III METODE PENELITIAN 41
3.1 Jenis Penelitian 41
3.2 Variabel Penelitian 41
3.2.1 Variabel Bebas 41
3.2.2 Variabel Terikat 41
3.3 Waktu dan Lokasi Penelitian 42
3.4 Alat dan Bahan 42
3.5 Prosedur Kerja 43
3.5.1 Preparasi Media 43
3.5.2 Pembuatan Prototipe Reaktor 44
3.5.3 Peremajaan Isolat 45
3.5.4 Pembuatan Starter 45
3.5.5 Pengujian Standar Kekeruhan McFarland 0,5 46
3.5.6 Pengambilan Sampel Limbah Cair Tahu 46

3.5.7 *Seeding* pada Media Lekat 46
3.5.8 Aklimatisasi 47
3.5.9 *Running* Alat 47
3.6 Pengujian Parameter Pengamatan 47
3.6.1 Pengukuran Kadar pH, DO, dan Suhu 47
3.6.2 Pengukuran Pertumbuhan Biofilm 48
3.6.3 Uji Kadar Nitrat (SNI 6989.79:2011) 48
3.6.4 Uji Kadar BOD (SNI 6989.72:2009) 49
3.6.5 Uji Kadar COD (SNI 6989.2:2019) 50
3.7 Analisis Data 51
3.8 Diagram Alir 52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 54
4.1 Karakteristik Influen Limbah Cair Tahu 54
4.2 Pertumbuhan Mikroorganisme 55
4.3 Kondisi Operasional Reaktor 61
4.4 Aklimatisasi 64
4.5 Penyisihan Nitrat dan Parameter Organik 65
4.5.1 Penyisihan Nitrat 66
4.5.2 Penyisihan COD dan BOD 70
4.6 Evaluasi Kinerja Reaktor 71
4.6.1 Validasi Distribusi Data Parameter Pencemar 71
4.6.2 Penurunan Parameter Pencemar per Hari Selama Masa *Running* 72
4.6.3 Perbandingan Pengaruh Penambahan *P. aeruginosa* FNCC-0063 73
4.6.4 Hubungan Antar Parameter Pencemar dalam Sistem Biofilter 74
BAB V PENUTUP 76
5.1 Kesimpulan 76
5.2 Saran 76
DAFTAR PUSTAKA 77

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Penelitian Terdahulu 5
Tabel 2.1 Tipe Reaktor Pengolahan Limbah Cair 25
Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Tahu 38
Tabel 3.1 Daftar Reaktor Penelitian..... 41
Tabel 3.2 Contoh Uji dan Larutan Pereaksi untuk Berbagai *Digestion Vessel*..... 50
Tabel 4.1 Karakteristik Influen Limbah Cair Tahu..... 54
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Parameter Harian Setiap Tahapan 61
Tabel 4.3 Konsentrasi Parameter Setelah Pengolahan..... 66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus nitrogen 10
Gambar 2.2 Tiga jalur transformasi nitrat 12
Gambar 2.3 Proses nitrifikasi dan denitrifikasi pada kondisi aerobik 16
Gambar 2.4 Karakteristik lingkungan dan kultur yang mempengaruhi seleksi multispesies biofilm 19
Gambar 2.5 Fenomena biologis pembentukan biofilm 20
Gambar 2.6 Mekanisme proses metabolisme di dalam sistem biofilm 23
Gambar 2.7 Skema reaktor *packed bed* dan bioreaktor *fluidized bed* 26
Gambar 2.8 Bentuk bakteri 29
Gambar 2.9 Struktur tubuh bakteri 30
Gambar 2.10 Kurva standar pertumbuhan bakteri 33
Gambar 3.1 Peta lokasi pengambilan sampel 42
Gambar 3.2 Media filter 44
Gambar 3.3 Susunan media filter pada penyangga 45
Gambar 3.4 Konfigurasi prototipe reaktor 45
Gambar 3.5 Diagram skematik dari konfigurasi reaktor 47
Gambar 3.6 Tahapan penelitian 53
Gambar 4.1 Kondisi fisik limbah cair tahu 54
Gambar 4.2 Kondisi fisik biofilter masa *seeding*–aklimatisasi 59

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Pertumbuhan bakteri total dan *Pseudomonas aeruginosa* 56
Grafik 4.2 Penurunan COD selama tahap aklimatisasi 65
Grafik 4.3 Konsentrasi nitrat selama tahap *running* 67
Grafik 4.4 Efektivitas penurunan COD dan BOD pada tahap *running* 70

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A PARAMETER HARIAN (pH, SUHU, DAN DO) A-1
LAMPIRAN B HASIL PERHITUNGAN TPC..... B-1
LAMPIRAN C HASIL PERHITUNGAN COD C-1
LAMPIRAN D HASIL PERHITUNGAN BOD D-1
LAMPIRAN E HASIL UJI STATISTIK.....E-1
LAMPIRAN F DOKUMENTASI PENELITIAN.....F-1

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri tahu merupakan salah satu industri yang banyak terdapat di Indonesia. Jumlah industri tahu di Indonesia mencapai 84.000 unit usaha [1]. Kegiatan industri tahu menghasilkan limbah padat dan cair yang berpotensi mencemari lingkungan. Setiap produksi 1 kg tahu menghasilkan 5,12 liter limbah cair yang berasal dari proses perebusan kedelai, penyaringan dan pencetakan tahu [2], [3]. Buangan limbah cair tahu mengandung bahan organik yang tinggi, terutama protein yang akan menjadikannya kaya akan nitrogen organik. Apabila dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan akan terjadi siklus nitrogen sehingga terbentuk nitrat. Di antara berbagai bentuk senyawa nitrogen, nitrat merupakan produk akhir dari rangkaian proses siklus nitrogen anorganik yang paling stabil dan dominan terakumulasi dalam limbah cair tahu. Nitrat bersifat sangat larut dalam air dan tidak mudah menguap, sehingga cenderung terbawa bersama aliran limbah hingga mencapai badan air.

Pada pabrik tahu di Kabupaten Kampar, Riau ditemukan kadar nitrat sebesar 20-22 mg/L [4]. Contoh lainnya pada industri tahu di Semarang kadar nitrat mencapai 65,89 mg/L [5] dan 64,24 mg/L di Mantrijeron, Yogyakarta [6]. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, kadar nitrat yang diperbolehkan untuk industri pengolahan kedelai adalah 20 mg/L. Kadar NO_3-N yang lebih dari 0,2 mg/L dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi perairan, yang selanjutnya mengakibatkan pertumbuhan alga dan tumbuhan air secara pesat (*blooming*) [7]. Methemoglobinemia adalah efek kesehatan akut yang merugikan dari paparan nitrat yang tinggi, terutama untuk bayi, wanita hamil, dan orang dengan penyakit pencernaan atau genetik [8].

Terdapat metode dengan sistem sederhana namun tetap efektif dalam menurunkan kadar nitrat, yaitu biofilter dengan media lekat (media biofilm) berbentuk seperti senar. Metode ini merupakan pengolahan filtrasi secara biologi dengan memanfaatkan mikroorganisme yang tumbuh pada media lekat. Biofilter senar ini telah terbukti berhasil secara efektif mengurangi amonia dan nitrat total

dalam air sungai yang tercemar masing-masing sebesar 55,2–74,0% dan 46,2–55,9% [9]. Berbeda dari pengolahan limbah pada umumnya, teknologi biofilter senar tidak membutuhkan lahan dalam penggunaannya karena dapat langsung diaplikasikan ke badan air. Teknologi ini tergolong murah dan merupakan teknologi portabel sehingga mudah diaplikasikan.

Dewasa ini, media lekat yang umumnya digunakan terbuat dari serat sintetis berpotensi membahayakan lingkungan apabila digunakan dalam jangka waktu panjang. Hal ini dikarenakan penggunaan serat sintetis yang sulit didegradasi oleh mikroorganisme sehingga dapat terakumulasi di lingkungan [10]. Selain itu, biofilm yang tumbuh pada media dari bahan plastik atau sintetis umumnya hanya tumbuh pada permukaan yang dilindungi, sedangkan pada permukaan luar yang tidak terlindungi biofilm akan rontok dikarenakan bertabrakan dengan media yang lain [11]. Oleh karena itu, untuk meminimalisir dampak lingkungan dapat digunakan serat katun pengganti serat sintetis sebagai media pertumbuhan bakteri. Pemilihan serat katun didasari oleh sifatnya yang lebih ramah lingkungan, seperti memiliki ikatan kimia yang dapat dengan mudah dihidrolisis oleh mikroorganisme [12], [13]. Katun juga memiliki sifat non-antimikroba yang merupakan media ideal untuk pertumbuhan bakteri [14], [15]. Penggunaan serat katun sebagai media lekat biofilter dari segi harga lebih murah dibandingkan serat sintetis pada biofilter yang ada dipasaran.

Secara konvensional, penerapan teknologi biofilter menggunakan bakteri *indigenous* atau bakteri alami yang terdapat pada limbah yang akan diolah yang akan tumbuh secara alami pada media lekat. Beberapa kasus menunjukkan hasil pengolahan air limbah dengan menggunakan bakteri *indigenous* kurang dapat diprediksi dibandingkan dengan penggunaan mikroorganisme yang telah diisolasi atau dijinakkan secara khusus untuk tujuan pengolahan air limbah [16]. Penelitian ini dilakukan penambahan bakteri *exogenous* yang terbukti dapat menurunkan kandungan nitrat yang diperkirakan dapat meningkatkan efektivitas penurunan senyawa tersebut pada biofilter.

Pseudomonas aeruginosa merupakan salah satu jenis bakteri yang telah memiliki kemampuan *Heterotrophic Nitrification-Aerobic Denitrification* (HN-AD), yaitu kemampuan melakukan nitrifikasi dan denitrifikasi secara simultan

dalam kondisi aerobik dengan memanfaatkan senyawa organik sebagai sumber karbon dan energi [17], [18]. Kemampuan HN-AD ini menjadikan *P. aeruginosa* unggul dibandingkan bakteri denitrifikasi konvensional yang hanya dapat bekerja pada kondisi anoksik, sehingga proses nitrifikasi dan denitrifikasi dapat berlangsung dalam satu reaktor aerobik secara bersamaan tanpa memerlukan zona anoksik terpisah. Penggunaan *P. aeruginosa* pada biofilter memiliki efisiensi mereduksi nitrat sebesar 98% [19]. Hal tersebut menjadikan metode ini lebih unggul dibandingkan metode pengolahan lainnya yang hanya mengandalkan bakteri *indigenous*. Penelitian ini menggunakan isolat *Pseudomonas aeruginosa* FNCC-0063 yang merupakan koleksi dari Pusat Studi Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada. Meskipun *P. aeruginosa* telah dikenal efektif dalam denitrifikasi aerob, penelitian yang membahas aplikasinya dalam sistem biofilter masih terbatas sehingga diperlukan kajian lebih lanjut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi penggunaan *Pseudomonas aeruginosa* FNCC-0063 pada sistem biofilter untuk reduksi nitrat (NO_3-N) pada limbah cair tahu. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi efektif dan ramah lingkungan untuk mengurangi pencemaran nitrat dari limbah cair tahu.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Berapa pertumbuhan biofilm pada media biofilter serat katun?
2. Bagaimana efektivitas penyisihan nitrat (NO_3-N) pada limbah cair tahu melalui sistem biofilter dengan penambahan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* FNCC-0063?
3. Bagaimana perbandingan pengaruh penambahan *Pseudomonas aeruginosa* FNCC-0063 dan tanpa penambahan *Pseudomonas aeruginosa* terhadap penyisihan nitrat (NO_3-N) pada limbah cair tahu melalui sistem biofilter?
4. Berapa waktu optimum untuk penyisihan nitrat (NO_3-N) pada limbah cair tahu melalui sistem biofilter dengan penambahan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* FNCC-0063?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengukur pertumbuhan biofilm pada media biofilter serat katun.
2. Menganalisis efektivitas penyisihan nitrat (NO_3-N) pada limbah cair tahu melalui sistem biofilter dengan penambahan *Pseudomonas aeruginosa* FNCC-0063.
3. Membandingkan pengaruh penambahan *Pseudomonas aeruginosa* FNCC-0063 dan tanpa penambahan *Pseudomonas aeruginosa* terhadap penyisihan nitrat (NO_3-N) pada limbah cair tahu melalui sistem biofilter.
4. Menganalisis waktu optimum untuk penyisihan nitrat (NO_3-N) pada limbah cair tahu melalui sistem biofilter dengan penambahan *Pseudomonas aeruginosa* FNCC-0063.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini, yaitu memberikan informasi efektivitas pengolahan limbah cair tahu menggunakan teknologi biofilter tercelup dengan penambahan *Pseudomonas aeruginosa* FNCC-0063 dan media filter dari serat katun dalam menurunkan kadar nitrat (NO_3-N), dan parameter organik (BOD dan COD).

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini meliputi:

1. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium.
2. Penelitian ini tidak mengkaji terkait susunan media filter dan ketahanan media filter serat katun.

1.6 Kebaruan Penelitian

Penelitian yang mengkaji penggunaan *Pseudomonas aeruginosa* untuk menurunkan kadar nitrat telah dilakukan oleh berbagai peneliti, seperti penelitan yang menguji kemampuan *Pseudomonas aeruginosa* menurunkan kadar nitrat (NO_3-N) secara *in vitro* atau pada media pertumbuhan bakteri yang ditambahkan kandungan nitrat [20], [21]. Penelitian mengenai pengaplikasiannya di biofilter secara mandiri masih terbatas. Berikut beberapa penelitian terdahulu mengenai pemanfaatan *Pseudomonas aeruginosa* untuk menurunkan nitrat dijelaskan pada **Tabel 1.1**.

Tabel 1.1 Penelitian Terdahulu

No.	Penulis	Judul	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hipotesis/ Hasil
1.	Nicoleta-Oana Nicula; Eduard-Marius Lungulescu; Gimi A. Rimbu; Andreea Culcea; Ortansa Csutak (2022)	*Nutrient and Organic Pollutants Removal in Synthetic Wastewater by Pseudomonas aeruginosa and Chryseobacterium sp./Biofilter Systems*	● Mengkaji kemampuan strain bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Chryseobacterium sp*. untuk membentuk biofilm pada penyangga padat (biofilter), baik secara individu maupun bersama-sama. ● Mengetahui efisiensi sistem biofilm/biofilter dalam menghilangkan nutrisi seperti nitrat, nitrit, amonium, dan ion fosfat dari air limbah kota	Pengolahan air limbah menggunakan biofilter dengan menambahkan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Chryseobacterium sp*.	Terjadi pengurangan polutan hingga 91%, 98%, 55%, dan 71% untuk nitrit, nitrat, amonium, dan ion fosfat, serta 78% COD

No.	Penulis	Judul	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hipotesis/ Hasil
2.	Essam J. Alyamani; Rayan Y. Booq; Ali H. Bahkali; Sulaiman A. Alharbi (2020)	*Effect of Denitrifying Bacterial Biomass and Carbon Sources on Nitrate Removal*	Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi proses denitrifikasi oleh *Pseudomonas aeruginosa* meliputi sumber karbon, pH, dan inokulum bakteri	Isolasi *Pseudomonas aeruginosa* dari sampel tanah di Arab Saudi. Strain ditumbuhkan dalam media *mineral broth* menggunakan tiga sumber karbon berbeda dengan konsentrasi berbeda. Waktu inkubasi dan tingkat pH bervariasi.	Tingkat denitrifikasi tertinggi adalah dengan sumber karbon glukosa setelah 18 jam dan sukrosa dan selulosa setelah 24 jam. Inokulum tertinggi, antara 0,8% hingga 1% dari OD600=1, dan pH 7-9.
3.	Qiang An; Shuman Deng; Jia Xu; Hongyan Nan; Zheng Li; Jia-Li Song (2020)	*Simultaneous reduction of nitrate and Cr (VI) by Pseudomonas aeruginosa strain* G12 *in wastewater*	Mengkaji kemampuan bakteri *Pseudomonas aeruginosa strain G12* dalam mereduksi nitrat dan Cr (VI) secara simultan	*Pseudomonas aeruginosa* G12 yang diisolasi dari lumpur limbah digunakan dalam pengujian melalui serangkaian percobaan batch yang di ditransplantasikan ke dalam media denitrifikasi aerobik (DM).	*Pseudomonas aeruginosa strain* G12 dapat secara efektif menghilangkan NO_3^--N (500 mg/L) dan Cr (VI) (10 mg/L) masing-masing sebesar 98% dan 93%.

Meninjau penelitian terdahulu, kebaruan penelitian yang akan dilakukan adalah penggunaan *Pseudomonas aeruginosa* FNCC-0063 yang diaplikasikan pada biofilter senar dengan bahan media filter berupa serat katun yang secara khusus untuk mereduksi nitrat pada limbah cair tahu. Selain itu, pengujian dilakukan seperti penerapan biofilter senar pada kondisi lapangan. Dengan demikian, penelitian yang dilakukan tergolong masih baru. Adapun kontribusi masing-masing jurnal yang telah disebutkan pada **Tabel 1.1** adalah sebagai bahan untuk menyusun *state of art*, yaitu terkait dengan kumpulan teori, dan referensi baik yang mendukung penelitian agar penelitian yang akan dilakukan menjadi semakin kokoh.