

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri pengolahan tahu merupakan salah satu sektor bisnis terbesar di negara-negara Asia, khususnya di Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2020), jumlah industri tahu yaitu sebanyak 160.000 industri tahu di Indonesia. Industri tahu dalam pengolahannya, masih menggunakan teknologi yang sederhana dan banyak diantaranya tidak memiliki fasilitas pengolahan limbah (Dewi *et al.*, 2020). Limbah yang dihasilkan terdiri dari limbah padat yang berupa ampas tahu dan limbah cair dihasilkan pada proses pencucian kedelai, perebusan, perendaman, penyaringan hingga pencetakan tahu (Sayow *et al.*, 2020). Rata-rata, industri tahu menghasilkan sekitar 4000 liter limbah cair setiap harinya (Arethusa & Ariyanti, 2014). Limbah cair tersebut seringkali dibuang langsung ke saluran pembuangan air, badan air hingga ke sungai tanpa melalui proses pengolahan sebelumnya (Dewi *et al.*, 2020).

Limbah cair tahu mengandung berbagai zat organik seperti protein dan asam amino baik dalam bentuk padatan yang terlarut maupun tersuspensi (Sari *et al.*, 2022). Zat organik di dalam limbah akan mempengaruhi kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical oxygen Demand* (COD), dan *Total Padatan Tersuspensi* (TSS) yang tinggi serta *Dissolved Oxygen* (DO) dan pH yang cenderung sangat rendah. Penelitian oleh Deffy *et al.*, (2020) melaporkan bahwa zat organik dalam limbah cair tahu melebihi dari buku mutu, dengan nilai COD sebesar 974,542 mg/l, dan nilai TSS sebesar 289 mg/l sedangkan untuk kadar nilai DO pada limbah cair tahu yaitu 0.83 mg/l (Sepriani *et al.*, 2016). Selain itu, zat organik dari limbah tahu akan terdekomposisi menjadi gas-gas seperti hidrogen sulfida (H₂S), nitrogen (N₂), ammonia (NH₃), karbondioksida (CO₂), dan metana (CH₄) (Pagoray *et al.*, 2021). Apabila limbah ini di alirkan ke sungai tanpa diolah terlebih dahulu dapat menurunkan kualitas perairan dan terganggunya kehidupan biota perairan. Hasil penelitian Pagoray *et al.*, (2021) menunjukkan bahwa limbah cair tahu mempengaruhi pola renang dan tingkah laku yang tidak wajar pada ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) Oleh karena itu, diperlukan metode yang efektif untuk mengurangi kadar polutan yang dapat menurunkan kualitas perairan yang dihasilkan dari limbah cair industri tahu.

Bioremediasi merupakan salah satu metode dalam mengatasi suatu pencemaran dimana proses nya menghasilkan pembersihan yang lebih optimal dalam memecah senyawa toksik pada suatu pencemaran (Kusdini *et al.*, 2024). Bioremediasi ditetapkan menjadi salah satu cara yang disarankan oleh Pemerintah Indonesia untuk mengatasi limbah berbahaya, yang diatur dalam

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 Tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Bioremediasi adalah suatu proses untuk menghilangkan kontaminan pada lingkungan baik di tanah ataupun air yang telah tercemar dengan menggunakan organisme hidup seperti bakteri, jamur, alga dan tanaman untuk mendegradasi senyawa organik yang terkandung dalam polutan tersebut (Nuryana, 2017).

Bakteri merupakan salah satu organisme yang digunakan sebagai agen bioremediasi. Bakteri secara alami mampu memecah senyawa yang kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana. Selama proses bioremediasi, enzim yang dihasilkan oleh bakteri membantu mengubah struktur polutan dalam limbah menjadi struktur yang lebih sederhana yang aman bagi lingkungan (Safitri *et al.*, 2015). Bakteri juga efektif dalam mengurangi kandungan bahan organik dalam limbah cair tahu, ditandai dengan peningkatan nilai pH serta penurunan nilai COD dan BOD (Ken *et al.*, 2019). Salah satu bakteri yang berpotensi menjadi agen bioremediasi adalah *Bacillus subtilis*. Bakteri ini dapat hidup di berbagai ekosistem dan mampu bertahan hidup di dalam lingkungan yang telah tercemar (Ojuederie & Babalola, 2017). *B. subtilis* sering digunakan dalam bioremediasi pencemaran logam berat seperti kromium. Balamurugan *et al.*, (2014) melaporkan *B. subtilis* mampu menyisihkan 95,19% limbah cair kromium. *B. subtilis* memiliki karakteristik fisiologis yang menarik yaitu dapat mendegradasi senyawa organik, termasuk pati, protein, dan lemak dengan cara menghasilkan enzim proteolitik, lipolitik dan amilolitik. Adanya enzim-enzim ini mendukung kelangsungan hidup bakteri dengan menyediakan nitrogen yang dapat diserap ke dalam sel *B. subtilis* tersebut (Khastini *et al.*, 2022). Dengan sifat-sifat ini, *B. subtilis* memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan sebagai agen pengurai limbah yang mengandung protein seperti pada limbah industri tahu.

Effective Microorganisme-4 (EM₄) merupakan konsorsium mikroorganisme yang saling bekerja sama dan bermanfaat. EM₄ sering digunakan dalam mendegradasi suatu limbah dan dijadikan salah satu proses bioremediasi. Campuran mikroorganisme fermentatif yang membentuk EM₄ akan bekerja sama dalam meningkatkan nutrisi atau zat hara dan mengurangi zat pencemar (Aini *et al.*, 2023). Menurut Siswati (2009). Bakteri asam laktat yang terdapat pada EM₄ akan bekerja memfermentasikan bahan organik menjadi asam laktat, yang membantu mempercepat proses penguraian bahan organik, yang akan diikuti oleh jamur fermentasi yang dapat mengolah bahan organik menjadi senyawa-senyawa lebih sederhana (Sari *et al.*, 2022). EM₄ dapat diaplikasikan dalam bioremediasi karena pada penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa larutan

EM₄ mampu mengurangi kadar COD sebesar 96% dari 9,256 mg/l menjadi 360 mg/l dan menetralkan pH limbah cair tahu yang bersifat asam (Munawaroh *et al.*, 2013).

Penelitian yang dilakukan oleh Utomo *et al.*, (2022) yaitu membandingkan kemampuan bioremediasi *Bacillus subtilis* dan EM₄, namun hingga saat ini belum ada penelitian yang menggabungkan ataupun mengkombinasikan keduanya. Berdasarkan uraian tersebut, penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang bioremediasi menggunakan bakteri kultur tunggal (*Bacillus subtilis*) dan konsorsium mikroorganisme (EM₄) serta kombinasi dari (*Bacillus subtilis* + EM₄) pada limbah cair tahu. Oleh karena itu, dilaksanakan penelitian tentang “Efektivitas *Bacillus subtilis*, *Effective Microorganisms-4* (EM₄) dan Kombinasinya Sebagai Agen Bioremediasi dalam Mengurangi Kadar Polutan Limbah Cair Tahu”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana efektivitas *Bacillus subtilis*, EM₄ dan Kombinasi (*Bacillus subtilis* + EM₄) dalam mengurangi kadar polutan limbah cair tahu?
2. Bagaimana formulasi *Bacillus subtilis*, EM₄ dan Kombinasi (*Bacillus subtilis* + EM₄) yang paling efektif sebagai agen bioremediasi dalam mengurangi kadar polutan limbah cair tahu?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk menguji efektivitas *Bacillus subtilis*, EM₄ dan Kombinasi keduanya dalam mengurangi kadar polutan limbah cair tahu.
2. Untuk membandingkan efektivitas antara *Bacillus subtilis*, EM₄ dan Kombinasi keduanya dalam mengurangi kadar polutan limbah cair tahu.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan pengetahuan di bidang bioremediasi mengenai potensi bakteri *Bacillus subtilis* dan EM₄ serta kombinasi keduanya sebagai agen bioremediasi limbah cair tahu.
2. Bagi pemilik industri tahu dan masyarakat, hasil penelitian ini dapat menjadi informasi tentang pengolahan limbah cair tahu yang baik melalui metode bioremediasi sehingga tidak menurunkan kualitas perairan dan merusak lingkungan.