

I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara produksi bioetanol tertinggi selain Brasil, India, dan China (OECD/FAO, 2019). Permintaan produksi bioetanol banyak digunakan sebagai disinfektan dan energi terbarukan. Tebu dan molase merupakan sumber utama dalam agro-industri bioetanol di Indonesia. Pada industri besar seperti PT Madubaru Madukismo, Yogyakarta kapasitas produksi sekitar 25.000\ liter alkohol per hari, yang terbagi menjadi bioetanol prima (kadar $\geq 95\%$) dan bioetanol teknis (kadar $< 95\%$). Permasalahan lingkungan timbul seiring bertambahnya industri bioetanol dikarenakan dalam proses produksi bioetanol menghasilkan limbah cair yaitu vinasse dalam jumlah yang sangat banyak (Yuliasni *et al.*, 2021). Limbah vinasse dicirikan sebagai limbah cair yang memiliki volume besar (9 - 14 L vinasse per liter bioetanol yang diproduksi), tingkat keasaman yang tinggi (pH 3,5 - 5), nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang tinggi (70000-150000 mg/L) (Santos *et al.*, 2017), serta kaya akan sumber karbon tetapi rendah nitrogen. Berdasarkan karakteristik limbah vinasse secara umum, limbah vinasse dapat menyebabkan perubahan sifat fisik dan kimia tanah yang terdampak oleh vinasse sehingga menimbulkan dampak buruk bagi pertanian dan biota secara umum (Ottoni *et al.*, 2019). Pemanfaatan vinasse menjadi langkah penting untuk menjaga lingkungan karena volume vinasse yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan

bioetanol yang diproduksi. Beberapa penelitian memanfaatkan vinasse untuk aplikasi biogas (Balakrishnan, 2024), *Microbial Fuel Cell* (MFC) (Otoni *et al.*, 2019) dan *Microbial Electrolysis Cell* (MEC) (Chavez *et al.*, 2025) menggunakan bantuan berbagai mikroorganisme. Pemanfaatan limbah vinasse sebagai substrat untuk aplikasi MFC/MEC dapat menjadi solusi pengolahan vinasse dan alternatif sumber energi ramah lingkungan.

Pre-treatment pada vinasse dilakukan sebagai upaya mengurangi warna pekat dan toksisitas pada vinasse serta menciptakan kondisi yang dapat mendukung pertumbuhan *Shewanella* sp. Penyesuaian pH optimal bagi *Shewanella* sp. yaitu pH 7 (Rodriguez *et al.*, 2024). Pengurangan senyawa toksik terutama senyawa fenol dalam vinasse dapat menggunakan karbon aktif seperti arang (Nadir *et al.*, 2023) dan penjernihan menggunakan tawas (Prajapati & Cudhari, 2015). Pemanfaatan limbah vinasse sebagai material produksi biohidrogen telah diteliti oleh Nusaibah *et al.* (2020) dengan agen bakteri *Rhodobium marinum*, dilakukan *pre-treatment* pada limbah vinasse berupa filtrasi, penyesuaian pH 8, dan sterilisasi. Karakteristik pada limbah vinasse yang digunakan yaitu berasal dari PT Madukismo, Yogyakarta dengan total nitrogen 83,10 mg/L dan COD 58.433 mg/L. Tingkat produksi biohidrogen dan penghilangan COD tertinggi yaitu pada variasi COD 50.000 mg/L setelah pengamatan selama 9 hari.

Limbah vinasse tebu memiliki karakteristik yang kompleks dan bergantung pada varietas tanaman tebu yang digunakan, sistem pengolahan

lahan (pupuk yang digunakan, jenis tanah, kandungan nutrisi tanah), kondisi iklim saat pemanenan, sistem fermentasi dan destilasi, dan seluruh proses dari pembuatan bioetanol dapat mempengaruhi karakteristik vinasse (Godoi *et al.*, 2019). Karakteristik limbah vinasse tebu yang sangat bervariasi dan cenderung toksik menciptakan lingkungan pertumbuhan yang tidak stabil, sehingga analisis konsumsi substrat secara langsung pada limbah mentah sulit menghasilkan data metabolisme yang akurat dan konsisten. Belum banyak penelitian sebagai acuan pemanfaatan limbah vinasse untuk dijadikan substrat pertumbuhan dan material produksi hidrogen menggunakan *Shewanella sp.* Penelitian yang dilaksanakan merupakan studi *screening* yang bertujuan untuk menentukan kondisi optimal media pertumbuhan *Shewanella sp.*, menentukan *pre-treatment* vinasse yang dapat digunakan untuk mengeliminasi faktor penghambat pertumbuhan *Shewanella sp.*, mengetahui nutrisi yang dibutuhkan *Shewanella sp.* yang tidak terdapat dalam vinasse, mengetahui potensi *Shewanella sp.* dalam mengonsumsi glukosa pada media terkontrol. Pendekatan penelitian yang dilakukan meliputi sampling limbah vinasse, *pre-treatment* limbah vinasse, karakterisasi terbatas limbah vinasse, *screening* mikroba *Shewanella sp.* pada media limbah vinasse dan media Minimal 9 (M9), dan optimasinya. Penelitian yang dilakukan akan digunakan sebagai dasar penelitian lebih lanjut ke dalam aplikasi MFC/MEC menggunakan limbah cair dan *Shewanella sp.* sebagai agen mikroba.

Pada penelitian juga dilakukan observasi khusus untuk faktor glukosa yang mempengaruhi pertumbuhan *Shewanella* sp. Pendekatan awal diketahui media M9 mengandung glukosa dan sebagai *artificial wastewater* (model limbah vinasse) sehingga digunakan untuk model degradasi glukosa. Strategi penelitian menekankan pengamatan dan pengambilan data pada komponen N dan C, faktor lainnya tidak dilakukan observasi dan pengambilan data (BOD/COD).

1.2.Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian, yaitu:

1. Apakah limbah vinasse dapat dimanfaatkan sebagai media alternatif pertumbuhan *Shewanella* sp.?
2. Apakah *pre-treatment* yang dilakukan berpengaruh nyata terhadap limbah vinasse ?
3. Bagaimana pertumbuhan *Shewanella* sp. yang ditumbuhkan menggunakan media limbah vinasse?.
4. Bagaimana potensi *Shewanella* sp. dalam mengonsumsi glukosa pada media M9 sebagai model limbah yang mengandung glukosa?

1.3. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, diketahui tujuan penelitian, yaitu

1. Memanfaatkan limbah vinasse sebagai substrat pertumbuhan *Shewanella* sp.
2. Mengetahui *pre-treatment* vinasse yang dapat digunakan untuk mendukung pertumbuhan *Shewanella* sp.
3. Mengetahui nutrisi yang dibutuhkan *Shewanella* sp. yang tidak terdapat dalam vinasse untuk pertumbuhan *Shewanella* sp..
4. Mengetahui potensi *Shewanella* sp. dalam mengonsumsi glukosa pada media M9 yang digunakan sebagai model limbah yang mengandung glukosa.

1.4. Manfaat

Penelitian yang dilaksanakan mempunyai manfaat dan kegunaan sebagai berikut:

1. Memberikan pengetahuan potensi limbah vinasse sebagai media pertumbuhan *Shewanella* sp.
2. Memberikan kontribusi bagi pengembangan pemanfaatan limbah vinasse dan aplikasi bioenergi.
3. Menjadi dasar bagi penelitian lebih lanjut tentang pemanfaatan limbah vinasse dalam bidang bioenergi.