

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Produksi hidrogen saat ini banyak dikembangkan sebagai alternatif energi bersih untuk menggantikan bahan bakar fosil. Potensi ini semakin diperkuat dengan dukungan kebijakan pemerintah yang memberikan insentif untuk pengembangan energi terbarukan, dimana target yang menjadi bagian dari komitmen Indonesia untuk mencapai *net zero emission* (NZE) pada 2060 (KESDM, 2024). Pengembangan alternatif seperti hidrogen didorong pada Kebijakan Energi Nasional sesuai PP Nomor 22 Tahun 2017, regulasi tersebut sejalan dengan penguatan ketahanan energi melalui inovasi baruan EBT, sekaligus inisiatif pada pengembangan sumber energi terbarukan yang mudah diperoleh bersifat ramah lingkungan dan dapat diperbarui (Warisaura dkk., 2024). Salah satu alternatif energi bersih untuk menggantikan bahan bakar fosil yaitu biohidrogen (Akita dkk., 2024). Biohidrogen merupakan bahan bakar bersih yang memiliki nilai kalor 120,1 MJ/Kg atau hampir tiga kali lipat lebih besar dari energi yang dihasilkan oleh pembakaran gasoline (Sinaga dan Praevia, 2022).

Produksi biohidrogen dapat dihasilkan melalui fermentasi secara efektif dengan memanfaatkan sumber daya dari biomassa atau limbah organik dan menghasilkan hidrogen dengan kemurnian tinggi (Zhang dkk., 2024). Penggunaan limbah organik sebagai substrat untuk memproduksi biohidrogen dipengaruhi oleh kandungan karbon dan nitrogen (Ulma dkk., 2024). Selain itu, kemudahan dalam memproduksi biohidrogen dapat dilakukan pada suhu dan tekanan lingkungan normal dalam produksi, didukung dengan bahan baku dan bakteri yang tersedia secara alami (Amalia dkk., 2021).

Limbah kulit pisang tersedia dalam jumlah yang cukup melimpah. Jumlah produksi pisang di Indonesia sangat signifikan, menurut Badan Pusat Statistik (BPS) data produksi pisang menghasilkan 9,34 juta ton pada tahun 2023. Jember menjadi kabupaten penghasil pisang terbesar ke-3 mencatatkan panen sebanyak 1.724.191 pada tahun 2023. Khususnya, kulit pisang menyumbang sepertiga dari berat buah, dan sekitar 39,9 juta ton kulit pisang diproduksi setiap tahun (Putra

dkk., 2022). Menurut Widyayuningsih dkk., (2022) kulit pisang raja memiliki kandungan karbohidrat sebesar 59,00% lebih tinggi dibandingkan dengan kulit pisang kepok sebesar 40,47%. Bahan yang kaya akan karbohidrat sangat efektif digunakan sebagai substrat karena berperan sebagai sumber karbon bagi mikroorganisme. Karbohidrat adalah senyawa organik yang tersusun atas unsur C, H, dan O. Glukosa merupakan salah satu karbohidrat yang sangat penting dan dibutuhkan sebagai sumber energi untuk pertumbuhan sel dan perkembangan populasi. Menurut (Rashidi et al., 2024) bahan kaya akan gula seringkali menghasilkan produksi H₂ yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan kaya protein atau asam lemak. Kulit pisang diketahui mengandung lignoselulosa sekitar 32,24% yang dapat diuraikan menjadi glukosa sebagai sumber karbon (Ramadhana, 2019). Selain kulit pisang yang kaya akan sumber karbon, limbah vinasse dapat digunakan sebagai substrat karena mengandung sumber nutrisi dan senyawa organik terlarut.

Vinasse merupakan produk samping pembuatan bioetanol dari distilasi etanol, yang dapat berfungsi sebagai substrat dalam fermentasi anaerobik dengan memanfaatkan asam organik dan etanol bisa dengan mudah dimetabolisme oleh mikroorganisme. Komposisi bahan organik dalam vinasse meliputi gliserol, asam asetat, asam laktat, dan etanol. Studi (Tomasini et al., 2025) bahwa produksi hidrogen menggunakan vinasse yang dikombinasi dengan selulosa (substrat kaya karbohidrat) menunjukkan bahwa penggabungan kedua bahan dalam fermentasi memperbaiki konsumsi substrat menghasilkan 58% H₂ dibanding vinasse saja. Pendekatan ini memungkinkan pemanfaatan bahan organik dalam vinasse dan kulit pisang, sehingga menghasilkan pengelolaan simultan dua jenis limbah.

Pemilihan substrat yang tersedia secara alami dapat dimanfaatkan dengan bantuan bakteri anaerob untuk menghasilkan biohidrogen sebagai sumber makanan dalam proses fermentasi. Fermentasi pada penelitian ini menggunakan fermentasi gelap sistem kontinu. Fermentasi gelap merupakan proses yang digunakan untuk mengubah limbah cair buangan dengan mengurangi beban organik dan tidak memerlukan cahaya matahari yang dapat dilakukan secara kontinu baik siang maupun malam hari (Brindhadevi dkk., 2021). Dalam sistem

kontinyu, pasokan nutrisi dan pembuangan produk fermentasi dilakukan secara konstan. Untuk meningkatkan produksi biohidrogen, selain menggunakan beberapa substrat dan operasi produksi juga perlu diterapkannya penambahan katalis untuk meningkatkan *yield* produksi biohidrogen. Nanokatalis yang dipakai pada produksi biohidrogen yaitu $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, dan $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ dengan penambahan NaOH 2M yang dikalsinasi pada furnace dengan suhu 900°C . Penggunaan nanokatalis memiliki peran penting yang berfungsi sebagai co-faktor pada situs aktif enzim hidrogenase dan nitrogenase (Srivastava dkk., 2020). Nanokatalis bertujuan untuk mengatasi senyawa aktif yang sulit larut, memperbaiki bioavailabilitas yang buruk, memodifikasi sistem penghantaran obat agar dapat langsung menuju daerah yang spesifik, serta meningkatkan stabilitas senyawa aktif terhadap degradasi lingkungan seperti penguraian enzimatik, oksidasi, dan hidrolisis (Tuuk dkk., 2022).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini yang berjudul “Optimasi Penambahan Nanokatalis pada Produksi Biohidrogen Menggunakan Sistem Kontinyu Berbahan Baku Limbah Kulit Pisang dan Vinasse” bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan nanokatalis terhadap peningkatan volume hasil produksi biohidrogen dan persentase degradasi dari bahan organik selama proses fermentasi. Penelitian ini juga diharapkan dapat mengurangi adanya limbah organik pada sekitar serta dapat memanfaatkan sumber nutrisi limbah tahu dan kotoran sapi yang digunakan sebagai *starter* untuk mendorong pengembangan energi biomassa lebih lanjut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang yang telah disampaikan, maka rumusan masalah yang dapat diangkat pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana kondisi optimum penambahan nanokatalis pada produksi biohidrogen dari limbah kulit pisang dan vinasse melalui fermentasi gelap sistem kontinyu?
2. Bagaimana pengaruh penambahan nanokatalis dibandingkan tanpa nanokatalis (kontrol) terhadap produksi biohidrogen dari limbah kulit pisang dan *vinasse*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan acuan dari rumusan masalah diatas, adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menentukan kondisi optimum penambahan nanokatalis pada produksi biohidrogen dari limbah kulit pisang dan vinasse melalui fermentasi gelap sistem kontinyu.
2. Menganalisis pengaruh penambahan nanokatalis dengan kontrol terhadap produksi biohidrogen dari limbah kulit pisang dan vinasse.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengembangkan produksi biohidrogen menggunakan sistem kontinyu dari limbah kulit pisang dan vinasse melalui fermentasi gelap.
2. Mendorong penerapan teknologi ramah lingkungan di masyarakat dan industri.
3. Mengurangi dampak pencemaran limbah kulit pisang dan vinasse melalui proses daur ulang berkelanjutan.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini hanya menggunakan jenis katalis tertentu ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, dan $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$) untuk meningkatkan hasil produksi biohidrogen.
2. Pada penelitian ini perolehan bahan baku limbah kulit pisang berasal dari produksi kripik pisang raja di Tempurejo dan vinasse berasal dari limbah pabrik gula di Mojokerto.
3. Parameter yang diamati hanya meliputi konsentrasi volume biohidrogen dan *volatile solid* (VS).