

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketergantungan yang tinggi terhadap sumber energi fosil menimbulkan dampak serius pada lingkungan terutama peningkatan emisi gas rumah kaca yang berujung pemanasan global dan perubahan iklim. Indonesia sebagai negara kaya akan sumber daya alam mendorong inovasi dan kemajuan dalam bidang Energi Baru dan Terbarukan (EBT) berbasis bahan baku energi (*bioenergy*) seperti yang tercantum pada swasembada energi asta cita presiden dan wakil presiden (ESDM 2024). Menteri ESDM sebut target bauran energi dari Energi Baru dan Terbarukan (EBT) sebesar 23% pada tahun 2025, merupakan langkah strategis dalam transisi energi berkelanjutan yang mendukung pencapaian *Net Zero Emission* (NZE) Indonesia pada tahun 2060 atau lebih cepat.

Beberapa negara telah mulai memprioritaskan elektrifikasi transportasi dan mengeksplorasi potensi pemanfaatan hidrogen sebagai sumber energi alternatif *zero emission*. Hidrogen (H_2) sebagai solusi energi *non-polutif* karena emisi yang dihasilkan berupa uap air (H_2O), fleksibel, dan dapat diperbarui. Hidrogen menghasilkan energi yang cukup tinggi, yaitu sekitar 142,35 kJ/g yang setara dengan 34,02 kcal/g, dimana nilai tersebut 2,75 kali lebih besar dari bahan bakar hidrokarbon (Gondi, *et al.* 2024). Biohidrogen merupakan salah satu proses produksi hidrogen secara biologi yang melibatkan mikroorganisme dalam mengonversi substrat organik (Kurniasari, *et al.*, 2017). Pemanfaatan substrat dengan kandungan karbohidrat tinggi memungkinkan proses konversi melalui *metabolic pathway* asetat dan butirir yang menghasilkan *yield* hidrogen tinggi (Mokhtarani, *et al.*, 2025). Limbah kulit pisang mengandung karbohidrat tinggi terutama kulit pisang raja yaitu sekitar 59% berpotensi sebagai bahan baku yang ekonomis dan berkelanjutan (Azni, *et al.* 2023). Limbah kulit pisang juga merupakan bagian dari limbah agroindustri yang melimpah di Indonesia, namun masih belum dimanfaatkan secara optimal.

Produksi hidrogen dalam *dark fermentation* tergantung pada jenis mode fermentasi yang diterapkan, diantaranya *batch*, *semi-continue*, atau *continue*.

Penelitian produksi biohidrogen melalui proses *dark fermentation* telah banyak dilakukan namun studi tentang *continue dark fermentation* masih cukup terbatas. Pengembangan proses *continue dark fermentation* dilakukan dengan penambahan substrat secara *continue* selama fermentasi tanpa mengeluarkan sesuatu dari sistem (Wibowo and Tjahjana, 2014). *Organic Loading Rate* (OLR) merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi proses fermentasi secara *continue* (Bonanza and Sarto 2016). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Nurkholis dkk., (2017) semakin tinggi nilai OLR maka kadar hidrogen (H_2) juga akan semakin tinggi karena semakin banyak substrat yang tersedia untuk dikonversi oleh mikroba menjadi hidrogen (H_2).

Keberhasilan fermentasi gelap juga sangat dipengaruhi oleh kualitas inokulum yang digunakan. Inokulum yang digunakan berupa kultur campuran dari limbah ampas tahu dan kotoran sapi yang secara alami mengandung mikroorganisme anaerobik dengan kemampuan mendegradasi senyawa organik kompleks. Limbah ampas tahu dan kotoran sapi memiliki kandungan selulosa yang tinggi, yang tidak hanya menjadi nutrisi tambahan tetapi juga mendukung pertumbuhan mikroorganisme fermentatif. Peningkatan hasil produksi biohidrogen juga dapat dicapai melalui penambahan katalis yang berperan dalam mempercepat proses degradasi substrat menjadi senyawa sederhana yang lebih mudah dikonversi oleh mikroorganisme fermentatif. Katalis hidrogen peroksida (H_2O_2) merekayasa jalur metabolisme mikroorganisme, sehingga mendukung peningkatan efisiensi konversi substrat menjadi hidrogen. Penelitian yang dilakukan oleh Amanda (2025) menunjukkan bahwa penambahan katalis dengan konsentrasi 0,8 mM menghasilkan nilai yang cukup signifikan terhadap *yield* biohidrogen yaitu volume sebanyak $103,5 \pm 3,5$ ml, jika dibandingkan dengan tanpa katalis hanya menghasilkan volume sebanyak $1,5 \pm 0,5$ ml.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilaksanakan dengan berfokus menganalisis pengaruh variasi OLR dan variasi konsentrasi katalis hidrogen peroksida (H_2O_2) terhadap optimalisasi produksi biohidrogen secara *continue*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mengembangkan sistem fermentasi

berkelanjutan yang aplikatif dan ramah lingkungan, serta mendukung upaya pemanfaatan limbah biomassa lokal sebagai sumber energi terbarukan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi *Organic Loading Rate* dan konsentrasi katalis H_2O_2 terhadap volume produksi dan nilai *Volatile Solid* (VS) pada sistem *continue dark fermentation*.
2. Bagaimana kondisi optimum kombinasi *Organic Loading Rate* dan konsentrasi katalis H_2O_2 terhadap produksi biohidrogen pada sistem *continue dark fermentation*.

1.3 Tujuan

Untuk menjawab permasalahan yang telah dirumuskan, maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh variasi *Organic Loading Rate* dan konsentrasi katalis H_2O_2 terhadap volume produksi biohidrogen dan nilai *Volatile Solid* (VS) dalam sistem *continue dark fermentation*.
2. Menganalisis kondisi optimum kombinasi variabel *Organic Loading Rate* dan konsentrasi H_2O_2 terhadap produksi biohidrogen menggunakan metode *Respon Surface Method* (RSM).

1.4 Manfaat

Dalam setiap penelitian pastinya akan memberikan manfaat dimasa sekarang maupun masa yang akan datang. Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menambah wawasan dan pengetahuan mengenai pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai bahan baku produksi biohidrogen pengganti bahan bakar fosil yang ramah lingkungan, memiliki nilai kalor yang tinggi tanpa emisi karbon.

2. Menambah wawasan ilmiah terkait pengaruh variasi *Organic Loading Rate*, dan konsentrasi katalis H_2O_2 , terhadap efisiensi produksi biohidrogen.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan masalah supaya fokus kajian tetap terarah. Batasan masalah yang ditetapkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini memanfaatkan kulit pisang raja (*Musa Paradisiaca L.*) sebagai substrat utama yang diperoleh dari limbah organik industri rumah tangga pengolahan keripik pisang di wilayah Jember.
2. Inokulum dari kultur campuran limbah industri tahu yang berada di Kecamatan Summersari dan kotoran sapi segar yang diperoleh dari kandang ternak sapi milik Politeknik Negeri Jember.
3. Penelitian ini difokuskan pada analisis sistem *continue dark fermentation* dengan memvariasikan *Organic Loading Rate* dan konsentrasi katalis H_2O_2 .
4. Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi volume biohidrogen, dan kadar *Volatil Solid (VS)*.