

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Masalah limbah organik di Indonesia semakin mendesak, dengan akumulasi limbah organik mencapai sekitar 62% dari total timbunan sampah 73,2 juta ton per tahun pada tahun 2024 (KLHK, 2024). Berdasarkan Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah menjelaskan pentingnya pengolahan dan pemanfaatan limbah organik agar dapat memiliki nilai jual yang tinggi. Salah satu cara pemanfaatan limbah organik adalah dengan mengubahnya menjadi bahan baku pembuatan bahan bakar biomassa yang sejalan dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 12 Tahun 2023 tentang pemanfaatan bahan bakar biomassa sebagai bahan campuran bahan bakar pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap. Adanya regulasi ini diharapkan mampu mengoptimalkan pengelolaan limbah sekaligus mempercepat pencapaian target bauran energi terbarukan nasional. Salah satu bahan bakar alternatif dari biomassa adalah biohidrogen (Yagmur Goren dan Dincer, 2025) yang didorong dengan Kebijakan Energi Nasional sesuai PP Nomor 22 Tahun 2017.

Biohidrogen adalah gas hidrogen yang tidak menghasilkan emisi karbon dioksida selama proses pembakarannya dan memiliki nilai kalor yang tinggi sebesar 122 Mj/kg, sehingga diakui sebagai sumber energi efisien dan bahan bakar hijau (Elwakeel *et al.* 2023). Gas hidrogen tersebut dihasilkan melalui proses penguraian senyawa organik oleh mikroorganisme yang berlangsung tanpa oksigen atau biasa disebut fermentasi anaerob. Proses produksi biohidrogen dapat memanfaatkan limbah organik seperti limbah pertanian, limbah industri maupun limbah cair dari industri gula. Pemanfaatan bahan baku organik berperan penting dalam menyediakan sumber karbon dan nutrisi untuk mendukung pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme penghasil gas hidrogen. (Anhari dkk. 2016)

Salah satu limbah organik pertanian yang dapat dimanfaatkan atau diolah menjadi biohidrogen adalah kulit pisang, limbah dari kulit pisang dapat menjadi pilihan bahan

baku alternatif karena ketersediaannya yang sangat melimpah. Kulit pisang mengandung karbohidrat dalam jumlah signifikan sekitar 27,64%, terutama berupa selulosa dan pati yang berfungsi sebagai sumber karbon utama dalam produksi biohidrogen (Sogo dkk. 2018). Kandungan karbohidrat yang tinggi dalam substrat berperan penting dalam meningkatkan produksi gas hidrogen oleh bakteri selama proses metabolisme. (Nuraini dkk. 2024)

Variasi substrat yang dapat ditambahkan dalam produksi biohidrogen adalah *vinasse* atau limbah organik cair dari produksi gula. *Vinasse* kaya akan nutrisi seperti kalium sekitar 1,3%, sulfur sebesar 0,4% dan nitrogen sebesar 0,2% (Yuliatun dan Akbar, 2022). Kandungan nutrisi ini berperan sebagai sumber mineral yang diperlukan mikroorganisme penghasil biohidrogen selama proses fermentasi. Nutrisi dalam *vinasse*, khususnya nitrogen berfungsi sebagai kofaktor enzimatik dan membantu dalam sintesis protein serta metabolit mikroba, sehingga mempercepat aktivitas biologis yang menghasilkan gas hidrogen. (Nusaibah dkk. 2020)

Berdasarkan data yang dirilis oleh Badan Pusat Statistik (BPS), Indonesia menghasilkan sekitar 9,34 juta ton pisang pada tahun 2023. Tingginya produksi ini berkontribusi pada akumulasi limbah kulit pisang yang mencapai 9,8 juta ton per tahun. Selain itu, limbah *vinasse* dari industri gula juga sering kali tidak dimanfaatkan secara optimal dan hanya berakhir di tempat pembuangan akhir (TPA). Kedua jenis limbah tersebut dapat menimbulkan masalah lingkungan jika tidak ditangani dengan baik, akumulasi limbah kulit pisang dan limbah *vinasse* dapat menyebabkan pencemaran tanah dan air, serta mengganggu kesehatan masyarakat.

Variasi komposisi dari kulit pisang yang mengandung selulosa dengan kadar yang cukup tinggi, yaitu sebesar 25-35% (Wang *et al.* 2021), dikombinasikan dengan *vinasse* yang mengandung nitrogen sebesar 0,2%, dapat dimanfaatkan sebagai substrat utama dalam produksi hidrogen. Selulosa yang terkandung dalam kulit pisang berperan sebagai sumber karbohidrat kompleks yang dapat dihidrolisis menjadi gula sederhana, sehingga menjadi substrat utama untuk mikroorganisme penghasil hidrogen selama proses fermentasi (Nuraini dkk. 2024). Selain itu, kandungan nitrogen dalam *vinasse*

membantu pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme, mempercepat proses fermentasi dan meningkatkan efisiensi produksi biohidrogen. (Wibowo 2017)

Penelitian tentang kombinasi substrat dapat meningkatkan produksi gas hidrogen telah banyak dilakukan, diantaranya Muhlis dkk (2022) menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi substrat mampu meningkatkan produksi biohidrogen sebesar 2,3 kali lipat dibandingkan dengan penggunaan substrat tunggal. Hasil penelitian tersebut mengindikasikan bahwa interaksi berbagai jenis limbah organik sebagai substrat mampu menciptakan sistem fermentasi yang lebih optimal. Kondisi tersebut sesuai untuk tempat berkembangnya mikroorganisme yang dapat mengubah karbohidrat menjadi biohidrogen. (Muhlis dkk. 2022)

Pemanfaatan limbah kulit pisang dan *vinasse* dalam produksi biohidrogen menjadi alternatif dalam menangani limbah organik. Proses konversi ini berpotensi menghasilkan bahan bakar rendah emisi yang berkelanjutan. Biohidrogen yang dihasilkan dapat mengurangi emisi karbon sebesar 30% pada tahun 2030 (Safarudin and Syahrul 2023). Langkah pemanfaatan limbah organik ini sejalan dengan upaya global dalam menekan dampak perubahan iklim dan mendorong transisi menuju *green-fuel*.

Berdasarkan uraian diatas, dilakukan penelitian tentang pembuatan biohidrogen dengan variasi komposisi bahan baku dari kulit pisang dan *vinasse* dengan proses fermentasi gelap berbasis kontinyu, dengan harapan dapat menghasilkan biohidrogen yang optimal. Oleh karena itu peneliti mengambil topik “Optimasi Variasi *Co-Substrat* Limbah Kulit Pisang Raja dan *Vinasse* Berbasis Sistem Kontinyu Sebagai Upaya Peningkatan Produksi Biohidrogen”.

## **1.2 Rumusan Masalah Penelitian**

Rumusan masalah berdasarkan penjabaran latar belakang pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana kondisi optimum sistem kontinyu melalui fermentasi gelap terhadap efisiensi produksi biohidrogen dari limbah kulit pisang dan *vinasse*?
2. Bagaimana pengaruh konsorsium substrat kulit pisang raja dan *vinasse* terhadap optimasi produksi biohidrogen?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah diatas, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kondisi optimum proses fermentasi gelap sistem kontinyu terhadap produksi biohidrogen dari konsorsium substrat kulit pisang dan *vinasse*.
2. Menganalisis pengaruh kombinasi substrat kulit pisang raja dan *vinasse* terhadap efisiensi produksi biohidrogen melalui proses fermentasi gelap.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Mendorong masyarakat dan individu untuk menerapkan teknologi ramah lingkungan.
2. Mengurangi dampak pencemaran limbah kulit pisang dan *vinasse* melalui proses daur ulang yang berkelanjutan.
3. Mengembangkan metode produksi biohidrogen dari limbah kulit pisang dan *vinasse* melalui fermentasi gelap sistem kontinyu.

### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Pada penelitian ini perolehan bahan baku limbah kulit pisang raja berasal dari produksi rumah tangga keripik pisang raja di Tempurejo.
2. Pada penelitian ini perolehan bahan baku *vinasse* yang digunakan adalah limbah dari pabrik gula PT. Energi Agro Nusantara di Mojokerto.
3. Pada penelitian ini tidak mengukur kadar COD dan BOD
4. Parameter yang diamati hanya volume biohidrogen yang dihasilkan dan nilai *volatile solid*