

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biogas merupakan salah satu dari beberapa macam energi terbarukan yang tersedia saat ini. Berdasarkan pada Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang kebijakan Energi Nasional, Pemerintah Indonesia bertujuan untuk meningkatkan penggunaan energi baru dan terbarukan minimum 23% pada Tahun 2025 dan 31% di Tahun 2050. Terbitnya Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 juga dapat menjadi landasan mengapa energi terbarukan menjadi sangat dibutuhkan ke depannya termasuk biogas itu sendiri.

Seiring dengan menurunnya jumlah ternak kambing di Indonesia akan berbanding lurus dengan menurunnya produk limbah dari hewan ternak tersebut. Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat bahwa populasi kambing di Indonesia menurun dari 18.560.835 ekor pada tahun 2022 menjadi 15.710.005 ekor pada tahun 2024. Menurunnya jumlah ternak akan mempengaruhi jumlah produksi dari biogas. Konsentrasi biogas menjadi hal yang patut diperhitungkan. Komoditas kambing saat ini sulit untuk ditingkatkan. Maka kemurnian biogas menjadi sesuatu hal yang penting agar limbah dapat dimanfaatkan secara maksimal. Gas karbon dioksida CO_2 merupakan komposisi dengan konsentrasi tertinggi kedua setelah gas metana (CH_4). CO_2 merupakan salah satu komponen pengotor pada biogas. Kandungan CO_2 yang tinggi dapat mempengaruhi nyala api yang tidak stabil sehingga dapat mempengaruhi proses pembakaran

Biogas merupakan produk hasil akhir dari metabolisme bakteri yang mendegradasi bahan organik secara anaerobik dalam lingkungan yang terbebas dari udara atau minim oksigen. Komposisi biogas yang dihasilkan dari fermentasi tersebut adalah gas metana (CH_4) sekitar 54% - 70% serta gas karbon dioksida (CO_2) sekitar 27% -54%). Usaha untuk mengurangi CO_2 pada biogas akan meningkatkan kualitas pembakaran dan kalori biogas (Nurhasanah dkk., 2006).

Salah satu metode pemurnian biogas yang efektif adalah dengan menggunakan system *pressure swing adsorption* (PSA). Sistem PSA memanfaatkan kemampuan adsorpsi selektif material adsorben untuk memisahkan

komponen gas berdasarkan perbedaan sifat fisiknya. Zeolit merupakan material adsorben yang potensial untuk pemurnian biogas karena memiliki kemampuan adsorpsi CO₂ yang tinggi (Mulu *dkk.*, 2021). Zeolit 13X memiliki struktur pori yang seragam dan luas permukaan yang besar, sehingga mampu menyerap CO₂ secara efektif (Liu *dkk.*, 2024). Kemampuan adsorpsi selektif CO₂ oleh zeolit 13X ini menjadi kunci dalam proses pemurnian biogas, karena CO₂ merupakan kontaminan utama yang perlu dihilangkan untuk meningkatkan nilai kalor biogas. Zeolit adalah salah satu bahan adsorben yang dapat menurunkan konsentrasi CO₂. Zeolit berbeda dengan bahan adsorben lainnya seperti karbonaktif ataupun silika gel. Zeolit merupakan adsorben yang memiliki ukuran pori yang sangat kecil jika dibandingkan dengan 2 adsorben yang disebutkan sebelumnya, sehingga zeolit hanya mampu menyerap molekul – molekul yang berdiameter lebih kecil dari diameter rongga zeolit, sebaliknya molekul yang berdiameter sama atau lebih besar akan tertahan dan hanya melintasi partikel. Dalam keadaan normal ruang hampa pada pori – pori zeolit akan terisi oleh molekul air (H₂O). Oleh karena itu, pemahaman mendalam mengenai interaksi antara zeolit dan komponen gas dalam biogas, termasuk bagaimana proses regenerasi memulihkan kapasitas adsorpsi, sangat penting untuk desain sistem *PSA* yang optimal.

Penelitian ini difokuskan pada perancangan dan pengujian sistem *PSA* berbasis zeolit 13X untuk memurnikan biogas dari limbah kotoran kambing, dengan tujuan utama untuk meningkatkan kandungan metana. Pemilihan kotoran kambing didasarkan pada ketersediaannya yang melimpah di daerah pedesaan serta kandungan bahan organik yang tinggi, sehingga berpotensi menghasilkan biogas dalam jumlah besar dan kontinyu. Dengan memurnikan biogas hasil fermentasi ini melalui sistem *PSA*, diharapkan kandungan CH₄ dapat ditingkatkan secara signifikan untuk memenuhi standar kualitas energi.

Lebih lanjut, penelitian ini akan mengevaluasi pengaruh berbagai parameter operasi, seperti tekanan kerja, laju alir gas, serta waktu siklus adsorpsi dan desorpsi, terhadap efisiensi pemurnian dan peningkatan kadar metana. Pemahaman terhadap parameter ini penting dalam mengoptimalkan desain dan

pengoperasian sistem *PSA*, sehingga diperoleh hasil yang maksimal dalam konteks efisiensi dan selektivitas pemisahan gas.

Sebagai bagian dari evaluasi menyeluruh, penelitian ini juga akan melakukan perbandingan antara sistem *PSA* berbasis zeolit 13X dengan filter biogas komersial yang tersedia di pasaran. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana keunggulan atau keterbatasan sistem *PSA* dalam hal kinerja pemurnian dan potensi implementasi di lapangan, khususnya pada skala rumah tangga atau komunitas peternakan kecil.

Dengan pendekatan tersebut, diharapkan sistem *PSA* yang dirancang tidak hanya mampu meningkatkan kualitas gas metana, tetapi juga menjadi solusi teknologi yang aplikatif dan ekonomis untuk pengolahan biogas di tingkat masyarakat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja sistem *PSA* dengan zeolit 13X dalam meningkatkan kandungan metana biogas yang dihasilkan dari limbah kotoran kambing, serta berapa efisiensi kemurnian yang dapat dicapai
2. Bagaimana pengaruh parameter operasi (waktu adsorpsi/desorpsi) terhadap kinerja sistem *PSA*?
3. Bagaimana perbandingan kinerja sistem *PSA* dengan zeolit 13X dibandingkan dengan filter biogas komersial yang ada di pasaran?

1.3 Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengimplementasi sistem *PSA* dengan zeolit 13X untuk pemurnian biogas dari limbah kotoran kambing, serta menganalisis kinerjanya termasuk efisiensi pemurnian dan peningkatan kandungan metana
2. Menentukan pengaruh parameter operasi (waktu adsorpsi/desorpsi) terhadap kinerja sistem *PSA*.

3. Membandingkan kinerja sistem *PSA* dengan zeolit 13X dengan filter biogas komersial yang ada di pasaran.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini meliputi:

1. Menambah pengetahuan dan pemahaman tentang teknologi pemurnian biogas menggunakan sistem *PSA* dan zeolit 13X.
2. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang energi terbarukan.
3. Memberikan solusi praktis untuk meningkatkan kualitas biogas dari limbah kotoran kambing.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus penelitian, batasan masalah yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

1. Pengujian alat menggunakan bahan yang berasal dari biodigester yang terletak di Desa Suco Kabupaten Jember
2. Indikator keberhasilan dilihat dari meningkatnya konsentrasi CH_4 dan menurunnya konsentrasi CO_2 yang terkandung dari hasil setelah dimurnikan menggunakan *PSA*
3. Adsorben yang digunakan adalah zeolit 13x (sintetis)