

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan salah satu kebutuhan fundamental dalam kehidupan manusia modern. Hampir seluruh sektor kehidupan, mulai dari transportasi, industri, hingga rumah tangga, sangat bergantung pada ketersediaan energi. Selama berabad-abad, energi fosil seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara menjadi sumber energi utama yang mendorong pertumbuhan ekonomi global. Namun demikian, ketergantungan berlebih pada energi fosil menimbulkan dua permasalahan besar, yaitu keterbatasan sumber daya dan dampak lingkungan. Sumber energi fosil bersifat tidak terbarukan sehingga jumlahnya semakin menipis seiring meningkatnya konsumsi. Di sisi lain, pembakarannya menghasilkan emisi gas rumah kaca yang mempercepat laju perubahan iklim (Tjiwidjaja & Salima, 2023). Kondisi ini mendorong perlunya pengembangan energi alternatif yang bersih, berkelanjutan, dan ramah lingkungan.

Salah satu energi terbarukan yang banyak dikaji adalah biogas. Biogas merupakan hasil fermentasi anaerobik bahan organik seperti kotoran ternak, limbah pertanian, sampah rumah tangga, dan sisa industri makanan. Proses ini melibatkan aktivitas mikroorganisme yang memecah bahan organik dalam kondisi tanpa oksigen sehingga menghasilkan campuran gas (Indriyani et al., 2022). Komponen utama biogas adalah metana (CH_4) sebesar 50–70% dan karbon dioksida (CO_2) sebesar 25–45%, sedangkan sisanya berupa gas pengotor seperti hidrogen sulfida (H_2S), nitrogen (N_2), hidrogen (H_2), dan uap air (Sunaryo, 2014). Kandungan metana (CH_4) yang tinggi menjadikan biogas memiliki nilai kalor cukup besar sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pengganti gas alam. Dengan memanfaatkan limbah organik yang melimpah di masyarakat, biogas juga memberikan keuntungan tambahan berupa pengurangan pencemaran lingkungan.

Meskipun memiliki banyak keunggulan, kualitas biogas mentah masih rendah karena kandungan CO_2 dan H_2S yang cukup tinggi. Keberadaan CO_2 mengurangi nilai kalor biogas, sehingga energi yang dihasilkan per satuan volume menjadi lebih kecil dibandingkan gas alam (A. A et al., 2022). Sementara itu, H_2S bersifat toksik dan sangat korosif. Pada konsentrasi rendah sekalipun, H_2S dapat menyebabkan kerusakan serius pada peralatan berbahan logam melalui proses korosi, serta berpotensi menimbulkan risiko kesehatan bagi manusia (Palallo & Oskar, 2023). Oleh karena itu, sebelum biogas dimanfaatkan lebih lanjut, diperlukan proses pemurnian untuk menurunkan kadar CO_2 dan H_2S sekaligus meningkatkan konsentrasi CH_4 . Berbagai metode pemurnian biogas telah dikembangkan,

antara lain absorpsi kimia, pemisahan dengan membran, teknologi kriogenik, maupun metode biologis. Namun, sebagian besar metode tersebut memerlukan biaya investasi dan operasional yang tinggi, membutuhkan peralatan kompleks, serta tidak selalu cocok diterapkan pada skala kecil atau menengah (Kasikamphaiboon & Khunjan, 2018). Misalnya, penggunaan larutan amina dalam absorpsi kimia cukup efektif mengurangi CO₂, tetapi menimbulkan masalah regenerasi larutan dan biaya perawatan. Metode membran dan kriogenik memang menghasilkan biometana dengan kemurnian tinggi, tetapi membutuhkan peralatan canggih serta konsumsi energi besar. Kondisi ini menjadi kendala utama dalam pengembangan biogas di tingkat petani, rumah tangga, atau usaha kecil menengah.

Salah satu pendekatan yang dinilai lebih sederhana, murah, dan mudah diaplikasikan adalah metode adsorpsi menggunakan material berbiaya rendah (*low-cost adsorbents*) (Fahriansyah et al., 2019). Dalam konteks ini, dua material yang banyak diteliti adalah gram besi dan zeolit. Gram besi, terutama yang berasal dari limbah industri seperti gram besi hasil proses bubut atau pemotongan logam, diketahui memiliki kemampuan tinggi dalam mengikat H₂S. Mekanismenya adalah melalui reaksi kimia antara H₂S dan oksida besi membentuk senyawa besi sulfida (FeS) yang stabil. Keunggulan lain dari gram besi adalah ketersediaannya yang melimpah dan biayanya yang sangat rendah karena berasal dari limbah (Huda, 2017).

Sementara itu, zeolit merupakan mineral aluminosilikat berpori dengan luas permukaan spesifik yang besar. Struktur berporinya membuat zeolit sangat efektif menyerap molekul CO₂ secara selektif, sementara gas metana (CH₄) relatif tidak terperangkap. Aktivasi zeolit melalui pemanasan juga mampu meningkatkan kapasitas adsorpsinya. Selain murah dan mudah diperoleh di Indonesia, zeolit bersifat stabil secara kimia maupun termal sehingga cocok digunakan dalam pemurnian biogas (Gantina & Farhani, 2021).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Huda, (2017) dan Gantina & Farhani, (2021), gram besi terbukti mampu menurunkan H₂S secara signifikan, sementara zeolit efektif dalam mengurangi kandungan CO₂. Namun, sebagian besar penelitian sebelumnya hanya berfokus pada satu jenis pengotor, atau menggunakan kombinasi material yang lebih kompleks dan mahal. Dengan demikian, masih terdapat peluang untuk mengembangkan metode pemurnian biogas yang sederhana namun efektif melalui kombinasi dua jenis adsorben murah, yaitu gram besi dan zeolit.

Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pemurnian biogas menggunakan kombinasi gram besi dan zeolit untuk mengurangi kadar CO₂ dan H₂S secara simultan. Parameter utama yang dikaji adalah variasi laju aliran biogas dan berat adsorben, karena

kedua faktor tersebut berpengaruh besar terhadap efisiensi proses adsorpsi. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi pada peningkatan kualitas biogas dengan biaya rendah, mudah diterapkan di skala kecil maupun industri, serta mendukung pemanfaatan energi terbarukan yang berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut adalah beberapa rumusan masalah yang akan diangkat dalam penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi berat adsorben terhadap efektivitas adsorpsi CO₂ dan H₂S dalam biogas?
2. Bagaimana pengaruh variasi laju aliran biogas terhadap efektivitas adsorpsi CO₂ dan H₂S menggunakan kombinasi adsorben gram besi dan zeolit?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah pada sub bab sebelumnya, berikut adalah beberapa tujuan penelitian yang akan dilakukan :

1. Mengetahui pengaruh variasi berat adsorben terhadap efektivitas adsorpsi CO₂ dan H₂S dalam biogas.
2. Mengetahui pengaruh variasi laju aliran biogas terhadap efektivitas adsorpsi CO₂ dan H₂S menggunakan kombinasi adsorben gram besi dan zeolit.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang dilakukan berikut adalah manfaat – manfaat dari penelitian yang dilakukan :

1. Mengetahui efektivitas adsorben zeolit dan gram besi dalam mengadsorpsi kandungan pengotor CO₂ dan H₂S.
2. Mengetahui pengaruh berat adsorben dan laju aliran biogas terhadap efektivitas adsorpsi CO₂ dan H₂S menggunakan adsorben gram besi dan zeolit.
3. Mengetahui kandungan CO₂, H₂S, dan CH₄ sebelum dan sesudah dilakukan pemurnian.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini berjalan dengan secara terarah dan sesuai dengan tujuan yang akan dicapai, maka ditetapkan beberapa batasan masalah. Batasan ini bertujuan untuk memperjelas dan mempersempit ruang lingkup penelitian sehingga pembahasan tetap fokus pada topik utama. Adapun batasan masalah adalah sebagai berikut :

1. Biogas berasal dari kotoran sapi menggunakan digester tipe *ballon digester*, yang terbuat dari material *UV-resistant geomembrane* yang di produksi oleh Sistema.bio dari

india.

2. Biogas yang digunakan sudah melewati kolom purifikasi bawaan sesuai dengan standart Sistema.bio
3. Proses adsorpsi dalam kondisi tekanan dan suhu ruangan dan dalam skala laboratorium.
4. Penelitian ini tidak membahas kelayakan teknis secara industri dan dampak lingkungan di abaikan.

1.6 Asumsi

Dalam penelitian ini diasumsikan bahwa biogas yang digunakan memiliki komposisi utama berupa CH_4 , CO_2 , dan H_2S , sedangkan kandungan pengotor lain dianggap tidak signifikan. Kondisi operasi seperti suhu dan tekanan selama proses pemurnian dianggap konstan, sehingga tidak memengaruhi hasil secara signifikan. Adsorben gram besi dan zeolit yang digunakan diasumsikan memiliki sifat fisik dan kimia yang seragam, sehingga perbedaan hasil pemurnian hanya dipengaruhi oleh variasi laju aliran biogas dan berat adsorben. Selain itu, alat ukur konsentrasi gas (CO_2 , H_2S , dan CH_4) dianggap berfungsi dengan baik serta memiliki ketelitian yang memadai. Oleh karena itu, perubahan konsentrasi gas setelah pemurnian sepenuhnya diasumsikan disebabkan oleh pengaruh variasi laju aliran biogas dan berat adsorben, sementara faktor eksternal lain diabaikan.

1.7 Sistematik Penulisan

Penyusunan laporan penelitian ini mengacu pada sistematika penulisan yang terstruktur guna menjaga keterpaduan dan alur pembahasan antar bab. Dengan adanya sistematika penulisan, materi penelitian dapat disajikan secara runtut dan jelas. Sistematika penulisan laporan penelitian ini diuraikan sebagai berikut.:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, dan batasan dari penelitian yang dilakukan yang bertujuan untuk memberikan gambaran awal mengenai pokok permasalahan yang dikaji serta arah penelitian secara keseluruhan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menyajikan teori-teori yang relevan sebagai dasar dalam pelaksanaan penelitian. Tinjauan pustaka mencakup pembahasan tentang kandungan – kandungan yang ada pada biogas, proses pemurnian biogas menggunakan metode adsorpsi, bagaimana gram besi dan zeolit dapat menyaring kandungan CO_2 dan H_2S dalam biogas, serta pengaruh laju aliran dalam proses pemurnian biogas.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan rancangan eksperimen yang digunakan, termasuk jenis dan pendekatan penelitian, alat dan bahan, serta prosedur dalam pembuatan adsorben dari limbah gram besidan zeolit. Selain itu juga dijelaskan tahapan – tahapan dalam pemurnian biogas, metode pemurnian biogas, metode pengumpulan dan analisis data, serta penjabaran variabel penelitian secara rinci.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat hasil percobaan berupa data kandungan yang ada dalam biogas sebelum dan sesudah proses pemurnian dengan variasi laju aliran. Data yang diperoleh dianalisa dan dibandingkan dengan data hasil penelitian sebelumnya untuk menilai efektivitas adsorben dalam menyerap CO_2 dan H_2S serta meningkatkan kadar CH_4 .

BAB V PENUTUP

Bab terakhir ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya.