

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin meningkatnya jumlah penduduk yang tinggi menyebabkan permintaan kebutuhan energi juga semakin meningkat (Samlawi & Sajali, 2021). Energi sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan kegiatan industri dan rumah tangga (Mukhlis Ritonga et al., 2021). Sumber energi yang banyak digunakan saat ini adalah sumber energi berbahan dasar bakar fosil. Sedangkan dari tahun ke tahun cadangan bahan bakar fosil semakin menipis dan tidak dapat diperbaharui (Majedi et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan pemanfaatan energi alternatif dan terbarukan yang ramah lingkungan. Salah satu sumber energi yang saat ini dikembangkan yaitu biogas sebagai energi alternatif yang ramah lingkungan.

Biogas merupakan bioenergi yang dihasilkan dari proses fermentasi anaerobik atau kondisi tertutup tanpa udara dengan bahan organik, seperti kotoran ternak dan limbah rumah tangga yang dapat dimanfaatkan untuk memasak bahkan pembangkit listrik (Sholehah et al., 2025). Komposisi dari biogas mentah umumnya tidak hanya mengandung metana (CH_4). Komposisi utama biogas dalam persen volume adalah sekitar 50 - 70% metana (CH_4), 25 – 45% karbon dioksida (CO_2), sisanya merupakan gas dalam jumlah kecil termasuk hidrogen dioksida (H_2S) (Saputra et al., 2023). Kandungan biogas yang dimanfaatkan dalam proses pembakaran adalah metana (CH_4) yang mempunyai nilai kalor tinggi sebagai bahan bakar (Abdullah et al., 2022). Sehingga untuk mendapatkan nilai kalor harus memaksimalkan persentase gas metana (CH_4) dengan cara menurunkan kandungan gas pengotor (*impurities*) didalam biogas terutama karbon dioksida (CO_2) yang memiliki sifat mengurangi panas dan hidrogen sulfida (H_2S) yang menyebabkan korosi dan menimbulkan bau. Oleh karena itu, diperlukannya upaya pemurnian biogas untuk mengurangi kandungan karbon dioksida (CO_2) dan hidrogen sulfida (H_2S) (Palallo & Oskar, 2023). Hal tersebut juga diatur pada Standar Nasional Indonesia 8019:2014 yang menyatakan bahwa kandungan maksimal kadar CO_2 yaitu sebesar 18% dan kandungan maksimal kadar H_2S yaitu sebesar 23 ppm.

Ada beberapa macam metode yang dapat digunakan dalam pemurnian biogas dengan berbagai macam metode yaitu *water scrubbing*, *chemical absorpstion*, *membrane purification*, dan *adsorption* (Riwu, 2022). Adsorpsi merupakan metode pada pemurnian biogas dimana terjadinya kontak aliran fluida dengan suatu padatan sehingga fluida tersebut mengalami perubahan komposisi agar persentase gas metana (CH_4) meningkat (Basri et al., 2023). Metode adsorpsi dipilih karena memiliki keunggulan yaitu sederhana, rendah biaya, efisien dan penggunaan meterial yang mudah didapat seperti karbon aktif (Maliki et al., 2023).

Karbon aktif merupakan arang dengan struktur amorphous yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas yang memiliki “permukaan dalam” (*internal surface*), biasanya diperoleh melalui perlakuan khusus dan memiliki luas permukaan berkisar antara 300 – 2000 m^2/g . Karbon aktif perlu diaktivasi secara kimia atau fisika. Pada aktivasi kimia biasanya menggunakan larutan aktivasi yang dimana larutan ini sebagai agen kimia (basa atau asam) guna menghilangkan hidrogen, gas – gas dan air dari permukaan karbon sehingga terjadi perubahan fisik pada permukaanya. Aktivasi ini bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan dan meningkatkan daya serap adsorpsi (Nurfitria et al., 2019). Struktur ini yang membuat karbon aktif digunakan sebagai adsorben karena dapat mengadsorpsi berbagai senyawa organik, termasuk zat berbahaya atau kontaminan (Kim et al., 2025). Terutama dalam menyerap gas CO_2 dan H_2S pada biogas karena bersifat sebagai gas pengotor yang dapat menurunkan kualitas biogas. Adsorpsi terjadi ketika gas terikat pada permukaan adsorben karbon aktif sehingga terbentuk suatu lapisan film pada permukaannya (Iriani & Heryadi, 2014).

Sejumlah penelitian tentang pemurnian biogas telah dilakukan. Menurut penelitian terdahulu menunjukan bahwa adsorben karbon aktif bekerja dengan baik, yang ditunjukan dengan konsentrasi gas H_2S dalam biogas paling tinggi, yaitu 11,2 ppm yang dimana nilai tersebut masih di bawah standar kualitas biogas SNI 8019:2014 yaitu 23 ppm (Dzaky Warsito et al., 2025). Penelitian lain juga menyatakan bahwa karbon aktif sebagai adsorben dapat mengadsorpsi CO_2 sebanyak 10,93% - 96,65% pada biogas sehingga dapat meningkatkan kandungan CH_4 sebesar 8,66% - 78% (Sari et al., 2025). Hal tersebut menjadikannya pilihan

yang baik dalam pemurnian biogas. Menurut penelitian sebelumnya mengenai aktivasi adsorben karbon aktif menunjukkan bahwa adsorben karbon aktif yang teraktivasi NaOH menunjukkan penurunan CO_2 hingga 93% (Ngatirah et al., 2025). Kemudian terdapat penelitian yang menjelaskan bahwa karbon aktif yang diaktivasi KOH menghasilkan mikropori yang efektif untuk adsorpsi CO_2 (Saadi et al., 2024). Sementara itu, karbon aktif memiliki waktu jenuh sehingga semakin lama waktu adsorpsi karbon aktif tidak dapat menyerap gas pengotor (Wibowo et al., 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja adsorben karbon aktif berdasarkan jenis larutan aktivasi dan waktu sampling dalam menurunkan kadar CO_2 dan H_2S serta peningkatan kadar CH_4 pada biogas sesuai dengan Standar Nasional Indonesia yang telah ditetapkan. Selain itu, untuk memahami lebih dalam mekanisme antara gas pengotor dengan adsorben karbon aktif, diperlukan analisis isoterm adsorpsi. Melalui pendalaman mengenai proses adsorpsi diharapkan dapat diidentifikasi penurunan konsentrasi gas pengotor dari waktu ke waktu dalam peningkatan kualitas biogas.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana efektivitas larutan aktivator NaOH dan KOH dalam penurunan CO_2 dan H_2S serta peningkatan kadar CH_4 ?
2. Bagaimana pengaruh jenis larutan aktivator dan waktu sampling pada adsorpsi biogas?
3. Bagaimana pendekatan isoterm yang menggambarkan mekanisme adsorpsi biogas antara adsorbat dan adsorben yang diaktivasi dengan larutan aktivator NaOH dan KOH?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dalam penelitian ini adalah :

1. Menganalisis efektivitas larutan aktivator NaOH dan KOH dalam menurunkan kandungan CO_2 dan H_2S serta meningkatkan kadar CH_4 .
2. Menganalisis pengaruh jenis larutan aktivator (NaOH dan KOH) dan waktu sampling pada adsorpsi biogas.

3. Menganalisis pendekatan model isoterm adsorpsi untuk menggambarkan mekanisme interaksi antara adsorbat dan adsorben yang diaktivasi dengan larutan aktivator NaOH dan KOH.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan dampak positif serta kontribusi terhadap pembaca, masyarakat, lembaga, dan instansi terkait sehingga manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mampu memberikan informasi mengenai pemurnian biogas menggunakan metode adsorpsi dengan variasi jenis larutan aktivator adsorben karbon aktif serta pengaruh waktu sampling terhadap kinerja adsorpsi dalam meningkatkan kualitas biogas.
2. Mampu memberikan hasil kinerja menggunakan metode adsorpsi dalam pemurnian biogas sehingga mampu menurunkan kandungan gas pengotor seperti CO₂ dan H₂S serta meningkatkan kadar CH₄.
3. Mampu memberikan informasi terkait dalam pengembangan teknologi biogas yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.
4. Mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDG's), terutama SDG's 7 “Energi Bersih dan Terjangkau” melalui peningkatan kualitas energi terbarukan dari biogas.

1.5 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah :

1. Lokasi pada penelitian ini dilaksanakan di Peternakan Sapi Perah, Desa Claket, Kecamatan Pacet, Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur.
2. Biogas yang digunakan merupakan biogas yang berasal dari peternakan sapi perah di Desa Claket, Kecamatan Pacet, Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur.
3. Media adsorben berupa karbon aktif yang didapatkan secara komersil.
4. Proses aktivasi karbon aktif secara kimia dengan menggunakan larutan Natrium Hidroksida (NaOH) dan Kalium Hidroksida (KOH).

5. Parameter yang dianalisis yaitu kadar karbon dioksida (CO_2), kadar hidrogen sulfida (H_2S), dan kadar metana (CH_4).
6. Analisis mekanisme adsorpsi menggunakan pendekatan model isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich.