

BAB I

PENDAHULUAN

Bab satu ini merupakan bagian pendahuluan yang memuat latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan. Penyusunan bab ini bertujuan untuk memberikan gambaran awal mengenai pentingnya pemurnian biogas sebagai sumber energi terbarukan yang lebih bersih, aman, dan efisien.

1.1 Latar Belakang

Ketergantungan manusia terhadap bahan bakar fosil termasuk minyak bumi, gas alam, dan batu bara yang selama ini menjadi penyedia energi utama dalam skala global menyebabkan cadangan energi fosil semakin lama semakin berkurang. Penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan juga menyebabkan polusi udara, pemanasan global dan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil akan menyebabkan masalah karena sifatnya yang tidak terbarukan sehingga bisa habis. Meningkatnya kesadaran akan lingkungan, energi terbarukan dan dampak buruk yang ditimbulkan dari bahan bakar fosil telah mendorong penelitian dan pengembangan potensi energi terbarukan, hal ini kian membuktikan peralihan atau transisi dari energi fosil menuju energi terbarukan menjadi semakin penting untuk dilakukan. Salah satu jenis energi terbarukan yang dapat digunakan adalah biogas (Singh dkk., 2021). Biogas merupakan salah satu energi terbarukan yang dapat dengan mudah diproduksi melalui proses biologi dengan cara mengurai material organik menjadi gas metana dalam keadaan kedap udara anaerob (Robinson dkk., 2025).

Biogas merupakan sumber energi terbarukan yang memiliki keunggulan seperti selalu tersedia, mudah diproduksi, dapat disimpan, fleksibel untuk pembangkitan panas, listrik atau bahkan dapat menjadi bahan bakar motor bakar. Hal ini berbeda jika dibandingkan dengan tenaga surya, angin, dan air yang sangat bergantung pada cuaca (Zabed dkk., 2020). Produksi biogas melalui proses pencernaan anaerob juga menjadi cara pengelolaan limbah yang efektif, karena mampu menekan emisi gas rumah kaca berbahaya yang biasanya dilepaskan dari limbah organik seperti kotoran ternak, residu tanaman, maupun sisa makanan (Lindfors dkk., 2022).

Salah satu limbah organik yang dapat dimanfaatkan untuk produksi biogas adalah kotoran sapi. Kotoran sapi sangat sesuai untuk produksi biogas karena, biogas yang diproduksi dapat mengandung metana sekitar 55–65%. Kandungan selulosa dan hemiselulosa yang tinggi di dalamnya dapat diuraikan secara efisien menjadi metana melalui

proses anaerob (Obileke dkk., 2020). Produksi biogas dilakukan dengan mencampurkan kotoran sapi dan air, kemudian memasukkannya ke dalam tangki digester anaerob yang biasanya ditempatkan di bawah tanah (Singh dkk., 2021).

Biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi mengandung unsur unsur seperti gas metana CH_4 , gas karbon dioksida (CO_2), gas hidrogen sulfida (H_2S) serta gas lain dalam jumlah yang lebih kecil. Gas yang menjadi indikator kualitas biogas yang paling utama adalah CH_4 dan CO_2 , semakin tinggi kandungan CH_4 pada biogas maka nilai kalor biogasnya semakin tinggi. Sebaliknya semakin tinggi kandungan CO_2 dalam biogas, akan semakin menurunkan nilai kalornya. Kandungan H_2S pada biogas juga dapat meningkatkan korosi pada peralatan dan berbahaya bagi kesehatan manusia karena sifatnya yang beracun (Zeng dkk., 2022). Kandungan gas CH_4 dapat ditingkatkan dengan cara menghilangkan atau mengurangi kandungan CO_2 -nya melalui metode-metode pemurnian seperti *Chemical adsorption*, *Physical adsorption*, *Water scrubber*, dan *Cryogenic separation* (Mignogna dkk., 2023).

Upaya untuk pemurnian biogas dengan metode adsorpsi menggunakan media *dry absorben* seperti karbon aktif dan zeolit untuk mengikat gas CO_2 dan H_2S , terbukti mampu meningkatkan kualitas biogas. Kualitas pemurnian biogas yang dilakukan dengan metode adsorpsi menggunakan media *dry absorben* dipengaruhi kecepatan aliran biogas dan volume absorben karbon aktif. Metode adsorpsi menggunakan media *dry absorben* pada umumnya memadukan zeolit dan absorben karbon aktif yang dibuat dari tempurung kelapa, dan diaktifasi menggunakan Kalium Hidroksida (KOH). Penggunaan KOH dipilih karena terbukti dapat meningkatkan efektifitas absorben, dengan cara membuka pori pori pada karbon aktif sehingga kemampuan penyerapan dari adsorben meningkat namun, penggunaan cairan KOH pada proses aktivasi membuat karbon aktif menjadi basah sehingga perlu dikeringkan menggunakan oven terlebih dahulu pada $105\text{ }^\circ\text{C}$ selama 3 jam (Pertiwinigrum dkk., 2019).

Selain Purifikasi menggunakan *dry absorben* terdapat juga metode *wet absorber* yaitu menggunakan media fluida cair untuk menyerap gas pengotor pada biogas. Menurut Akingbasote dkk. (2025) pemurnian biogas menggunakan *water scrubber* yang dikombinasikan dengan skrap besi serta gel silika terbukti mampu menaikkan kualitas biogas, dimana kemampuan pemurnian biogas dari *water scrubber* dipengaruhi oleh variasi debit aliran air. Metode ini terbukti mampu menyerap kandungan CO_2 dan meningkatkan kandungan metana pada biogas. *Water scrubber* memiliki kekurangan dimana sistem ini memerlukan biaya konstruksi dan operasional yang tinggi karena membutuhkan energi

listrik untuk menyemprotkan air dari bagian atas tabung *scrubber* ke arah bawah, hal ini merupakan prinsip utama dari sistem *water scrubber* yang bertujuan untuk membuat aliran *counter current* antara absorben yang berupa air dengan aliran biogas yang dipurifikasi. Penggunaan *water scrubber* untuk pemurnian biogas juga meningkatkan kandungan air dalam biogas, sehingga diperlukan sistem tambahan agar kadar air ini dapat dikurangi, karena keberadaan kandungan air yang tinggi akan menurunkan kualitas biogas (Soehartanto dkk., 2025a).

Adapun selain *water scrubber*, purifikasi *wet absorber* juga dapat dilakukan menggunakan sistem *Bubble column*, dimana biogas dialirkan kedalam tabung berisi air/absorben sehingga membentuk gelembung-gelembung yang bergerak ke atas menyebabkan gas CO_2 dan H_2S menjadi larut dan bereaksi pada air (Soehartanto dkk., 2025a). Penambahan zat yang bersifat basa pada air dapat dilakukan untuk meningkatkan kemampuan penyerapan terhadap gas pengotor yang bersifat asam, zat basa yang dapat digunakan seperti $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Ihsana dkk., 2020a) (Han dkk., 2011a) atau juga NaOH (Michelson dkk., 2024).

Bubble column sering digunakan dalam pemrosesan kimia, bioteknologi, dan teknik lingkungan karena keunggulan sistem ini yang memiliki konstruksi sederhana, biaya operasi rendah, serta kapasitas *mass transfer* yang baik (Liu dkk., 2019). Sistem *Bubble column* terbukti dapat menyerap kandungan CO_2 dari gas yang di inputkan dan penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pada larutan absorben dapat meningkatkan kemampuan penyerapan CO_2 dari sistem *Bubble column* (Han dkk., 2011)(Ihsana dkk., 2020a), selain CO_2 dari biogas, Pemurnian menggunakan sistem *Bubble column* juga dapat menyerap kandungan H_2S dari biogas (Soehartanto dkk., 2025a).

Penelitian-penelitian sebelumnya telah memberikan kesimpulan yang mengarahkan pada pentingnya pengembangan pada energi terbarukan terutama biogas. Peningkatan kualitas biogas juga menjadi perhatian banyak penelitian, serta masing masing peneliti telah mencoba berbagai teknologi untuk digunakan dalam peningkatan kualitas biogas.

Penelitian yang akan dilakukan disini bertujuan untuk meningkatkan kualitas biogas menggunakan teknologi *Bubble column*. *Bubble column* dipilih karena konstruksinya yang sederhana, biaya untuk absorben yang murah karena hanya menggunakan air, dan juga perawatan sistem yang mudah karena tidak ada komponen mekanis didalam sistemnya. Penelitian ini akan bereksperimen dengan beberapa variabel bebas untuk mengetahui masing masing pengaruhnya, diantaranya adalah variasi waktu, pH absorben dan laju aliran gas. Variabel ini diambil berdasarkan prinsip absorpsi kimia yang dipengaruhi keberadaan ion

hidroksida dan ter-representasi dalam nilai pH. Laju aliran gas dipilih karena dalam *Bubble column* laju aliran gas akan mempengaruhi rezim aliran, ukuran gelembung, dan kecepatan apung gelembung sehingga berpengaruh pada waktu kontak gas-cair. Waktu dipilih karena semakin lama waktu maka volume biogas *input* yang dimasukkan akan semakin banyak, hal ini akan menyebabkan penurunan ion hidroksida dan kemampuan penyerapan absorben, sehingga kemampuan absorben akan menurun seiring pertambahan waktu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh masing masing variabel bebas terhadap kualitas biogas yang dapat dimurnikan.

1.2 Rumusan Masalah

Latar belakang yang telah dijelaskan diatas dapat merumuskan sebuah masalah yaitu bagaimana pengaruh zat yang berifat basa lain terhadap kemampuan pemurnian biogas yang dihasilkan pada tingkat pH yang berbeda beda, lama waktu yang berbeda, serta debit aliran biogas yang dimasukkan.

1. Bagaimana pengaruh pH absorben terhadap kemampuan pemurnian biogas pada sistem *Bubble column*.
2. Bagaimana pengaruh debit aliran gas terhadap kemampuan pemurnian biogas pada sistem *Bubble column*.
3. Bagaimana pengaruh waktu terhadap kemampuan pemurnian biogas pada sistem *Bubble column*.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh waktu, debit aliran *gas input*, serta pH larutan absorben berbasis NaOH dalam menurunkan konsentrasi CO₂ dan H₂S pada biogas.

1. Mengetahui pengaruh pH biogas terhadap kemampuan pemurnian biogas pada sistem *Bubble column*.
2. Mengetahui pengaruh laju aliran biogas terhadap kemampuan pemurnian biogas pada sistem *Bubble column*.
3. Mengetahui pengaruh waktu terhadap kemampuan pemurnian biogas pada sistem *Bubble column*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini berfokus pada pemurnian biogas menggunakan sistem *Bubble column*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam pengembangan teknologi energi terbarukan, khususnya dalam pemanfaatan biogas yang lebih bersih dan lebih luas. Berdasarkan tujuan penelitian yang dilakukan berikut adalah manfaat – manfaat dari penelitian yang dilakukan:

1. Diketahui pengaruh pH terhadap efektivitas pemurnian pada sistem *Bubble column*. kinerja sistem *bubble column* dengan variasi pH terhadap pemurnian biogas.
2. Diketahui pengaruh debit gas terhadap efektivitas pemurnian pada sistem *Bubble column*.
3. Diketahui pengaruh waktu terhadap pemurnian biogas pada sistem *Bubble column*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah diperlukan untuk mengarahkan penelitian pada spesifik tertentu sehingga penelitian menjadi lebih spesifik dan tidak terlalu banyak variabel yang mempengaruhi hasil penelitian, berikut merupakan batasan dari penelitian ini:

1. Biogas yang digunakan didapatkan dari digester sistema.bio yang berada di lingkungan Universitas Trunojoyo Madura.
2. Kandungan bahan biogas yang dianalisa adalah karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4) dan Hidrogen sulfida (H_2S).
3. Temperatur air dan biogas yang digunakan dalam penelitian dianggap konstan.
4. Pembentukan gelembung menggunakan *gas sparger* yang dibuat menggunakan nylon mesh dengan ukuran mesh 500.
5. Analisis hidrodinamika dilakukan menggunakan pendekatan dan tidak melakukan pengukuran langsung.

1.6 Asumsi

Penelitian ini menggunakan asumsi bahwa biogas yang digunakan memiliki komposisi utama berupa CH_4 , dan CO_2 sedangkan kandungam gas lain di anggap tidak signifikan terhadap volume keseluruhan. Kondisi operasi seperti suhu lingkungan dan tekanan selama proses pengambilan data dianggap konstan. Absorben yang digunakan adalah larutan NaOH yang didapatkan dengan melarutkan NaOH padat kedalam air dan di anggap tercampur sempurna. Alat ukur konsentrasi gas di anggap berfungsi dengan baik serta memiliki ketelitian yang memadai. Oleh karena itu, perubahan konsentrasi gas setelah pemurnian

sepenuhnya di asumsikan dipengaruhi oleh variasi laju aliran biogas dan pH larutan absorben.

1.7 Sistematika Penulisan

Laporan penelitian ini dibuat dengan sistematika penulisan yang jelas agar dapat dijadikan rujukan oleh peneliti selanjutnya di bidang yang serupa, dan mudah dipahami oleh pembaca. Sistematika penulisan juga dapat memudahkan dalam penyusunan setiap bab penelitian agar informasi yang terkandung didalamnya dapat tersampaikan kepada pembaca. Sistematika penulisan terdiri dari beberapa bab 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 digunakan sebagai dasar dalam pelaksanaan penelitian. Tinjauan pustaka mencakup pembahasan tentang komposisi gas yang menyusun biogas dan sifat masing masingnya. Metode pemurnian biogas yang digunakan adalah *Bubble column* yang menggunakan prinsip absorpsi fisika dan kimia. Material yang digunakan sebagai absorben adalah air yang dicampur dengan NaOH menjadi larutan NaOH. Tinjauan pustaka juga menjelaskan bagaimana reaksi yang terjadi antara gas pengotor dalam biogas terhadap material absorben, serta bagaimana laju aliran biogas dapat mempengaruhi kualitas pemurnian biogas.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan rancangan eksperimen yang digunakan, termasuk jenis dan pendekatan pada penelitian, alat dan bahan, serta prosedur dalam pembuatan larutan absorben dari air dan padatan NaOH. Metode penelitian juga menjelaskan perancangan desain alat, cara kerja, tahapan pemurnian biogas, metode pemurnian biogas, metode pengumpulan dan analisis data, kemudian penjelasan mengenai variabel 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 KESIMPULAN DAN SARAN

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