

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan segala jenis limbah organik (padat dan basah) dengan memprosesnya menjadi biogas melalui metode *anaerobic digestion* (AD), merupakan teknologi produksi energi terbarukan yang paling berpotensi keberlanjutannya. Produksi biogas AD telah memberikan hasil dengan efisiensi terbaik dan dampak lingkungan yang sangat minim [1]. Penggunaan bahan aditif dalam proses AD sedang mendapat perhatian besar daripada para peneliti dewasa ini, karena pengaruhnya dalam peningkatan kinerja produksi biogas dalam hal stabilitas proses, kapasitas produksi dan efisiensi pengolahan [2]. Liu dkk (2021), melaporkan bahwa dewasa ini banyak peneliti melaporkan tentang penambahan zat aditif untuk meningkatkan kinerja reaktor AD secara signifikan [3]. Di antara semua jenis aditif untuk AD material karbon lebih disukai, karena memiliki pori-pori yang banyak dan luas area yang besar sehingga paling menguntungkan untuk meningkatkan produksi gas metana [4]. Aditif berbasis bioarang (BC) juga dapat diproduksi dari limbah biomassa, khususnya kulit kopi yang akan menciptakan rangsangan aktivitas mikroba pada AD sehingga menjadi lebih ekonomis [5].

Produksi BC dan biogas dari limbah kopi yang merupakan limbah produksi salah satu komoditi perkebunan terbesar di Aceh [6], dinilai dapat menanggulangi dan memanfaatkan limbah produksi kopi menjadi produk yang berguna dan memiliki nilai jual [6]. Karakteristik dan sifat-sifat BC dari limbah kulit kopi telah dianalisa dalam penelitian oleh Raihan [7], memberikan hasil permukaan morfologi yang sangat berpori dan memiliki kemampuan sebagai adsorben. Kemampuan absorpsi tersebut dirasa menjadi potensi BC kulit kopi sebagai aditif dalam AD. Kopi merupakan salah satu komoditas yang menghasilkan produk sampingan atau limbah pabrik yang sangat tinggi, berupa limbah padat dan cair. Pengolahan biji kopi menghasilkan sekitar 55-65% biji kopi dan 35-45% menjadi limbah [8]. Indonesia sebagai salah satu produsen terbesar kopi dunia, diketahui telah memproduksi 637.800 ton kopi pada tahun 2021 dan jika dikalkulasikan akan menghasilkan limbah sebanyak 223.230–287.010 ton per tahun ke lingkungan [9]. Berdasarkan jenisnya, limbah yang dihasilkan kopi terdiri dari kulit kopi 43% b/b,

sekam kopi 6,1% b/b, dan lendir kopi 12% b/b [10]. Pengolahan limbah yang masih sangat sederhana dan terkadang hanya dibuang begitu saja, menyebabkan permasalahan lingkungan dan pencemaran. Pemanfaatan limbah kopi menjadi biogas telah dikaji oleh [10] dan [11], dengan memanfaatkan limbah kulit kopi, sekam kopi, dan lendir kopi sebagai substrat dalam AD, diperoleh hasil biogas lendir kopi menghasilkan metana spesifik tertinggi yaitu sebanyak 294 L kg⁻¹ VS dengan sekitar 55,4% komposisi metana dari biogas produk [10].

Penambahan BC telah terbukti sebagai salah satu metode yang paling menjanjikan dan efektif untuk meningkatkan operasional, stabilitas dan efisiensi dalam sistem AD [4]. Peran dan manfaat BC sebagai aditif dalam AD berupa kemampuan adsorpsi dan imobilisasi yang kuat karena luas permukaan spesifik (SSA) yang tinggi dan porositas BC yang besar [12], seperti nilai SSA yang diamati oleh [13] yang mendapat angka 0,92 m²/g untuk BC dengan perlakuan temperatur pirolisis 700°C [13]. Dalam upaya untuk mendapatkan BC dengan kualitas baik, diketahui jenis bahan baku dan parameter pirolisis secara signifikan mempengaruhi struktur internal, distribusi ukuran pori-pori (*pores distribution*) dan nilai SSA BC. Karakteristik tersebut akan mengakibatkan pengaruh BC terhadap kapasitas adsorpsi dan kemampuan imobilisasi dalam proses AD [14]. Nilai SSA dari BC yang dihasilkan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu pirolisis; selain itu, tingkat pemanasan yang lebih tinggi, kecepatan volatilisasi pirolisis juga diuntungkan untuk peningkatan SSA BC [15].

Kinerja adsorpsi BC yang sangat baik untuk penghapusan amonia, logam berat, dan racun lainnya, yang biasanya menyebabkan penghambatan serius pada methanogenesis [5]. Secara teoritis, racun tersebut dapat diserap ke permukaan BC melalui efek kerja sama presipitasi, pertukaran ion, dan daya tarik elektrostatik dengan gugus aromatik (misalnya, karboksilat, karbonil), ikatan hidroksil dan amina BC memainkan peran kunci selama adsorpsi racun [16]. BC juga memiliki kemampuan *buffering* yang kuat untuk menahan kejutan asam/basa, sering terdeteksi dalam sistem AD. Selama proses pirolisis, kelompok fungsional termasuk fenolik (X-OH), karboksilat (-COOH) dan amina (-NH₂) yang dihasilkan dari pirolisis adalah sumber utama kemampuan *buffering* untuk melawan asam/basa. Kecuali untuk gugus fungsional asam/basa, kandungan tinggi ion logam

alkali (Na^+ , K^+) dan ion logam alkali-bumi (Ca^{2+} , Mg^{2+}) juga berkontribusi pada pemeliharaan kemampuan buffering BC [1].

Dalam proses produksi BC perlu dipertimbangkan beberapa hal berikut yaitu jenis bahan baku dan parameter operasional pirolisis yang mana dua faktor penting ini yang akan mempengaruhi hasil dan karakteristik BC yang dihasilkan. Secara singkat, jenis bahan baku adalah faktor dasar yang menentukan karakteristik BC, dan bahan baku tersebut biasanya dapat diklasifikasikan sebagai: (i) biomassa nabati, termasuk limbah kayu, limbah kebun dan residu pertanian; (ii) biomassa berbasis non-tanaman, termasuk kotoran hewan dan lumpur limbah. Biasanya, biomassa kaya karbon memiliki hasil produksi BC yang lebih tinggi [17]. Penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa *yield* BC dari pirolisis adalah 25–63 wt% [12], dan parameter pirolisis termasuk suhu, waktu tinggal dan tingkat pemanasan, mempengaruhi hasil dan karakteristik BC secara signifikan. Dalam hal temperatur pirolisis, temperatur yang lebih rendah menyebabkan pembakaran yang tidak lengkap sedangkan suhu pirolisis yang lebih tinggi menghasilkan BC yang sedikit [18].

Ketersediaan limbah kulit dan limbah lendir kopi dalam jumlah besar seiring dengan produksi kopi yang semakin meningkat dan pengelolaan limbah ini yang masih sederhana sehingga dapat menimbulkan dampak permasalahan lingkungan. Pemerintah yang juga gencar mendorong kebijakan terhadap transisi energi dari energi fosil ke energi baru terbarukan, terutama penggunaan biomassa sebagai sumber energi. Minimnya peneliti yang melakukan penelitian dengan memanfaatkan limbah kulit kopi sebagai zat aditif biogas berbasis BC untuk meningkatkan produksi biogas dalam metode AD juga menjadi urgensi kajian ini. Tujuan penelitian ini dilakukan adalah untuk memanfaatkan limbah dari perkebunan kopi menjadi zat aditif biogas berupa bioarang untuk meningkatkan produksi dan kualitas biogas dengan metode AD.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah yang akan diselesaikan pada penelitian adalah:

1. Bagaimana hasil karakterisasi bioarang dari limbah kulit kopi yang akan digunakan sebagai zat aditif pada pembuatan biogas?
2. Bagaimana pengaruh penambahan zat aditif bioarang dari limbah kulit kopi terhadap produksi dan komposisi biogas?

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup pada penelitian ini diantaranya yaitu:

1. Mempersiapkan zat aditif berbasis bioarang dari limbah kulit kopi dengan temperatur pengarangan 400°C.
2. Karakterisasi bioarang melalui pengujian sifat fisik berupa proksimat, BET dan SEM.
3. Melihat unjuk kerja dari penggunaan zat aditif bioarang kulit kopi dalam proses *anaerobic digestion* dengan sumber nutrien limbah lendir kopi.
4. Pengamatan produksi biogas, konversi substrat dan komposisi biogas.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan khusus yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengevaluasi hasil karakterisasi bioarang dari limbah kulit kopi yang akan digunakan sebagai zat aditif pada pembuatan biogas.
2. Menginvestigasi pengaruh penambahan zat aditif bioarang dari limbah kulit kopi terhadap *yield* dan komposisi biogas.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui proses pembuatan biogas baik secara teoritis maupun praktek dengan variasi konsentrasi bioarang yang digunakan untuk meningkatkan kadar biometana.
2. Memberikan kontribusi terhadap pemenuhan kebutuhan energi terbarukan yang semakin meningkat dengan memanfaatkan limbah kulit kopi dan juga

limbah cair kopi sebagai substrat, menggunakan kotoran sapi sebagai inokulan serta penambahan bioarang guna meningkatkan kadar gas metana dari biogas yang dihasilkan.