

BAB I

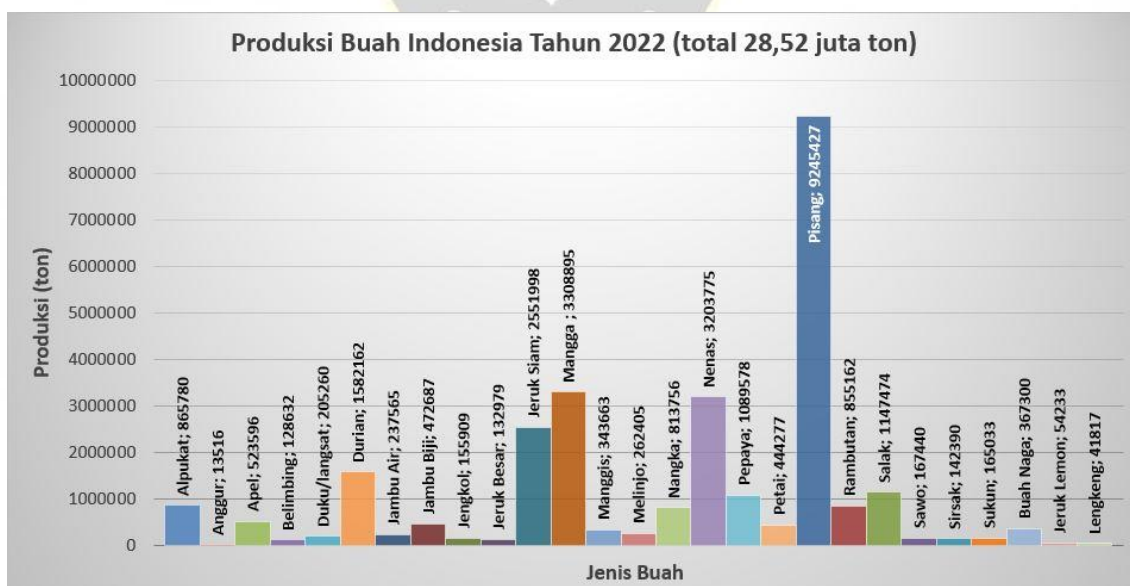
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan energi global meningkat diiringi dengan isu perubahan iklim serta degradasi lingkungan, mendorong adanya transisi menuju sumber energi terbarukan. Di antara sumber energi terbarukan yang ada, biogas merupakan salah satu solusi yang menjanjikan. Biogas diproduksi melalui proses fermentasi anaerobik, mampu menghasilkan metana sebagai satu-satunya gas yang memiliki nilai jual dan juga mampu mengolah limbah organik secara efektif (Emmanuel *et al.*, 2024). Upaya pemenuhan kebutuhan energi berbasis pengolahan limbah untuk memproduksi biogas di Indonesia sangat relevan, mengingat melimpahnya ketersediaan biomassa yang dapat digunakan sebagai bahan baku atau substrat biogas (Marendra *et al.*, 2019). Dewasa ini, biomassa yang umum digunakan sebagai substrat adalah feses sapi perah, sapi perah mampu memproduksi feses dalam jumlah yang besar. Sapi perah dengan rata-rata bobot 300 kg mampu menghasilkan feses 15 kg/hari, dan urin 12 liter/hari (Siswati dan Rizal, 2017). Feses sapi perah yang tidak dikelola dengan baik akan menyebabkan pencemaran lingkungan hingga pelepasan gas metana yang berkontribusi pada pemanasan global melalui efek gas rumah kaca (Liu *et al.*, 2025). Namun demikian, pemanfaatan feses sapi perah menjadi *mono* atau *single* substrat menghasilkan produksi metana yang rendah sehingga menjadi kurang efektif, salah satu upaya yang digunakan untuk meningkatkan produksi metana adalah dengan mengkombinasikannya dengan sumber bahan organik yang lain (*co-digestion*) (Sibiya *et al.*, 2017). Fermentasi kombinasi atau *co-digestion* merupakan proses pencampuran dua substrat atau lebih yang bertujuan untuk

meningkatkan produksi biogas yang dihasilkan yang umumnya menggunakan limbah pertanian salah satunya adalah limbah buah (Ngabala & Emmanuel, 2024).

Selain sektor peternakan, Indonesia juga merupakan negara tropis produsen utama dari berbagai buah-buahan. Buah-buahan tropis merupakan komoditas utama di wilayah dengan geografis tropis yang sebagian besar mengandung vitamin dan mineral yang penting untuk kebutuhan nutrisi masyarakat. Selain itu, buah-buahan tropis juga mengandung biomassa seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang memiliki potensi yang besar untuk menghasilkan produk bernilai tambah (Cádiz-Gurrea *et al.*, 2020), (Ding *et al.*, 2023). Menurut data (BPS, 2022) produksi buah-buahan di Indonesia mencapai 28,52 juta ton, tingginya produksi buah diiringi dengan produksi limbah buah yang dihasilkan (Gambar 1). Setiap tahun, sejumlah besar limbah buah tropis (LBT) dihasilkan dalam proses pengolahan pangan, dalam kebanyakan kasus, limbah-limbah tersebut tidak termanfaatkan dengan baik dan berakhir di tempat pembuangan sampah akhir (Ding *et al.*, 2023).



Gambar 1. Produksi Buah Indonesia tahun 2022 (BPS, 2022)

Limbah buah terdiri dari kulit, biji dan bagian lain yang berasal dari aktivitas pasar, industri, bahkan rumah tangga. Limbah buah mengandung bahan organik yang mudah terurai dan berpotensi digunakan sebagai substrat biogas (Marendra *et al.*, 2019).

Fermentasi anaerobik merupakan pengolahan secara biologi terbaik untuk mengolah limbah buah, karena dapat mengubah bahan organik menjadi sumber energi terbarukan dengan bantuan mikroorganisme di lingkungan kekurangan oksigen (Gebresilasie *et al.*, 2025). Meskipun penelitian *co-digestion* feses sapi perah (FSP) dan limbah buah dewasa ini sudah banyak dilakukan, namun sampai saat ini belum ada penelitian spesifik yang mengeksplorasi pemanfaatan kombinasi FSP dengan berbagai jenis LBT khususnya di Indonesia. Karakteristik dari masing-masing LBT belum banyak dieksplorasi dalam literatur internasional dibandingkan dari limbah buah negara subtropis, sehingga merupakan celah penelitian (*research gap*) yang sangat baik untuk diisi. Selain itu bahan organik yang berbeda yang dimiliki oleh LBT, diduga akan mempengaruhi keberhasilan proses fermentasi anaerobik yang berpengaruh pada produksi biogas yang dihasilkan, sehingga penelitian eksplorasi pemanfaatan berbagai jenis LBT sangat diperlukan. Proses produksi biogas menggunakan fermentasi anaerobik lebih cocok dalam mengolah LBT karena kandungan kadar air yang tinggi, namun demikian terdapat tantangan dalam pemanfaatan LBT sebagai substrat, salah satunya adalah pH limbah yang rendah dan akumulasi konsentrasi *volatile fatty acid* (VFA) yang berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme metanogenik (Ngabala & Emmanuel, 2024).

Penelitian ini akan menjadi solusi untuk mengatasi masalah lingkungan yang signifikan di Indonesia dengan menggunakan dua limbah sekaligus yaitu peternakan (FSP), dan limbah pertanian (LBT). Adapun evaluasi keberhasilan proses fermentasi anaerobik dilakukan melalui analisis produksi metana, dan variabel lain pada *digested*

slurry. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan data dasar untuk perencanaan produksi energi terbarukan berbasis pengolahan limbah sebagai perancangan sistem produksi biogas dengan skala kecil, serta memberikan implikasi praktis bagi pengelolaan limbah organik untuk menciptakan sumber energi terbarukan di Indonesia.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka ada beberapa permasalahan yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan FSP yang dikombinasikan dengan berbagai LBT dalam memproduksi metana.
2. Bagaimana karakteristik dari masing-masing LBT akan berpengaruh dalam menentukan limbah buah apa saja yang dapat secara optimal digunakan sebagai substrat biogas.

1.3. Batasan Masalah

Sebagai upaya agar menjaga penelitian ini tetap fokus dan terarah, adapun ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada :

1. Jenis substrat, substrat yang digunakan spesifik berfokus pada FSP dengan periode laktasi sebagai substrat utama, dan 10 jenis LBT sebagai kombinasi substrat. Jenis LBT yang digunakan merupakan limbah dari 10 jenis buah yang paling banyak diproduksi di Indonesia, yaitu nanas, rambutan, pisang, durian, alpukat, nangka, salak, jeruk, mangga, dan pepaya.
2. Asal substrat, sumber FSP berasal dari sapi peranakan friesland holstein (PFH) periode laktasi di Kandang Sapi Perah, Fakultas Peternakan dan Pertanian,

Universitas Diponegoro, sementara LBT dari berbagai Pasar Tradisional disekitar Kota Semarang, Jawa Tengah.

3. Skala penelitian, penelitian dilakukan berskala laboratorium dengan menggunakan digester tipe *batch*.
4. Variabel yang diukur, variabel yang diukur pada penelitian ini yaitu produksi metana, konsentrasi *volatile fatty acid* (VFA), konsentrasi *total ammonia nitrogen* (TAN), dan nilai derajat keasaman (pH).

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang hendak dicapai adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh penggunaan FSP yang dikombinasikan dengan berbagai LBT di Indonesia, yaitu pisang, mangga, nanas, jeruk, durian, salak, pepaya, alpukat, rambutan dan nangka terhadap produksi metana.
2. Menganalisis karakteristik dari masing-masing LBT untuk menentukan atau merekomendasikan limbah buah apa saja yang optimal digunakan sebagai substrat biogas.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini secara umum yaitu memberikan informasi mengenai pengaruh penggunaan FSP yang dikombinasikan dengan berbagai jenis LBT terhadap produksi biogas dalam mewujudkan sumber energi terbarukan. Bagi akademisi, dapat menambah wawasan dan pengembangan penelitian dalam pemanfaatan FSP yang dikombinasikan dengan berbagai jenis LBT untuk mendapatkan hasil biogas yang optimum. Bagi professional yang mendalami produksi biogas, penelitian ini dapat dijadikan referensi terkait pemanfaatan kombinasi limbah FSP dan LBT dalam

perancangan sistem produksi Biogas untuk mendukung program transisi energi berbasis pengolahan limbah. Sedangkan bagi masyarakat umum, diharapkan dapat menjadi inspirasi dan turut serta berperan lebih, dalam pengolahan dan pemanfaatan kombinasi limbah FSP dan LBT untuk mewujudkan energi terbarukan sebagai salah satu energi alternatif.

1.6. Originalitas Penelitian

Originalitas atau keaslian sebuah penelitian merupakan bukti bahwa sebuah karya merupakan hasil pemikiran dan analisis peneliti sehingga memberikan kontribusi baru dalam perkembangan ilmu pengetahuan khususnya dalam topik penelitian. Originalitas penelitian tidak lepas dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan, adapun sumber pustaka utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

Tabel 1. Perbandingan penelitian terdahulu

No.	(Penulis, Tahun) Judul	Penelitian terdahulu	Penelitian yang dilakukan
1.	(Ding <i>et al.</i> , 2023). <i>Valorization of tropical fruits waste for production of commercial biorefinery products – A review.</i>	Jenis paper yang digunakan adalah review, dan tidak ada data baru yang dihasilkan dari proses eksperimental.	Jenis penelitian yang telah dilakukan adalah penelitian eksperimental, sehingga dapat diketahui secara langsung bagaimana produksi metana yang dihasilkan dari LBT yang dikombinasikan dengan FSP.
2.	(Purwasih, <i>et al.</i> , 2024). <i>Evaluation of germination as pretreatment method to increase methane production: A case study in papaya seed.</i>	Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh perkecambahan biji pepaya yang dikombinasikan dengan <i>dairy cow manure</i> terhadap produksi metana dengan peningkatan produksinya 57-180%.	Penelitian yang telah dilakukan adalah eksplorasi terkait dengan komoditas limbah lainnya (10 LBT) yang diduga juga berpotensi digunakan sebagai <i>co-substrate</i> FSP.

No.	(Penulis, Tahun) Judul	Penelitian terdahulu	Penelitian yang dilakukan
3.	(Gebresilasie <i>et al.</i> , 2025). <i>Comparative potential of biogas production from the distillery, fruit and vegetable waste and their mixtures (digestion)</i>	Paper ini mengkombinasikan antara limbah cair pabrik penyulingan dengan campuran limbah buah dan sayur untuk meningkatkan produksi biogas.	Penelitian menggunakan kombinasi FSP dan berbagai jenis LBT (substrat utama berbeda).
4.	(Azevedo <i>et al.</i> , 2025). <i>Fruit and vegetable wastes as co-substrates in anaerobic co-digestion: Effect of storage temperature on physicochemical properties and biogas production</i>	Paper ini meneliti kombinasi antara lumpur limbah domestik dengan campuran limbah buah dan sayur dengan efek penyimpanan limbah yang berbeda. Limbah yang digunakan hanya 3 yaitu apel, pisang, dan wortel.	Penelitian menggunakan kombinasi FSP dan berbagai jenis LBT (substrat utama berbeda).

Berdasarkan tabel penelitian terdahulu, adapun kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada:

1. Objek penelitian, penelitian yang dilakukan berfokus pada limbah buah tropis sebagai kombinasi substrat, penelitian-penelitian yang telah dilakukan membahas tentang kombinasi feses dengan limbah buah secara umum. Namun masih sangat sedikit yang berfokus pada jenis buah tropis yang spesifik, pemanfaatan buah yang digunakan tidak hanya satu jenis saja tetapi membandingkan 10 jenis LBT. Selain itu, literatur internasional lebih banyak didominasi oleh limbah buah dari negara subtropis, penelitian ini akan mengisi kesenjangan literatur tersebut. Penelitian ini akan menghasilkan data baru yang unik untuk jenis biomassa yang melimpah di wilayah tropis, khususnya Indonesia.
2. Originalitas konteks, konteks penelitian yang diambil berasal dari relevansi lokal, biomassa yang digunakan merupakan dua limbah yang menjadi masalah di masyarakat namun memiliki potensi yang besar di Indonesia. Pemanfaatan limbah-limbah tersebut di Indonesia masih masif, sehingga hasil penelitian ini tidak hanya berkontribusi ilmiah saja, tetapi akan menjadi alternatif solusi untuk menciptakan sumber energi terbarukan berbasis pengolahan limbah.

3. Originalitas komparatif, penelitian ini akan melakukan eksplorasi kombinasi substrat yang optimal. Penelitian ini tidak hanya membuktikan bahwa kombinasi substrat dapat meningkatkan produksi metana, tetapi memberikan informasi jenis LBT apa yang dapat memberikan pengaruh optimal dengan memproduksi metana yang tinggi. Hasil tersebut akan dikuatkan dengan variabel lain yang diteliti yaitu pH, VFA, dan TAN sehingga dapat diketahui stabilitas proses fermentasi anaerobik yang dilakukan.



SEKOLAH PASCASARJANA