

**[ICO-FUCEGAS (*MICROBIAL FUEL CELL AND BIOGAS*): INOVASI PENGOLAH
LIMBAH FESES SAPI TERINTEGRASI MENJADI ENERGI TERBARUKAN]
*[Ico-Fucegas (Microbial Fuel Cell And Biogas): Innovation Of
Integrated Caow Feature Waste Processing Into Renewable Energy]***

Azkia Putra Wibawa, Faisal Ramadhan, dan Muhammad Said Nur
Universitas Padjajaran

ABSTRACT

The increase in human population and the development of people's lifestyles have had a major impact on increasing greenhouse gas (GHG) emissions, one of which is in the dairy farming industry. Cows produce feces every day which is degraded into CO₂, CH₄, H₂, H₂S, which are the gases that cause greenhouse gas emissions. A total of 20,650 dairy cows in the Pangalengan area produce an average of 206.5 – 619.5 tons of feces per day. The total greenhouse gas emissions produced every day reach 29,921.85 tons of CO₂ e/year, this figure is a large number of contributions to greenhouse gas emissions. Therefore, to reduce the emissions produced, innovation was carried out in the form of ICO-Fucegas as a sustainable energy producing technology. ICO-Fucegas is one way that can be developed to reduce greenhouse gas emissions with output in the form of electricity, biogas and organic fertilizer using native bacteria. The total electrical energy in MFC produced from Pangalengan data is 2.57 kV per MFC unit per year with a time efficiency of generating electricity and biogas as a whole for 60 days. Processing livestock manure using this innovation can reduce emissions by a maximum of 10,082.1 tonnes of CO₂ equivalent/year. So the percentage reduction in emissions is 28.64% per year.

Keywords: Energy, Emission, Feces, Waste

ABSTRAK

Meningkatnya populasi manusia dan berkembangnya pola kehidupan masyarakat mempunyai dampak yang besar dampaknya terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK), salah satunya adalah pada industri peternakan sapi perah. Sapi menghasilkan feses setiap hari yang terdegradasi menjadi CO₂, CH₄, H₂, H₂S dimana gas tersebut penyebab emisi gas rumah kaca. Sebanyak 20.650 ekor sapi perah di daerah Pangalengan dengan feses yang dihasilkan rata-rata 206,5 – 619,5 ton per hari. Total gas rumah kaca emisi yang dihasilkan setiap harinya mencapai 29.921,85 ton CO₂ e/tahun, angka ini merupakan angka yang besar jumlah kontribusi emisi gas rumah kaca. Oleh karena itu, untuk mengurangi emisi yang dihasilkan, dilakukan inovasi berupa ICO-Fucegas sebagai sebuah teknologi penghasil energi berkelanjutan. ICO-Fucegas adalah salah satu cara yang dapat dikembangkan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dengan output berupa listrik, biogas, dan organik pupuk dengan memanfaatkan bakteri asli. Total energi listrik di MFC yang dihasilkan dari data Pangalengan sebesar 2,57 kV per unit MFC per tahun dengan efisiensi waktu sebesar pembangkitan listrik dan biogas secara keseluruhan selama 60 hari. Pengolahan kotoran ternak dengan menggunakan inovasi ini mampu menurunkan emisi sebanyak maksimal 10.082,1 ton CO₂ setara/tahun. jadi persentase penurunan emisi sebesar 28,64% per tahun.

Kata kunci: Energi, Emisi, Feses, Limbah

PENDAHULUAN

Berdasarkan sensus penduduk 2020 yang dilakukan oleh BPS (2021), jumlah penduduk di Indonesia mencapai 270,20 juta jiwa dengan laju pertumbuhan penduduknya 1,25% per tahunnya terhitung sejak 2010-2020. Angka ini merupakan angka yang besar dan akan terus meningkat setiap tahunnya. Artinya, semakin bertambahnya penduduk maka akan semakin meningkat kebutuhan akan pangannya. Kebutuhan pangan akan terus meningkat sehingga diperlukan adanya peningkatan dalam produksi kebutuhan pangan. Akibatnya, terjadi peningkatan juga produksi untuk memenuhi pangan penduduk, salah satunya dari sumber pangan hewani.

Pertambahan lahan untuk kebutuhan pangan hewani akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya permintaan masyarakat akan produk hewani khususnya daging, telur dan susu. Menurut FAO konsumsi produk hewani akan meningkat 80% pada tahun 2030. Hal ini merupakan sebuah potensi untuk meningkatkan dan menggerakkan ekonomi masyarakat, namun juga dapat menjadi bencana untuk masyarakat sekitar. Masyarakat umum dan khususnya yang berada di daerah industri tersebut dapat mengalami dampak dari perkembangan industrinya. Sektor agrikultur menurut (FAO, 2006 yang disitasi dari Weiss & Leip, 2012) menyumbang kurang lebih 18% emisi GRK antropogenik global.

Emisi yang dihasilkan oleh sektor agrikultur, terutama peternakan tersebut dihasilkan oleh berbagai aktivitas, yaitu aktivitas dari pencernaan ternak (fermentasi enterik) dan pengolahan feses ternak (manure management) (Yulianingsih, E & Pramono, A. 2019). Industri peternakan melepaskan emisi GRK ke atmosfer dalam bentuk seperti nitrogen dioksida (NO₂), metan (CH₄) dan juga karbondioksida (CO₂) yang dapat menyebabkan pemanasan suhu bumi serta menyebabkan perubahan iklim. Oleh karena itu, PBB mencanangkan terbentuknya program yang dapat mengatasi permasalahan umat manusia dalam berbagai aspek, salah satunya mengatasi permasalahan perubahan iklim dalam program bernama *Sustainable Development Goals* (SGDs) atau Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB).

Jawa Barat memiliki banyak sentra peternakan dari berbagai macam komoditas hewan, salah satunya sapi perah. Daerah Pangalengan Bandung Selatan, memiliki sentra sapi perah besar yang memiliki banyak populasi sapi, salah satunya adalah KPBS Pangalengan. Koperasi Peternakan Bandung Selatan adalah sebuah koperasi yang anggotanya merupakan kumpulan para peternak yang berdomisili di Pangalengan. Dilansir dari laman resmi desa Pangalengan, pada tahun 2019 KPBS memiliki total populasi berjumlah 20.650 ekor sapi perah. Setiap sapi menghasilkan feses yang mencapai 10 kilogram per hari (Pratiwi et al, 2019).

Akumulasi dari limbah feses ternak tersebut setiap harinya menimbulkan dampak terhadap penambahan emisi GRK yang dihasilkan di lingkungan sekitar sehingga diperlukan adanya tindakan nyata untuk mitigasi, adaptasi dan pengurangan dampak terhadap apa yang menyebabkan perubahan iklim. Salah satunya adalah dengan inovasi yang dapat mengurangi emisi yang dihasilkan dari hewan ternak tersebut. Penanggulangan yang bertujuan untuk mengurangi dampak perubahan iklim akan menyelamatkan bumi kedepannya dan menciptakan pembangunan manusia yang berkelanjutan, oleh karena itu dibuat suatu teknologi inovasi yang dapat mengatasi dan mengurangi permasalahan yang menghasilkan emisi GRK tersebut, yaitu dengan mengintegrasikan digester biogas, MFC (*microbial fuel cell*) dengan alat penampung excess yang nantinya menghasilkan biogas yang

dapat digunakan untuk energi terbarukan dan *sludge* yang dapat digunakan sebagai pupuk organik. ICOFucegas (*Microbial Fuel Cell and Biogas*) suatu alat yang dapat dimanfaatkan untuk mengurangi emisi yang dihasilkan oleh feses ternak dan dimanfaatkan dengan mengkonversi gas-gas penghasil emisi tersebut menjadi bahan bakar energi, mengkonversi senyawa organik menjadi energi terbarukan dan memanfaatkan hasil sisaan (*sludge*) menjadi pupuk organik baik pupuk padat maupun cair.

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data dan Informasi

Penulisan karya tulis ilmiah ini disusun berdasarkan pengumpulan data dan informasi dengan menggunakan teknik studi kepustakaan atau studi pustaka dari berbagai sumber terpercaya terkait dengan upaya pemanfaatan limbah peternakan menjadi energi terbarukan. Tidak hanya itu teknik pengumpulan data juga didapatkan dari sumber-sumber media massa elektronik yaitu internet. Selain itu, metode observasi juga dilakukan pada penulisan karya tulis ilmiah ini. Observasi adalah teknik pengumpulan data dengan cara melihat dan mengamati secara langsung hal-hal yang berkaitan dengan keadaan lingkungan setempat dan permasalahan yang terdapat pada lingkungan tersebut. Observasi bisa juga disebut dengan pengamatan, meliputi kegiatan pemusatan perhatian terhadap suatu objek dengan menggunakan seluruh alat indra. Observasi sebagai teknik pengumpulan data mempunyai ciri yang spesifik bila dibandingkan dengan teknik yang lainnya. Hasil observasi kemudian dibuat skenario-skenario yang mendukung dan membuat alur masalah.

Lokasi dan Waktu Penulisan

Penulisan ini dilaksanakan di Universitas Padjadjaran yang beralamatkan di Jl. Raya Bandung Sumedang KM.21, Hegarmanah, Kec. Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 45363. Waktu penulisan ini akan penulis laksanakan Oktober-November 2023.

Teknik Analisis Data

Dalam penulisan ini penulis menggunakan metode deskriptif kualitatif dalam menganalisis data. Data yang diperoleh melalui observasi dalam penelitian ini dianalisis menggunakan analisis deskriptif kualitatif yaitu dengan cara data yang diperoleh dari hasil observasi dengan informan di deskriptifkan secara menyeluruh. Penulisan deskriptif kualitatif bertujuan untuk menggambarkan dan menjelaskan permasalahan yang diteliti dalam bentuk kalimat, sehingga data yang diperoleh dapat dipahami maksud dan maknanya.

Analisis SWOT

Analisis SWOT adalah identifikasi berbagai faktor secara sistematis untuk merumuskan strategi perusahaan. Metode perencanaan strategi yang digunakan untuk mengevaluasi kekuatan (*strengths*), kelemahan (*weaknesses*), peluang (*opportunities*), dan ancaman (*threats*) dalam suatu proyek atau suatu spekulasi bisnis. Keempat faktor itulah yang membentuk akronim SWOT. SWOT adalah singkatan dari lingkungan *internal strengths* dan *weaknesses* serta lingkungan eksternal *opportunities* dan *threats* yang dihadapi dunia bisnis.

PEMBAHASAN

Ancaman Limbah Peternakan

Kasus peternakan di KPBS Pangalengan yang turut menyumbang emisi gas rumah kaca melalui limbah yang dihasilkan oleh hewan ternak, diperlukan adanya inovasi perubahan dalam mengurangi emisi yang dihasilkan tersebut. Dengan total sapi yang berjumlah 20.650 ekor sapi, tentunya akan menimbulkan limbah yang tidak sedikit. Secara teori, produksi feses ternak dapat mencapai 5-10% dari BB/ekor/hari. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Saputro (2014), menjelaskan bahwa ternak mengeluarkan feses 20kg – 30kg perharinya. Ada juga yang menjelaskan, bahwa ternak sapi mengeluarkan feses 10 kg/harinya. Berdasarkan angka tersebut, dapat disimpulkan KPBS Pangalengan menghasilkan limbah yang berjumlah 206,5 – 619,5 ton limbah feses per harinya. Jumlah tersebut tentunya akan berdampak sangat besar jika tidak adanya manajemen pengolahan feses yang baik, dan akan terus menyumbang emisi gas rumah kaca dunia jika tidak segera diatasi. Namun juga, dengan angka tersebut tentunya dapat dijadikan peluang besar juga sebagai potensi untuk meningkatkan perekonomian peternak, menciptakan peternakan yang berkelanjutan, mengurangi pengeluaran untuk penggunaan energi, serta dapat mengurangi emisi GRK yang dihasilkan dari limbah ternak tersebut.

Emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari sektor peternakan dapat dihitung dari emisi metana yang dihasilkan dari dua aspek yaitu fermentasi enterik ternak dan emisi metana serta dinitro oksida yang berasal dari pengolahan feses ternak.

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2012), emisi CO₂ yang dihasilkan dari peternakan tidak dihitung karena emisi CO₂ diasumsikan nol sebab CO₂ diserap oleh tanaman melalui fotosintesis dan dikembalikan lagi ke atmosfer dalam bentuk O₂ melalui respirasi. Dalam fermentasi enterik, dihasilkan oleh hewan memamah biak (herbivora) oleh suatu proses dimana karbohidrat akan dipecah menjadi molekul sederhana oleh mikroba yang nantinya akan diserap dalam aliran darah dan akan keluar melalui gas-gas dalam perut keluar melalui mulut dan dalam pengolahan, penyimpanan serta pengendapan/ penumpukan feses pun berpotensi untuk menghasilkan emisi gas metana yang faktor utamanya adalah dipengaruhi jumlah dari feses yang didekomposisi secara anorganik. Hal ini didukung dari penelitian Hidayati *et al* (2020), bahwa limbah peternakan turut menyumbang emisi GRK dan emisinya dapat diestimasi.

Emisi yang dihasilkan dari limbah feses dapat dihitung berdasarkan metode yang telah dikeluarkan oleh IPCC 2006 (Hutagulung *et al*, 2020). Berdasarkan studi kasus yang diangkat, yaitu peternakan KPBS Pangalengan yang memiliki jumlah populasi ternak sebanyak 20.650 ekor ternak sapi perah, dapat dihitung total emisi gas metana yang dihasilkannya. Karena komoditas dalam peternakan tersebut adalah sapi perah, maka dalam perhitungannya, sapi perah memiliki faktor koreksi untuk fermentasi enteriknya 61 kg/ekor/tahun dan untuk faktor koreksi dari pengolahan feses ternaknya 31 kg/ekor/tahun dan untuk faktor koreksi satuan ternak agar dapat diubah menjadi *animal unit* adalah 0,75. Oleh karena itu, dengan seluruh angka tersebut, dapat dihitung jumlah emisi yang dihasilkan dengan menggunakan metode IPCC 2006, dan hasil perhitungan dapat dilihat dari Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Perhitungan jumlah emisi yang dihasilkan oleh ternak.

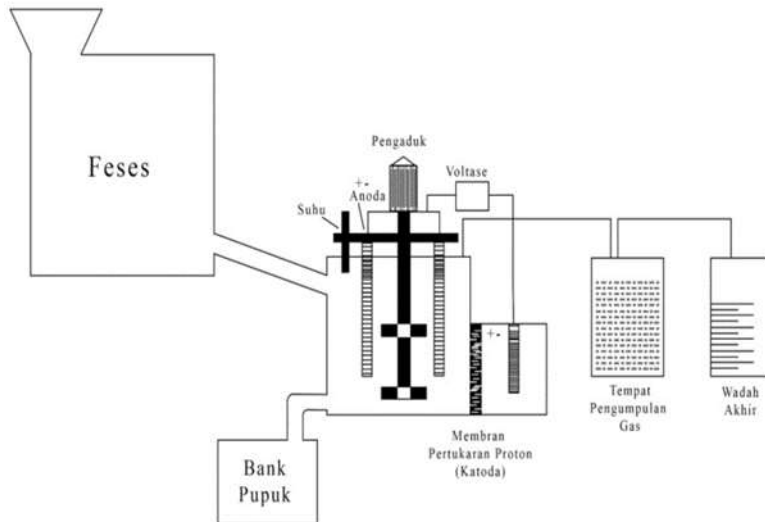
Tahun Spesies	Jumlah populasi	Fermentasi Enterik	Pengelolaan Feses Ternak
---------------	-----------------	--------------------	--------------------------

T	Ekor	Faktor Koreksi atau Satuan Ternak	Populasi dalam Animal Unit	Faktor emisi	Emisi CH ₄ dari fermentasi enterik (Gg CH ₄ /th)	Faktor emisi pengelolaan feses ternak	Emisi CH ₄ dari pengelolaan feses ternak
	N(X)	k(T)	N (T)	EF (T)	CH ₄ enterik (Gg CH ₄ /tahun)	EF(T)	CH ₄ feses ternak (Gg CH ₄ /th)
Sapi 2022 perah	20.650	0,75	15.488	61	0,9447	31,00	0,4801

Hasil perhitungan tersebut, didapatkan emisi CH₄ pengolahan feses ternak/tahun atau angka 0,9447 Gg emisi CH₄ enterik/tahun setara dengan 480,1 ton CH₄/tahunnya yang atau 944,7 ton CH₄/tahunnya dan 0,4801 Gg setara dengan 10.082,1 ton CO₂ ekuivalen/pertahun. Dengan kata lain, hasil perhitungan emisi GRK khususnya metana yang dihasilkan dari peternakan KPBS Pangalengan per tahunnya mencapai 1.424,8 ton CH₄/tahunnya. Emisi CH₄ ini jika dikonversikan dengan pedoman yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan (2018), maka total emisi yang dihasilkan selama satu tahun adalah 29.921,85 ton CO₂ ekuivalen selama satu tahun. Angka ini merupakan angka yang sangat besar sekali dan akan memperburuk dampak perubahan iklim jika tidak segera diatasi.

Rancangan Model ICO-Fucegas

ICO-Fucegas (Microbial Fuel Cell and Biogas) merupakan suatu alat kombinasi dari digester, MFC (Microbial Fuel Cell), dan ruangan penampung sludg (sisa produksi) yang dapat dimanfaatkan untuk mengurangi emisi yang dihasilkan oleh feses ternak terintegrasi yang multifungsi mulai dari menghasilkan biogas yang dapat dimanfaatkan untuk pengganti bahan bakar fosil, menghasilkan listrik dengan pengkonversian menggunakan MFC yang memanfaatkan zat organik yang terkandung dalam feses untuk dijadikan energi listrik dengan bantuan bakteri anaerob sehingga dapat menciptakan sustainable energy use (penggunaan energi yang berkelanjutan) serta hasil ikutan dari proses pembentukan biogas (sludg) yang berbentuk lumpur akibat dari proses anaerob yang dapat dimanfaatkan untuk dibuat pupuk organik padat dengan proses aerasi terlebih dahulu sehingga membentuk crumble yang nantinya akan menjadi pupuk organik yang bernilai jual tinggi serta dapat meningkatkan produksi tanaman. Dari manfaat tersebut, maka akan dapat menciptakan peternakan yang ramah lingkungan, dan berkelanjutan serta dengan hasil produksi dan ekonomi yang maksimal. ICO-Fucegas dapat menjadi solusi dalam mengatasi perubahan iklim dan mengurangi emisi yang dihasilkan dari sektor peternakan, total emisi yang dapat direduksi adalah emisi yang dihasilkan dari pengolahan feses ternak, sebab emisi yang dihasilkan melalui proses enterik hewan, belum dapat terkontrol. Dalam penggunaannya, alat ini terbagi menjadi 3 bagian tahapan penting dalam pengolahan limbah feses ternak yaitu biogas digester, MFC, dan ruang penampung sludg.



Gambar 1 Ilustrasi Alat ICO-Fucegas: alat pengolahan limbah feses ternak terintegrasi

Dalam prosesnya, feses ternak yang dihasilkan setiap harinya akan dikumpulkan terlebih dahulu di dalam ruangan penampungan yang nantinya akan dilanjutkan dan diproses dengan menggunakan mesin ICO-Fucegas. Dalam prinsipnya alat ini merupakan alat tertutup untuk menghasilkan kondisi anaerobik mengikuti prinsip dari alat biogas serta memanfaatkan dekomposisi bahan organik oleh mikroba sehingga menghasilkan gas metan (yang mudah terbakar sehingga dapat dijadikan alternatif pengganti

ICO-Fucegas (*Microbial Fuel Cell and Biogas*) merupakan suatu alat kombinasi dari digester, MFC (*Microbial Fuel Cell*), dan ruangan penampung *sludg* (sisa produksi) yang dapat dimanfaatkan untuk mengurangi emisi yang dihasilkan oleh feses ternak terintegrasi yang multifungsi mulai dari menghasilkan biogas yang dapat dimanfaatkan untuk pengganti bahan bakar fosil, menghasilkan listrik dengan pengkonversian menggunakan MFC yang memanfaatkan zat organik yang terkandung dalam feses untuk dijadikan energi listrik dengan bantuan bakteri anaerob sehingga dapat menciptakan *sustainable energy use* (penggunaan energi yang berkelanjutan) serta hasil ikutan dari proses pembentukan biogas (*sludg*) yang berbentuk lumpur akibat dari proses anaerob yang dapat dimanfaatkan untuk dibuat pupuk organik padat dengan proses aerasi terlebih dahulu sehingga membentuk *crumble* yang nantinya akan menjadi pupuk organik yang bernilai jual tinggi serta dapat meningkatkan produksi tanaman. Dari manfaat tersebut, maka akan dapat menciptakan peternakan yang ramah lingkungan, dan berkelanjutan serta dengan hasil produksi dan ekonomi yang maksimal. ICO-Fucegas dapat menjadi solusi dalam mengatasi perubahan iklim dan mengurangi emisi yang dihasilkan dari sektor peternakan, total emisi yang dapat direduksi adalah emisi yang dihasilkan dari pengolahan feses ternak, sebab emisi yang dihasilkan melalui proses enterik hewan, belum dapat terkontrol. Dalam penggunaannya, alat ini terbagi menjadi 3 bagian tahapan penting dalam pengolahan limbah feses ternak yaitu biogas digester, MFC, dan ruang penampung *sludg*.

Dalam prosesnya, feses ternak yang dihasilkan setiap harinya akan dikumpulkan terlebih dahulu di dalam ruangan penampungan yang nantinya akan dilanjutkan dan diproses dengan menggunakan mesin ICO-Fucegas. Dalam prinsipnya alat ini merupakan alat tertutup untuk menghasilkan kondisi anaerobik mengikuti prinsip dari alat biogas serta memanfaatkan

dekomposisi bahan organik oleh mikroba sehingga menghasilkan gas metan (yang mudah terbakar sehingga dapat dijadikan alternatif pengganti LPG) dan gas karbondioksida. Dalam penggunaannya pada proses pembuatan biogas terdiri dari 3 tahapan, yaitu tahapan hidrolisis, asetogenesis, dan terakhir adalah tahapan methanogenesis. Awalnya feses yang telah dikumpulkan dari hewan ternak akan dimasukkan kedalam ruang digester dan diberi penambahan air dengan perbandingan 1:1 dan diaduk hingga tekstur feses ternak seperti lumpur. Namun, sebelum gas digunakan, pada hari ke 1-8 gas yang dihasilkan harus dikeluarkan terlebih dahulu sebab dalam jangka waktu tersebut gas yang dihasilkan adalah gas CO₂ dan pada rentang waktu ini terjadi 2 proses yaitu tahap hidrolisis yang dimana pada tahap ini merupakan awal dari proses terjadinya penguraian bahan organik yang kompleks menjadi produk yang lebih sederhana seperti monosakarida, asam lemak, serta asam amino yang nantinya dapat langsung digunakan oleh bakteri asidogenik (Yuwono & Soehartanto, 2013) dan selanjutnya akan melalui proses pengasaman oleh bakteri asidogenesis-asetogenesis yang menghasilkan produk berupa asam lemak volatile dan CO₂ dan nantinya akan diubah lagi menjadi asam asetat + H₂ pada proses asetogenesis, dan setelah jangka waktu tersebut pada hari ke 9-14 mulai dapat digunakan disalurkan melalui pipa penyalur gas karena pada rentang waktu ini, mulai memasuki tahapan methanogenesis dimana akan dibentuk gas metan CH₄ dari bahan tahapan sebelumnya yaitu asam asetat, CO₂ dan H₂. Pada proses ini terdapat jenis bakteri, yaitu *eceticlastic methanogens* yang berfungsi untuk membagi asetat pada gas methan dan gas karbondioksida dan hidrogen meneruskan elektron untuk menghasilkan gas metan (Yuwono & Soehartanto, 2013) Setelah selesai pembuatan gas nantinya akan diarahkan pada tungku masak sebagai pengganti gas LPG. Pada tahap ini, komposisi gas yang dihasilkan adalah 54% gas CH₄ dan 27% gas CO₂.

Seiring dengan berjalannya proses dekomposisi, hasil bahan baku tersebut akan berhubungan dengan alat yang bernama MFC yang merupakan pembangkit listrik dengan menggunakan interaksi bakteri yang terdapat di alam. Sifat bakteri tersebut salah satunya dapat mendegradasi medium organik (*enrichment media*) dan pada kasus kali ini menggunakan bahan organik feses ternak yang dihasilkan di peternakan KPBS Pangalengan. Dalam prosesnya, pendegradasian tersebut menghasilkan ion proton dan elektron yang jika disambungkan dengan menggunakan kabel akan menghasilkan perbedaan potensial listrik yang menghasilkan energi. Secara umum MFC terdiri dari dua ruangan yang terdiri dari ruang anoda dan katoda yang dipisahkan oleh membran yang menjadi tempat terjadinya pertukaran proton (*proton exchange membrane*). Bakteri yang terisolasi biasanya merupakan bakteri CD64 yang teridentifikasi sebagai bakteri *Bacillus sp.* Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kumar *et al* (2012) didapatkan hasil listrik yang dihasilkan dari 500 ml/0,5L bahan feses ternak yang digunakan dalam optimalisasi pH 7,0 dan suhu 37°C menghasilkan 195,6 mV pada waktu 40 menit. Yang artinya, dalam sehari dapat menghasilkan 7.041,6 mV atau 7,04 Volt dan dalam setahun dapat menghasilkan 2.57 kV hanya dengan satu alat MFC. Dalam penggunaannya, banyak MFC akan dihubungkan dengan alat penampung atau digester sehingga penghasilan energi listriknya akan lebih efektif dan efisien lagi. MFC sendiri memiliki berbagai keuntungan baik dari segi alat yang ramah lingkungan dan finansial yang terjangkau disebabkan penggunaannya memanfaatkan bakteri aerob dan sumber yang digunakan merupakan limbah, sehingga MFC ini efisien apabila dikembangkan dalam lingkungan guna mengurangi emisi GRK dan memaksimalkan potensi limbah daerah masyarakat sekitar.

Selain melalui kedua tahap tersebut juga, nantinya ICO-Fucegas akan memiliki alat penampung bahan sisaan yang telah digunakan dalam kedua proses diatas, yang dimana nantinya bahan sisaan ini akan dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Pupuk organik ini dapat

dimanfaatkan oleh peternak untuk dijual kembali kepada para petani untuk kesuburan tanaman yang ditanamnya. Sehingga hal ini dapat menjadi solusi dari permasalahan mengatasi perubahan iklim, meningkatkan pendapatan peternak, Mendukung dan menyukseskan Program SDGs poin 13 *Climate Action*, menambah pendapatan, mengurangi pengeluaran dan menjaga lingkungan sekitar. Oleh sebab itu, dalam penggunaannya, alat ini dapat mengurangi emisi maksimal dari pengolahan feses ternak dan pada kasus di peternakan KPBS Pangalengan ini dapat mengurangi total

emisi sebesar 10.082,1 ton CO₂ ekuivalen/tahunnya. Atau dengan kata lain, persentase penurunan emisinya sebesar 28,64% pertahunnya. Tentunya angka ini merupakan angka yang besar dan akan berdampak besar pula akan keberlangsungan makhluk hidup dan pengurangan dampak dari perubahan iklim.

Analisis SWOT ICO-Fucegas

Tabel 2. Analisis SWOT

No	Model Analisis	Hasil Analisi
1	Strengths	- Ketersediaan feses sapi yang terus menerus. - Pemanfaatan feses sapi menjadi bernilai ekonomi. - Mendukung program pengurangan emisi GRK dan perubahan iklim
2	Weaknesses	- Diperlukan alat untuk membuat sistem ICO-Fucegas. - Stigma masyarakat terkait sulitnya mengolah limbah.
3	Opportunities	- Mengurangi pencemaran limbah peternakan bagi lingkungan. - Renewable energy. - Peningkatan ekonomi masyarakat
4	Threats	- Masyarakat tidak mau menerima inovasi. - Perlu dukungan dari pihak terkait agar inovasi dapat maksimal

SIMPULAN

Meningkatnya populasi manusia dan perkembangan pola kehidupan masyarakat berdampak terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK), salah satunya di peternakan sapi perah yang dijadikan sebagai salah satu komoditas untuk memenuhi kebutuhan gizi dalam tubuh. Sapi menghasilkan feses setiap harinya yang nantinya akan terdegradasi menjadi CO₂, CH₄, H₂, H₂S dimana gas tersebut merupakan penyebab emisi gas rumah kaca. Total 20.650 ekor sapi perah di wilayah Pangalengan dengan feses yang dihasilkan rata-rata mencapai 206,5 – 619,5 ton per harinya. Total emisi gas rumah kaca yang dihasilkan setiap hari mencapai 29.921,85 ton CO₂ e/tahun angka tersebut merupakan angka yang besar dalam sumbangan emisi gas rumah kaca. Oleh karena itu, untuk mengurangi emisi yang dihasilkan tersebut, dibuat inovasi berupa ICO-Fucegas sebagai teknologi penghasil energi berkelanjutan. ICO-Fucegas merupakan salah satu cara yang dapat dikembangkan untuk menekan emisi gas rumah kaca dengan output berupa listrik, biogas, dan pupuk organik dengan memanfaatkan bakteri *indigeneous*. Pada tahap asetogenesis dalam proses pembuatan menghasilkan H₂ + CO₂ yang selanjutnya akan melalui proses metanogenesis menghasilkan produk berupa biogas sebagai bahan bakar alternatif dan asam asetat yang menimbulkan adanya transfer elektron dalam reaksi reduksi oleh H⁺ pada katoda dengan bantuan bakteri anaerob untuk kemudian membentuk energi listrik pada sel volta. Total energi listrik dalam MFC yang

dihasilkan dari data Pangalengan sebesar 2.57 kV per satuan alat MFC pertahunnya dengan efisiensi waktu terhadap keseluruhan pembuatan listrik dan biogas selama 60 hari. Pengolahan feses ternak menggunakan inovasi ini dapat mengurangi emisi maksimal sebanyak 10.082,1 ton CO₂ ekuivalen/tahunnya. sehingga persentase penurunan emisinya sebesar 28,64% harinya. MFC sendiri memiliki berbagai keuntungan baik dari segi alat yang ramah lingkungan dan finansial yang terjangkau disebabkan penggunaannya memanfaatkan bakteri anaerob dan sumber yang digunakan merupakan limbah, sehingga MFC ini efisien apabila dikembangkan dalam lingkungan guna mengurangi emisi GRK dan memaksimalkan potensi limbah daerah masyarakat sekitar.

SARAN

Implementasi pembuatan alat ini diperlukan pemahaman terlebih dahulu dari alur rancangan model ICO-Fucegas agar mendapatkan hasil yang maksimal. Hal lain yang perlu dilakukan adalah penyuluhan terlebih dahulu apabila akan dilakukan penyebaran informasi kepada masyarakat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada semua pihak yang terlibat dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini. Terutama kepada pihak Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran yang senantiasa mewadahi kreativitas mahasiswanya serta senantiasa mendukung dalam hal keperluan materiil. Ucapan terimakasih juga kami sampaikan kepada seluruh teman-teman yang senantiasa memberi semangat dalam selesainya karya tulis ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2021. Hasil Sensus Penduduk 2020. From Berita Resmi Statistik. Dinas Lingkungan Hidup. 2019. PEMANASAN GLOBAL (GLOBAL WARMING). From Bulelengkab.go.id.
- Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian ESDM. 2018. Pedoman Penghitungan dan Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Bidang Energi–Sub Bidang Ketenagalistrikan. Jakarta: ESDM.
- Hutagulung, Winny Laura Christina., Sakinah, Alfin dan Rinaldi, Rinaldi. 2020. Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca pada Pengelolaan Sampah Domestik dengan Metode IPCC 2006 di TPA Talang Gulo Kota Jambi. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Vol. 05 No. 01.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Ruumah Kaca Nasional Buku 3 Vol 3 Metodologi perhitungan. Jakarta: KLH.
- Kumar, S et al. 2012. A study on the electricity generation from the cow dung using microbial fuel cell. Jurnal Biochem Tech Volume 3 (4) : 442-447.
- Pangalengan.desa.id. 2019. Beradaptasi dengan Digitaliasi ala KPBS. From <https://pangalengan.desa.id>.
- Pratiwi, I et al. 2019. Pemanfaatan Limbah Feses Ternak Sapi dengan Reaktor Biogas di Kabupaten Ogah Ilir. Dalam Jurnal IKRAITH-ABDIMAS Vol 2 No 3 : 1-10.

- Saputro et al. 2014. Pengelolaan Limbah Peternakan Sapi Untuk Meningkatkan Kapasitas Produksi Pada Kelompok Ternak Patra Sutura dalam Jurnal Teknik Mesin Rekayasa Vol. 12(2):91-98.
- Weiss, F, and A. Leip. 2012. Greenhouse Gas Emissions from the EU Livestock Sector: A life Cycle Assessment Carried out with the CAPRI model, Agriculture, Ecosystems and Environment 149 : 124- 134.
- Yulianingsih, E & Pramono, A. 2019. Emisi Gas Rumah Kaca Dari Pengolahan Feses Ternak dan Biogas dalam Prosiding Karya Ilmiah Nasional 2019.
- Yuwono, C. W. & Soehartanto, T. 2013. Yulianto, P & C. Saparinto. 2011. Perancangan Sistem Pengaduk Pada Penggemukan Sapi Potong Hari Per Bioreaktor. Jurnal Teknik Institut Hari 3 Bulan Panen. Penebar Teknologi Sepuluh November. Swadaya, Jakarta.