

Pemanfaatan Limbah Sayur dan Kotoran Sapi Sebagai Sumber Energi Terbarukan

Vegetable Waste And Cow Dung Utilization As a Renewable Energy Source

Mukasi Wahyu Kurniawati^{1*}, Arsita Nur Rizkia Putri², Choirunnisa Firdaus Ivana³

¹ Program Studi D3 Teknik Pengolahan Migas, STT Migas Cilacap, Jl. Tritih lor No.43, Jeruklegi, Cilacap

^{2,3,4} Program Studi D4 Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap, Jl. Dr. Sutomo No.1, Sidakaya, Cilacap

Email: [1mukasi.wahyu@gmail.com](mailto:mukasi.wahyu@gmail.com) , [2arsitanur170@gmail.com](mailto:arsitanur170@gmail.com) , [3choirunnisa.icha253@gmail.com](mailto:choirunnisa.icha253@gmail.com)

*Penulis korespondensi: mukasi.wahyu@gmail.com

Direview: 12 November 2021

Diterima: 25 November 2021

ABSTRAK

Dalam kehidupan manusia, dinamika permasalahan limbah akan selalu ada bahkan dapat dikatakan kian hari kian meningkat. Limbah dapat dihasilkan dari berbagai proses kegiatan manusia dan menjadi sebuah permasalahan yang serius apabila tidak ditangani dengan baik. Salah satu limbah yang banyak dihasilkan oleh proses kegiatan manusia sehari-hari adalah limbah organik dan contoh konkritnya adalah sampah sayuran. Sampah sayuran dihasilkan dalam jumlah yang besar tiap harinya sehingga pengolahan sampah sayuran merupakan satu hal yang penting dilakukan. Di sisi lain sampah sayuran merupakan salah satu sumber biomassa yang dapat diolah menjadi sumber energi terbarukan yakni biogas. Penelitian ini bertujuan untuk mengumpulkan data pustaka (*review*) mengenai konversi sampah sayuran menjadi biogas dengan penambahan kotoran sapi serta membuat kesimpulan komposisi yang optimum dari campuran kotoran sapi dan sampah sayuran yang menghasilkan kadar gas metana (CH₄) tertinggi. Kotoran sapi telah diketahui merupakan bahan baku biogas yang potensial karena banyak mengandung bahan selulosa yang telah dicerna di perut sapi sehingga lebih mudah diuraikan oleh bakteri pembentuk gas metana yang berperan penting dalam proses metanogenesis untuk menghasilkan gas metana (CH₄). Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah perbandingan massa kotoran sapi (KS) dan sampah sayuran (SS) dengan variasi (%KS:%SS) yakni 100:0; 75:25; 50:50; 25:75; dan 0:100 dengan penambahan EM₄. Hasil kajian data pustaka diperoleh bahwa komposisi kotoran sapi dan sampah sayuran yang optimum dalam menghasilkan biogas adalah 70% kotoran sapi dan 30% sampah sayuran.

Kata kunci: Limbah sayuran, kotoran sapi, *Effective Microorganism 4 (EM4)*, Biogas.

ABSTRACT

Waste's dynamic problem will always be present in humans life and even get increasing each day. Waste generated from various kind of human activities and it will cause serious problem if it is not handled properly. One among many waste types which mostly produced from humans daily activities is organic waste and the concrete example is vegetable trash. Vegetable trash generated in large amount everyday that the treatment of this trash is important to be carried out. Also, vegetable trash is a source of biomass which can be converted into renewable energy source, that is biogas. This research aims to collected literature references (*review*) of vegetable trash conversion into biogas by adding with cow dung and draw conclusion about optimum composition of mixture of cow dung and vegetable trash which obtain highest methane gas (CH₄) concentration. Cow dung is known as potential biogas raw material for its high cellulose content after digested in cow's stomach that its is easier broken down by methane composing bacteria in methanogenesis process to produce methane gas (CH₄). The variables used in this research are mass ratio between cow dung (KS) and vegetable waste (SS) variation of 100:0; 75:25;

50:50; 25:75; and 0:100 with addition of EM_4 . Literature review give conclusion that optimum composition mixture in biogas production process is 70% cow dung and 30% vegetable trash.

Keywords: Vegetable waste, cow dung, Effective Microorganism, biogas.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam, terutama sumber daya nabati dan sumber daya hewani. Beragam macam sumber daya nabati dan sumber daya hewani dapat dijumpai di Indonesia, antara lain dari bidang peternakan dan perkebunan. Dari antara sekian banyak sumber daya alam yang tersedia yang memiliki potensi terbesar menjadi sumber energi alternatif yaitu biomassa. Ketersediaan biomassa di Indonesia yang bisa digunakan sebagai sumber energi jumlahnya sangat melimpah. Sumber daya alam biomassa memiliki beberapa kelebihan dan salah satunya adalah sebagai sumber energi yang terbarukan (*renewable*), sehingga memiliki sifat berkesinambungan (*sustainable*). Sumber energi fosil seperti minyak bumi, batubara dan gas alam yang tidak terbarukan menuntut adanya upaya penghematan energi. Upaya ini telah digaungkan sejak lama namun sampai saat ini penggunaan maupun permintaan akan bahan bakar fosil masih mengalami peningkatan. Hal ini mengakibatkan terjadinya ketidakseimbangan antara pasokan dan permintaan sehingga seringkali juga menyebabkan ketidakstabilan harga. Karena alasan inilah maka penggunaan bahan bakar terbarukan merupakan satu kebutuhan yang mendesak.

Sampai saat ini pencarian untuk memperoleh sumber energi terbarukan terus dilakukan. Salah satu sumber biomassa berasal dari limbah. Kandungan nabati pada limbah ini memiliki manfaat yang menguntungkan yakni meningkatkan efisiensi energi secara keseluruhan karena kandungan energi yang terdapat pada limbah cukup besar dan apabila dapat dimanfaatkan akan mengurangi pembuangan percuma energi ke lingkungan, manfaat berikutnya adalah meminimalkan biaya pengolahan limbah menjadi energi akan menghasilkan pendapatan untuk menutup biaya pengolahannya dan seringkali pembuangan limbah bisa lebih mahal daripada memanfaatkannya. Manfaat yang ketiga adalah mengurangi akumulasi sampah di lingkungan karena penyediaan tempat penimbunan akan menjadi lebih sulit dan mahal, khususnya di daerah perkotaan (Parinduri & Parinduri, 2020).

Dinamika permasalahan limbah senantiasa ada dalam kehidupan manusia karena hampir setiap kegiatan manusia menghasilkan limbah. Permasalahan mengenai limbah merupakan sesuatu yang tidak bisa dipandang sebelah mata yang jika tidak segera ditangani akan menimbulkan pencemaran lingkungan. Salah satu limbah yang sering dijumpai adalah limbah sayur-sayuran dan kotoran hewan. Kedua jenis limbah ini merupakan limbah organik. Sampah sisa sayuran umumnya dibuang secara terbuka (*open dumping*) dan tidak diolah lebih lanjut sebelum pembuangan sehingga seringkali menimbulkan gangguan di lingkungan berupa bau yang tidak sedap dan tempat berkumpulnya vektor pembawa penyakit. Limbah sayuran mempunyai kandungan gizi yang rendah yaitu berupa protein kasar dengan kandungan 1-15% dan serat kasar 5-38% (Erickson Sarjono Siboro et al., 2013). Limbah sayuran yang digunakan sebagai bahan biogas umumnya dari jenis sayuran daun sedangkan dari kotoran hewan, yang paling umum adalah kotoran sapi. Sampai saat ini pemanfaatan kedua jenis limbah tersebut masih belum maksimal. Kedua jenis limbah tersebut sering kali hanya diletakkan atau dibuang begitu saja, yang semestinya sampah - sampah tersebut dapat diolah dan dimanfaatkan secara baik menjadi produk yang lebih berguna yakni biogas. Biogas merupakan proses peruraian dari senyawa organik dalam digester anaerobik dan aerobik yang menghasilkan gas. Peruraian secara aerobik dilakukan pada kondisi dimana terdapat oksigen sedangkan peruraian anaerobik pada kondisi tanpa oksigen. Hasil peruraian ini dapat dibuang langsung ke lingkungan. (Fitri & Dhaniswara, 2018).

Tahapan proses hingga menjadi biogas tersebut dilakukan dalam sebuah reaktor. Reaktor biogas merupakan suatu alat fermentasi bahan organik untuk menghasilkan gas metana yang rancangannya terdiri dari tempat penampung bahan, pipa penyalur gas metana, dan tempat penampung gas metana. Ada beberapa jenis reaktor biogas dimana yang paling umum adalah reaktor tipe kubah (*Fixed-dome*), reaktor dengan drum terapung (*Floating drum*), reaktor balon, dan reaktor *fiberglass* (Pranata I Wayan Diana Eka, Dantes Kadek Rihendra, 2020).

Gas metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2) adalah kandungan utama biogas. Sebagian kandungan gas yang jumlahnya kecil adalah hidrogen sulfida (H_2S), nitrogen (N_2), hidrogen (H_2), dan oksigen (O_2) (Aulia Maulidina, Tasyakurnisa Fatimah, Vini Ayuni, Wafa Raihanah Arwa, 2019). Komposisi gas yang paling banyak dihasilkan dalam biogas yaitu gas metana (CH_4). Gas metana dapat terbentuk secara alami oleh tumpukan kotoran serta sampah organik. Menurut (Mulyanto et al., 2018), komposisi kandungan biogas dari yang terbesar yaitu metana (55 – 75%), karbon dioksida (25 – 45%), hidrogen (1 – 5%), nitrogen (0 – 3%),

hidrogen sulfida (0 – 3%), dan oksigen (0,1 – 0,5%)(Mulyanto et al., 2018). Biogas akan dihasilkan bila bahan-bahan organik terurai menjadi senyawa-senyawa pembentuknya dalam kondisi anaerob. Secara alami proses fermentasi atau peruraian anaerobik terjadi di tanah dengan kondisi basah seperti dasar danau atau sungai serta tanah pada kedalaman tertentu. Fermentasi material organik dengan bantuan mikroorganisme merupakan pengertian proses fermentasi. Fermentasi anaerob dapat menghasilkan gas yang mengandung metana sedikitnya 50% atau yang disebut biogas (Pranata I Wayan Diana Eka, Dantes Kadek Rihendra, 2020).

Persentase jumlah metana yang terkandung dalam biogas sering dinyatakan sebagai tingkat kemurnian biogas sangat penting karena akan menentukan nilai kalor yang dihasilkan. Jika kadar metana tinggi maka biogas akan memiliki nilai kalor yang tinggi. Sebaliknya, jika kadar metana rendah dan karbon dioksidanya tinggi maka biogas akan memiliki nilai kalor yang rendah. Nilai kalor biogas yang tinggi adalah sekitar 4800 - 6700 kkal/m³. Seribu ft³ atau 28,32 m³ biogas sama dengan 1 US galon butana atau 5,2 galon bensin atau 4,6 galon minyak diesel (Pranata I Wayan Diana Eka, Dantes Kadek Rihendra, 2020). Proses pembentukan biogas ditentukan oleh tiga kelompok bakteri yang berperan yaitu : Kelompok bakteri fermentasi seperti jenis *Streptococcus* dan *Enterobacteriaceae*, kelompok bakteri asetogenik seperti *Desulfovibrio*, dan kelompok bakteri metanogenik seperti *Methanosarcina* dan *Methanococcus* (Destilia Anggraini, Mutiara Bunga Pertiwi, 2012). Dengan demikian, salah satu langkah untuk mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap sumber-sumber energi yang tidak dapat diperbaharui merupakan pengembangan bioenergi seperti biogas. Artikel ini merangkum informasi terbaru tentang pemanfaatan limbah sayur dan kotoran sapi pada pembuatan biogas.

2. METODE PENELITIAN

Artikel ini merupakan artikel *review* dari berbagai jurnal penelitian tentang pemanfaatan limbah sayur dan kotoran sapi menjadi Biogas sebagai sumber energi terbarukan. Artikel ini membahas tahapan pembentukan biogas dengan bahan baku limbah sayur dan kotoran sapi, pemanfaatan biogas di beberapa negara dan potensi pengembangan biogas di Indonesia.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

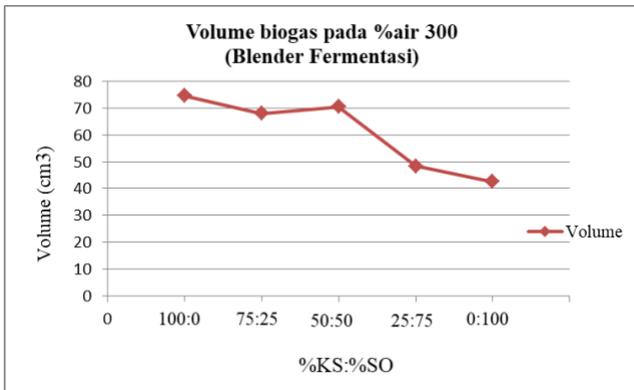
Secara umum, pembentukan biogas terdiri dari 3 proses yakni hidrolisis, asidifikasi atau pengasaman, dan pembentukan gas metana atau metanogenik. Pada proses hidrolisis, bahan organik dipecah secara eksternal oleh mikroorganisme menggunakan enzim ekstra sel yaitu selulose, amilase, protease, dan lipase. Mikroorganisme atau bakteri akan memutuskan rantai panjang karbohidrat kompleks, protein dan lipida menjadi senyawa sederhana dengan rantai yang lebih pendek. Pada proses asidifikasi atau pengasaman, bakteri anaerobik akan menghasilkan asam dan mengubah senyawa yang dihasilkan proses hidrolisis (senyawa rantai pendek) sehingga pada proses metanogenik, bakteri metanogenik mengubah dengan senyawa hasil proses asidifikasi dengan berat molekul rendah menjadi senyawa dengan berat molekul tinggi yang mana proses ini memerlukan kerjasama antara bakteri asidifikasi dan bakteri metanogenik. Apabila proses kerjasama antara kedua bakteri tersebut tidak berjalan dengan semestinya, akan timbul kondisi toksik bagi mikroorganisme penghasil asam (Kamandang, Zetta Rasullia, 2020)

Menurut (Haryati, 2006) tekbologi fermentasi atau *anaerobic digesting* untuk memperoleh biogas serta penangkapan gas metana dari lokasi tumpukan pembuangan sampah tanpa harus membuat digester khusus merupakan dua teknologi umum yang baru dikembangkan saat ini. Akan tetapi, teknologi digester anaerobik inilah yang lebih banyak digunakan karena memiliki beberapa keuntungan baik dari segi pengolahan limbah, energi, lingkungan, dan ekonomi (Haryati, 2006).

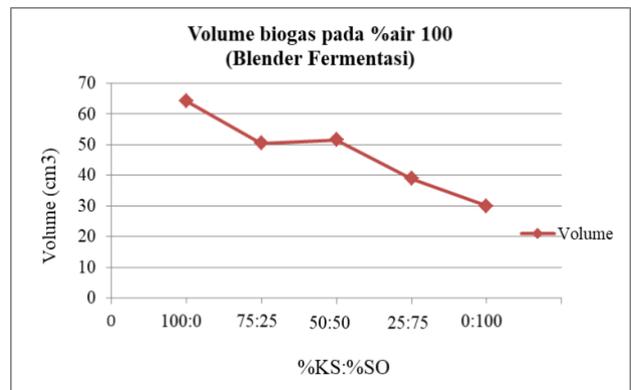
Pembuatan biogas dimulai dengan mengecilkan ukuran sampah (mencacah halus) kemudian mencampurkan sampah sayur halus, kotoran sapi, dan air dengan komposisi tertentu yang telah ditentukan sebagai variabel. Campuran substrat tersebut selanjutnya dihomogenkan dengan melakukan pengadukan sebelum proses berlangsung proses pembusukan (fermentasi) yang biasanya terjadi selama 10-12 hari (Fitri & Dhaniswara, 2018). Selama proses fermentasi juga perlu dilakukan pengadukan dengan tujuan mencegah terjadinya pemisahan dalam substrat seperti bahan-bahan yang mengapung, memberikan kondisi suhu yang seragam dalam seluruh bagian substrat pada digester, serta mencampurkan mikroorganisme metanogen agar dapat menghasilkan metana sebagai produk hasil samping metaboliknya secara optimal dalam kondisi anoxic. (Rahadi et al., 2018).

Variabel yang digunakan adalah perbandingan campuran antara sampah sayuran (%SS) dan kotoran sapi (%KS) dengan perbandingan antara %KS dan %SS yakni 100:0; 75:25; 50:50; 25:75; 0:100. Air yang

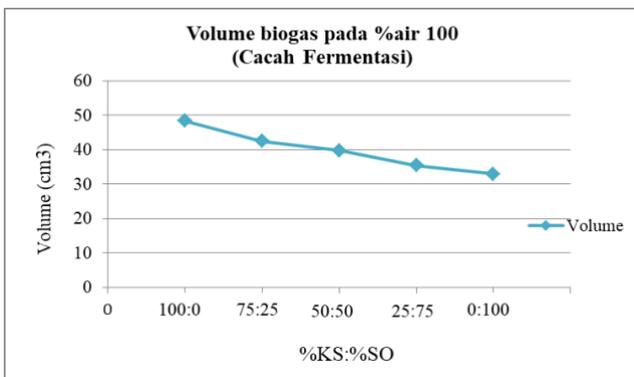
berfungsi pelarut ditambahkan dengan persentase sebesar 100% dan 300% (Fitri & Dhaniswara, 2018). Dengan tampilan grafik sebagai berikut :



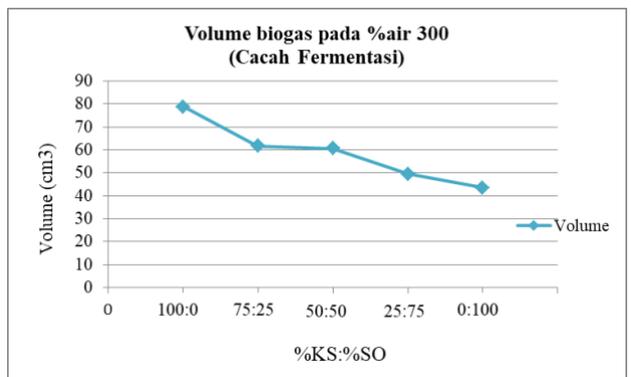
Gambar 2. Volume biogas pada %air 300 (Blender Fermentasi)



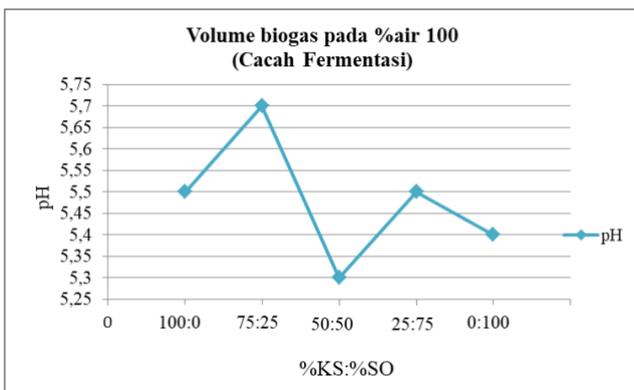
Gambar 3. Volume biogas pada %air 100 (Blender Fermentasi)



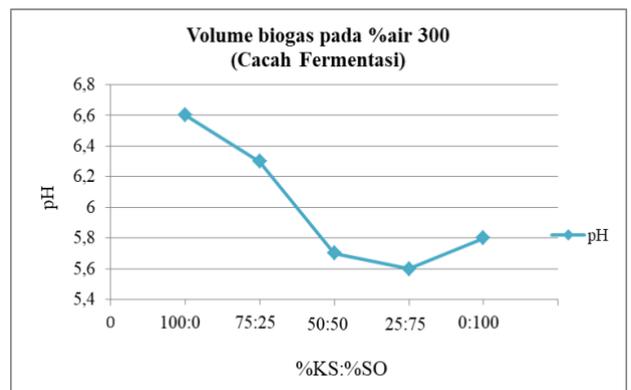
Gambar 4. Volume biogas pada %air 100 (Cacah Fermentasi)



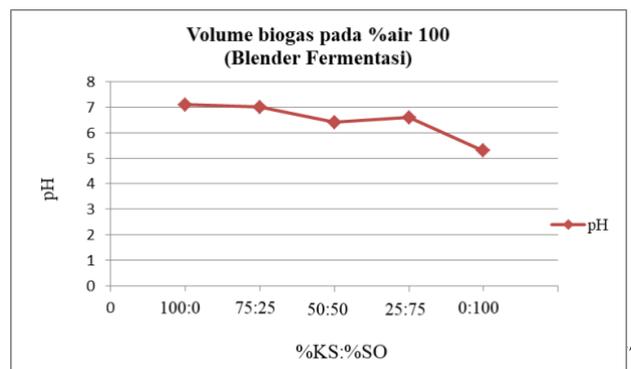
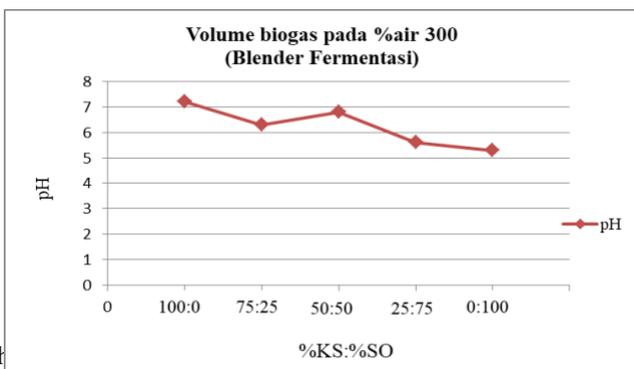
Gambar 5. Volume biogas pada %air 300 (Cacah Fermentasi)



Gambar 6. Volume biogas pada %air 100 (Cacah Fermentasi) terhadap pH



Gambar 7. Volume biogas pada %air 300 (Cacah Fermentasi) terhadap pH



Gambar 7. Volume biogas pada %air 300 (Blender

Gambar 8. Volume biogas pada %air 100 (Cacah

Fermentasi terhadap pH
Dalam tahapan pemrosesan biogas ini, diberikan perlakuan tambahan berupa penambahan *Effective Microorganism 4* (EM4). Penambahan EM4 terhadap limbah organik ini akan mempercepat proses terbentuknya biogas. EM4 mengandung mikroorganisme inokulasi yang terdiri dari *Lactobacillus Sp* sedikitnya 90% yang berfungsi untuk memproduksi asam laktat saat proses peruraian material organik sehingga mempercepat perombakan senyawa organik lignin dan selulosa (Aulia Maulidina, Tasyakurnisa Fatihah, Vini Ayuni, Wafa Raihanah Arwa, 2019).

Biogas juga mengandung uap air yang berasal dari udara. Jumlah uap air ini sangat dipengaruhi oleh suhu udara. Kandungan uap air dalam biogas akan meningkat apabila suhu udara tinggi dan sebaliknya, akan menurun bila suhu udara rendah. Disamping kandungan uap air, kandungan lain yang terdapat dalam biogas adalah gas hydrogen sulfida dan karbon dioksida. Gas hydrogen sulfida berasal dari hasil pemecahan substrat organik oleh mikroorganisme dengan karakteristik gas berbau namun besarnya tidak lebih dari 2%. Sedangkan gas karbon dioksida dapat menghambat proses pembakaran sehingga menurunkan nilai bakar biogas dan perlu dihilangkan (Widyastuti & Suyantara, 2017).

Pembentukan gas metana (CH_4) merupakan tahap penting dalam pembuatan biogas, karena kandungan metana akan menunjukkan nilai kualitas biogas. Biogas dengan kualitas yang bagus artinya memiliki kandungan gas metana yang tinggi. Biogas yang dibuat dari campuran sampah sayuran dan kotoran sapi akan memiliki kualitas yang lebih baik apabila persentase kotoran sapi lebih besar dibandingkan dengan sampah sayuran. Hal ini dikarenakan dalam kotoran sapi terdapat lebih banyak bahan selulosa yang sudah setengah terurai akibat dicerna dalam perut sapi sehingga lebih mudah dirombak oleh bakteri pembentuk gas metana pada saat proses metanogenik saat fermentasi menghasilkan biogas. Adapun waktu tinggal fermentasi juga sangat berpengaruh terhadap komposisi gas metana yang dihasilkan. Pertumbuhan bakteri akan mencapai puncak dengan penambahan massa sel yang melebihi inoculum asalnya pada hari ke-21, sehingga jumlah populasi bakteri mencapai titik tertinggi. Pada saat ini pembentukan gas metana akan paling optimal sebagai hasil dari aktivitas bakteri. (Destilia Anggraini, Mutiara Bunga Pertiwi, 2012).

Selain itu, volume biogas yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh konsentrasi *slurry* dimana komposisi *slurry* ini terdiri dari padatan sampah sayuran dan kotoran sapi yang ditambahkan dengan air. Pada proses produksi biogas, ada suatu fase dimana bakteri metan mulai mengalami penurunan karena pengurangan substrat sehingga makanan bakteri atau sumber karbon bagi bakteri berkurang, fase ini disebut dengan *deathphase*. Pada saat *deathphase*, pertumbuhan bakteri akan menurun karena banyak bakteri yang mati sehingga produksi metan juga menurun. Sejalan dengan menurunnya metan yang diproduksi maka biogas yang dihasilkan volumenya juga sedikit. Apabila konsentrasi *slurry* yang digunakan semakin tinggi maka akan dihasilkan biogas dengan volume yang besar karena dengan konsentrasi *slurry* yang tinggi tersedia substrat yang cukup banyak agar pertumbuhan bakteri menjadi optimal dan produksi biogas juga akan optimal. Sedangkan bila konsentrasi *slurry* terlalu rendah, jumlah substrat yang kurang akan menurunkan hasil hidrolisis yang mengakibatkan produksi gas metana (biogas) juga kecil. (S Felix et al., 2012). Di dalam *slurry biogas* dari kotoran sapi terkandung senyawa-senyawa antara lain nitrogen sebesar 1,8-2,4 %, forfor dalam bentuk P_2O_5 sebesar 1,0-1,2 % , potassium dalam bentuk K_2O sebesar 0,6-0,8 % , dan bahan organik lain sebesar 50-75 % (Haryati, 2006).

Setelah biogas mengalami proses fermentasi beberapa hari, akan dilakukan uji nyala biogas. Uji nyala bertujuan untuk mengetahui sifat *flammable* dari gas yang dihasilkan oleh proses fermentasi yang menjadi indicator bahwa gas bahan bakar telah terbentuk (Mulyanto et al., 2018). Selain itu, apabila biogas memiliki kandungan metana yang tinggi maka biogas tersebut juga akan memiliki nilai kalor (*calorific value*) yang tinggi pulayang menunjukkan kualitas dari biogas. Kualitas biogas dapat ditingkatkan dengan perlakuan terhadap beberapa parameter seperti kandungan hydrogen sulfida, air dan karbon dioksida yaitu dengan menurunkan atau menghilangkan kadar dari parameter tersebut. Hidrogen sulfida juga bersifat racun dan menyebabkan korosi, sehingga konsentrasi yang diijinkan terkandung dalam biogas tidak lebih dari 5 ppm (Widyastuti & Suyantara, 2017).

Pemanfaatan Biogas di Beberapa Negara

Di Inggris pemanfaatan biogas telah dilakukan sejak sebelum ada listrik, dengan sumber biogas diperoleh dari saluran pembuangan yang terletak di bawah tanah yang kemudian digunakan sebagai bahan bakar lampu jalan atau sering dikenal dengan *gaslight*. Biogas dimanfaatkan untuk penyediaan energi dengan menggunakannya untuk menghasilkan udara panas, air panas, atau uap panas (*steam*). Biogas juga dapat digunakan sebagai bahan bakar generator pembangkit listrik setelah melalui proses penyaringan untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik, sedangkan pemadatan biogas dapat dipakai sebagai bahan bakar kendaraan (Haryati, 2006). Biogas juga dapat digunakan sebagai pengganti gas alam atau propana dalam pemanas ruangan, lemari pendingin, dan kompor gas.

Di negara berkembang atau negara dunia ketiga, biogas telah membawa keuntungan di bidang kesehatan, sosial, ekonomi atau finansial, serta lingkungan yang berasal dari pengolahan hasil samping yakni limbah sektor peternakan. Sedangkan produksi dan pemanfaatan biogas dalam skala kecil telah umum dilakukan di daerah pedesaan di China dan India dimana pada akhir tahun 1993, sekitar seperlima sampai seperempat juta petani di negara tersebut telah mempunyai *digester* penghasil biogas yang memiliki kapasitas produksi metan mencapai 1,2 miliar m³ per tahun. Di India, teknologi produksi biogas untuk memenuhi kebutuhan energi di pedesaan seperti untuk pompa irigasi dan pembangkit listrik telah berkembang dan didiseminasikan secara luas (Haryati, 2006).

Di Amerika, industri – industri peternakan yang sudah sangat maju memiliki masalah serius dengan volume kotoran ternak yang sangat besar sehingga diperlukan sistem manajemen kotoran ternak yang mampu mengatasi serta mencegah masalah polusi dan dapat menghasilkan energi, hal inipun menjadi suatu yang menarik untuk menjadi subyek studi. Proses *anaerobic digesting* untuk memproduksi biogas ini telah umum dilakukan di sektor peternakan baik skal besar maupun kecil karena dapat menyediakan solusi terhadap masalah penanggulangan kotoran ternak, di samping itu juga menjadi sumber energi listrik dan panas alternatif untuk memenuhi kebutuhan masyarakat lokal (Haryati, 2006).

Potensi Pengembangan Biogas di Indonesia

Di Indonesia pemanfaatan biogas sebagai energi alternatif sangat mungkin untuk diterapkan di tingkat masyarakat dengan adanya fakta bahwa bahan bakar minyak dari fosil yang semakin menipis keberadaannya dan harganya yang relatif mahal. Potensi energi yang dapat dihasilkan oleh limbah biomassa padat di seluruh Indonesia diperkirakan mencapai 49.807,43 MW. Namun, sumber bahan baku biogas dari biomassa yang melimpah tersebut belum dimanfaatkan secara maksimal. Pemerintah Indonesia telah melaksanakan beberapa program untuk meningkatkan pemanfaatan biogas dan teknologinya seperti pelatihan mengenai instalasi dan pengoperasian *digester* untuk masyarakat. Pada tahun 1984, baru terdapat 100 unit *digester* yang dibangun Indonesia, tetapi tahun 1993 telah menjadi 350 unit. Peningkatan jumlah *digester* ini tidak signifikan, hal ini disebabkan karena biaya pembuatan instalasi *digester* yang masih relatif mahal.

Perkembangan teknologi biogas di beberapa negara maju berjalan mengikuti perkembangan teknologi secara umum, sedangkan di Indonesia, teknologi biogas masih dianggap mahal sehingga kepemilikan dan pemeliharannya hanya dilakukan secara kolektif. Kendala lain dalam pemanfaatan teknologi biogas di Indonesia adalah kurangnya sosialisasi, kurangnya pengetahuan tentang pemeliharaan *digester*, serta penerapan teknologi biogas yang belum praktis di kalangan masyarakat sehingga penggunaan teknologi biogas ini tidak populer di kalangan peternak atau pengoperasiannya yang tidak berkelanjutan sehingga instalasi yang ada banyak yang berhenti beroperasi (Haryati, 2006).

4. KESIMPULAN

Artikel ini menunjukkan secara ringkas terkait efektifitas dari limbah sayuran dan kotoran sapi untuk dijadikan sebagai sumber energi terbarukan dan potensi pemanfaatannya di berbagai negara termasuk Indonesia. Proses pemanfaatan limbah sayur dan kotoran sapi menjadi biogas sebagai energi terbarukan terdiri dari tahap hidrolisis, pengasaman, dan metanogenik dengan menggunakan *biodigester* serta penambahan *Effective Microorganism 4* (EM4) untuk mempercepat proses fermentasi. Adapun teknologi *digester* anaerobik lebih banyak digunakan karena memiliki beberapa keuntungan baik dari segi pengolahan limbah, energi, lingkungan, dan ekonomi. Perbandingan komposisi antara limbah sayur dan kotoran sapi juga sangat menentukan kualitas dari biogas yang dihasilkan. Komposisi limbah sayuran 30% dan kotoran sapi 70 % menghasilkan gas metana yang lebih banyak pada biogas. Senyawa metana (CH₄) sendiri merupakan komponen yang sangat penting dimana komponen tersebut menunjukkan kualitas biogas yang dihasilkan sehingga semakin banyak kandungan gas metana (CH₄) yang dihasilkan maka semakin tinggi kualitas biogasnya. Pemanfaatan biogas sebagai energi terbarukan telah lama digunakan di beberapa negara seperti

India, Cina, dan Amerika. Potensi penggunaan biogas akan terus meningkat karena teknologi pemrosesannya masih dapat terus dikembangkan agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal. Peningkatan gas metana ini terjadi pada waktu tinggal fermentasi biogas hari ke-21 dimana pada waktu tersebut terjadi peningkatan jumlah populasi bakteri. Adapun teknologi biogas di Indonesia sendiri masih belum terlalu populer sehingga perlu adanya peningkatan upaya sosialisasi dan penelitian agar dapat menciptakan teknologi biogas dengan biaya konstruksi dan pengoperasian yang lebih murah dan sederhana sehingga akan meningkatkan minat masyarakat untuk menggunakannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia Maulidina, Tasyakurnisa Fatihah, Vini Ayuni, Wafa Raihanah Arwa, Z. F. A. (2019). Alat Peraga Pembelajaran Biogas Dari Limbah Sayuran. *Journal Of Engineering Practice*, 1(1).
- Destilia Anggraini, Mutiara Bunga Pertiwi, D. B. (2012). Pengaruh Jenis Sampah, Komposisi Masukan Dan Waktu Tinggal Terhadap Komposisi Biogas Dari Sampah Organik. *Journal Teknik Kimia*, 18(1), 17–23.
- Erickson Sarjono Siboro, Edu Surya, & Netti Herlina. (2013). Pembuatan Pupuk Cair Dan Biogas Dari Campuran Limbah Sayuran. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(3), 40–43. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i3.1448>
- Fitri, M. A., & Dhaniswara, T. K. (2018). Pemanfaatan kotoran sapi dan sampah sayur pada pembuatan biogas dengan fermentasi sampah sayuran. *Journal of Research and Technology*, 4(1), 47–54.
- Haryati, T. (2006). Biogas : limbah peternakan yang menjadi sumber energi alternatif. *Journal WARTAZOA*, 16.
- Kamandang, Zetta Rasullia, D. P. S. B. C. (2020). Pemanfaatan Teknologi Biogas Untuk Pengelolaan Sampah Organik. *Jurnal Abdimas Teknik Kimia*, 02(1).
- Mulyanto, S., Zulkifli, & Milaningrum, E. (2018). Perbandingan sampah organik rumah tangga dengan sampah organik pasar terhadap prosentase kandungan gas metana pada biogas. *Polimesin*, 16(2), 43–46.
- Parinduri, L., & Parinduri, T. (2020). Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 5(2), 88–92.
- Pranata I Wayan Diana Eka, Dantes Kadek Rihendra, W. I. G. (2020). Rancang Bangun Reaktor Pengolah Limbah Organik Menjadi Biogas Sebagai Bahan Bakar Alternatif Kendaraan Bermotor. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.23887/jptm.v8i1.27294>
- Rahadi, B., Dheta, A., Aji, S., Hidayat, R., & Sumberdaya, J. (2018). Penerapan Teknologi Biogas Dalam Mereduksi Pencemaran Limbah Kotoran Sapi Dengan Konsep Infilter (Integrasi Food , Feed , Fuel , And Fertilizer) Di Desa Garung Kabupaten Lamongan. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 5, 18–27.
- S, A. F., Paramitha, S. B. U., & Ikhsan, D. (2012). Pembuatan Biogas Dari Sampah Sayuran. *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri*, 1(1), 103–108.
- Widyastuti, S., & Suyantara, Y. (2017). Penambah an Sam Pah Sayuran Pada Fermentasi Biogas Dari Kotoran Sapi Dengan Starter Em4. *Jurnal Teknik WAKTU*, 15(1), 36–42. <https://doi.org/10.36456/waktu.v15i1.433>