

Efektivitas Reaktor Biogas dan Pengolahan Limbah Bioslurry Sebagai Sumber Energi Rumah Tangga Serta Hara Organik Pada Wilayah Pertanian Di Halmahera Timur

Suparman¹, Suryati Tjokrodingrat², Zauzah Abdullatif², Said Hasan³,
Yunus Syafie⁴, Asrul Dedy Ali Hasan⁵

¹Program Studi Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia

³Program Studi Biologi, Fakultas Ilmu Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia

⁴Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia

⁵Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia.

Corresponding Author: spiceternate@gmail.com

Received: 28 Oktober 2023

Accepted: 30 November 2023

Available online: 19 Desember 2023

ABSTRACT

East Halmahera is the main area for developing rice and beef cattle in the North Maluku region. The cultivation of food crops and livestock production generates substantial waste which requires proper management. Precise waste management can reduce environmental pollution in agricultural areas while creating added value opportunities. Rice waste is used with cow manure to produce biogas and organic fertilizer through anaerobic digestion technology. In this research, rice waste and cow dung were used to produce biogas and organic fertilizer through anaerobic digestion. The research is a continuation of previous studies on biogas production in a laboratory setting. The study is divided into two stages: firstly, the production of biogas, and secondly, the creation of organic fertilizer from the remaining bioslurry. The performance of a Modified Profile Anaerobic Reactor biogas digester was evaluated using standard parameters such as pH, temperature, total solids, and flame duration. The nutrient content of the organic fertilizer was tested based on various parameters, including C-organic, Nitrogen (N), C/N ratio, Phosphorus (P₂O₅), and Potassium (K₂O). The results of the research showed that a biogas reactor with a capacity of 2.200 kg produced 4.2 kg of biogas with a flame duration of 12 hours, 7 minutes, and 10 seconds. The average temperature during the process was 29°C, and the total solid organic material decomposition was 33%. Total solid processed organic fertilizer with a C/N value of 16.53, C-Organic content of 24.16%, macronutrients N 1.93%, P₂O₅ 0.37%, and K₂O of 1.75%.

Keywords: biogas, organic fertilizer, rice husks, cow dung, and East Halmahera.

I. PENDAHULUAN

Produksi limbah padi di Halmahera Timur per tahun untuk jenis sekam rata-rata berkisar 5.200 ton, jerami sekitar 10.400 ton. Adapun produksi kotoran sapi berkisar 139.5 ton per hari. Salah satu permasalahan yang perlu ditangani pada wilayah ini adalah limbah sisa panen dan kotoran sapi. Kedua jenis limbah ini semakin meningkat setiap tahun dan dibuang ke lingkungan pertanian tanpa pengolahan. Jenis limbah organik lain yang melimpah di Wasile Timur adalah bahan sisa panen dari jenis leguminosa. Selama ini umumnya penanganan limbah padi dilakukan dengan cara dibakar lalu dibiarkan tanpa proses lanjutan. Padahal limbah padi memiliki kandungan karbon

yang dapat digunakan untuk biogas melalui proses pencernaan anaerobic, dan residu pengolahan biogas dapat digunakan sebagai sumber hara berkelanjutan bagi lahan pertanian (Goel dan Leela, 2016; Elizabeth dan Rusdiana, 2018). Sekam padi mengandung 50 % selulosa, 25 – 30 % lignin, dan 15 – 20 % silika. Sekam padi yang dikombinasikan dengan kotoran sapi potensial sebagai sumber energi alternatif (Syamsu, 2006 dalam Setiarto, 2013; Syahputra, 2009; Syamsuddin, 2005; Ismail dan Waliuddin, 1996). Kendati demikian, para pelaku pertanian di Halmahera Timur sejauh ini belum memanfaatkan limbah sebagai sumber energi alternatif maupun sumber hara tanaman pertanian, diduga terkait

dengan kurangnya informasi tentang potensi limbah dan belum berkembangnya keterampilan pengolahan limbah di daerah ini. Hal ini mempengaruhi kebiasaan petani dalam penanganan limbah.

Dalam hal energi, keluarga petani umumnya mengandalkan bahan bakar minyak tanah. Sementara sumber hara untuk tanaman budidaya dipasok dari pupuk kimia. Penarikan subsidi pemerintah terhadap energi dan pupuk telah menyebabkan naiknya harga minyak tanah, berpotensi mendorong masyarakat beralih pada penggunaan sumber energi kayu bakar. Sejalan dengan penarikan subsidi tersebut harga pupuk juga semakin mahal. Kondisi ini telah meningkatkan tekanan pada perekonomian keluarga petani. Padahal petani-peternak di Halmahera Timur selayaknya mampu memenuhi kebutuhan energi rumah tangga juga konservasi hara lahan pertanian secara mandiri, terutama pada era dimana subsidi pemerintah untuk komoditas minyak tanah dan pupuk semakin berkurang. Bagaimanapun energi dan pangan merupakan elemen penting untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia, sehingga harus terpenuhi melalui berbagai cara, termasuk pengalihan penggunaan sumber energi dari minyak tanah ke bahan bakar kayu yang diperoleh dari hutan sekitar. Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu upaya untuk memanfaatkan limbah sisa panen padi dan kotoran sapi menjadi bahan bakar biogas untuk keperluan rumah tangga, sedangkan bioslurry hasil samping produk biogas diolah menjadi pupuk menggunakan digester anaerobic. Digester anaerobic (Anonymous, 2011; 2008; Ahring, 2003) mampu mengolah limbah jenis material sisa panen tanaman dan kotoran ternak dengan mengoptimalkan fungsi senyawa dalam setiap jenis bahan limbah secara komplementer untuk meningkatkan biodegradabilitas dan memproduksi biogas, serta pupuk organik dari bioslurry sisa olahan biogas tanpa limbah sisa atau zero waste (Insam *et al.*, 2015; Haryati, 2006).

Teknologi biogas dengan konsep zero waste (Deublin and Steinhauser, 2008) memiliki beberapa manfaat yaitu menyediakan energi alternatif, bersifat terbarukan yang ramah lingkungan, memberikan kontribusi positif dalam hal menekan laju pemanasan global, mencegah eksploitasi kayu bakar di hutan, dan memelihara konservasi lahan pertanian. Menghasilkan biogas dari reactor selain mudah pengoperasiannya, bahan baku limbah organik juga tersedia. Teknologi biogas dapat difungsikan dalam sistem manajemen limbah yang secara simultan memproduksi energi. Keunggulan teknologi ini terletak pada kemampuannya mengkonversi limbah organik menjadi energi dan mengolah sisa energi menjadi pupuk organik. Digester biogas skala kecil (kapasitas 2.200 liter) dapat digunakan secara luas untuk memproduksi biogas sebagai produk utama dan secara bersamaan menghasilkan digestate berupa pupuk organik dari degradasi limbah. Kumulatif per kilogram limbah padi memproduksi biogas rata-rata 0.03 m³ dan kotoran sapi menghasilkan biogas sebanyak 0.04 m³. Setiap m³ biogas

setara 0.46 kg elpiji atau 0.65 liter minyak tanah, dan 3.50 kg kayu bakar (Elizabeth dan Rusdiana, 2018; Pertiwiningrum, 2016; Dianawati dan Mulijanti, 2015). Karena itu Biogas layak menjadi alternatif pengganti minyak tanah maupun elpiji untuk memenuhi kebutuhan energi rumah tangga. Instalasi biogas memiliki tipe bervariasi dan dapat disesuaikan menurut geografis, ketersediaan bahan baku dan kondisi iklim. Tipe batch digunakan pada penelitian ini atas pertimbangan ketersediaan bahan sewaktu-waktu, dimana pada pengoperasian digester bahan dimasukkan sekali dan ketika produksi gas menurun dilakukan pergantian bahan dengan yang baru.

Secara umum model *plug flow* sesuai digunakan di Wilayah Halmahera Timur menggunakan kotoran sapi dan limbah padi sebagai substrat bahan baku. Penggunaan bersama kedua jenis bahan baku sebagai substrat digester biogas berdasarkan uji skala laboratorium memperlihatkan kemampuan meningkatkan kuantitas dan kualitas biogas lebih baik dibandingkan penggunaan bahan tunggal. Adapun rancang bangun *plug flow* dimodifikasi dengan pertimbangan memiliki desain sederhana dan dapat dibuat dengan bahan yang ada di lokasi sehingga mudah diadopsi dan dikembangkan oleh pengrajin local. Cara operasional dan perawatan *plug flow* mudah, berbiaya murah, konstruksi instalasi tahan lama, dimana waktu penggunaan berkisar lebih dari dua puluh tahun. Digester biogas efektif untuk mengubah berbagai limbah organik menjadi biogas dengan beberapa keunggulan yaitu stabilisasi limbah, penyedia energi ramah lingkungan, produksi pupuk hayati dan konservasi tanah, pengurangan emisi gas rumah kaca, penurunan tingkat deforestasi dan kemudahan teknologi. Fleksibilitas pencernaan anaerobik juga memungkinkan berbagai substrat organik yang dihasilkan petani seperti limbah umbi-umbian, palawija, jagung dan kacang-kacangan dapat digunakan sebagai substrat digester biogas (Arfian *et al.*, 2017). Biogas akan dihasilkan dari proses fermentasi anaerob dengan prasyarat material memiliki C/N rasio 25-30, dan PH netral (Pambudi *et al.*, 2018; Iriani *et al.*, 2017; Syamsudin, 2005). Selanjutnya bioslurry biogas atau ampas biogas ditingkatkan nilai ekonomisnya menjadi pupuk organik yang mengandung C-organik, N, P dan K dengan standar baku mutu pupuk sesuai SNI 7763: 2018. Pengolahan bioslurry dilakukan dengan penambahan mikroba dari isolate local produksi sendiri, dan brangkasian dari leguminosa. Pengolahan pupuk organik dilakukan selama 40 hari dengan pengecekan rutin parameter temperatur, pH dan warna pada hari pertama sampai hari terakhir.

II. Metode Penelitian

a. Bahan Baku

Bahan baku atau substrat digester terdiri dari kotoran sapi dan sekam padi. Fungsi sekam padi terutama sebagai sumber karbon (Liepa dan Pelse, 2014; Kahr dan Jäger, 2011) Kotoran sapi bersumber dari dari peternakan sapi

lokal, dan sekam padi dari penggilingan padi Wasile Timur. Kotoran sapi dari spesies lokal digunakan karena ketersediaannya sepanjang tahun. Digester biogas digestasi kontinyu diisi dengan campuran kotoran sapi menurut perhitungan pada persamaan 1, dengan pengenceran 1:1 ditambahkan ke dalam digester pada interval waktu reguler empat hari sekali (Luthfianto *et al.*, 2012) Pengadukan influen dan katup limbah dikendalikan otomatis. Pengawasan dilakukan pada campuran limbah dan di dalam digester untuk memastikan bahwa tidak ada akumulasi padatan yang terjadi. Penggunaan EM4 untuk memastikan efisien stabilisasi limbah selama pencernaan anaerobik. Komposisi campuran substrat dilakukan dengan memperhitungkan C/N rasio, dihitung berdasarkan persamaan

$$(x \cdot A) + \frac{(y \cdot B)}{x+y} + y = C \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

x = bagian bahan I

A= C/N rasio bahan I

y = bagian bahan II

B = C/N rasio bahan II

C = C/N rasio yang diharapkan

Perhitungan komposisi substrat biogas dimaksudkan untuk mendapatkan C/N Rasio optimum digester anaerobic. Kisaran C/N rasio yang baik sebagai bahan baku biogas adalah 20 – 30. Adapun C/N ratio sekam padi dengan kotoran sapi masing-masing adalah 40 (Matin, *et al.*, 2016; Anonimus, 2011; Sudarmanta *et al.*, 2009). Penelitian ini menggunakan substrat terbaik yang diperoleh dari eksperimen skala laboratorium yaitu, air, kotoran sapi, sekam padi, dan EM4 dengan komposisi berturut-turut 45.45%; 36.36%, 18.18%, dan 1.5%. Volume gas sebanyak 0.25% dari volume digester. Kelebihan produksi gas ditampung oleh kantong gas berkapasitas 0.56m³.

Bahan baku biogas seluruhnya diproses di dalam biodigester, dengan demikian volume biodigester penting dalam proses digesti bahan baku. Penentuan besarnya volume digester mempertimbangkan beberapa faktor yaitu digester dibuat untuk menyalakan kompor biogas dengan kebutuhan gas per rumah tangga adalah 1 - 2.5 m³, volume digester, bahan digester yang digunakan, dan alasan memakai disain digester. Dalam penelitian ini model biodigester dipilih menggunakan tangki air. Penentuan volume digester, mengikuti rumus perhitungan volume tangki air, yaitu:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot t \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2})$$

Dimana:

V = volume penampung gas berbentuk silinder, m³

π = konstanta nilai 3,14

r = Jari – jari penampung gas, m³

t = tinggi digester dalam satuan cm

Berdasarkan persamaan tersebut maka kapasitas digester seluruhnya adalah 2.2m³ atau 2.200 liter. Total subtract biogas dari volume biodigester adalah 1.650 liter,

dan volume gas 550 liter. Selanjutnya bahan baku kompos dalam penelitian ini adalah slurry hasil samping biogas, dengan penambahan brangkasan dari jenis legum kacang, kedelai, dan sabut kelapa sebagai bulking agent. Bahan-bahan tersebut digunakan karena ketersediaannya melimpah di lokasi penelitian.

1.1 Tahap Perancangan dan Tahap Eksperimental Pembuatan Biogas

Rancang bangun bioreactor biogas menggunakan peralatan berupa penampung biogas, kompor biogas, inlet, thermometer, tabung digester kapasitas 2.200 liter, pengaduk, katup outlet, dan manometer. Rancang bangun biogas model digester merupakan desain dimodifikasi menggunakan system purifikasi yang dirancang sendiri. Proses purifikasi berpengaruh pada optimalisasi kandungan metana maupun produktifitas system biogas. Tahapan rancang bangun bioreactor biogas dimulai dengan tahap pembuatan instalasi biogas termasuk bak pengadukan, tahap pemasangan instalasi saluran biogas, dan tahap operasional serta pengujian bioreactor. Pembuatan instalasi biogas meliputi penentuan lokasi dengan kriteria utama bebas air tanah, tetapi dekat dengan sumber bahan baku. Kriteria lainnya yaitu ruang proses pembentukan biogas harus kedap air dan udara, sehingga reaktor harus kedap air dan kedap udara. Adapun pembuatan biogas meliputi tiga tahap yaitu, tahap pelarutan, berlangsung pada temperatur 25°C di biodigester menurut metode Price dan Cheremisinoff (1981) dalam I Putu Wiratmana *et al.*, (2012); Tahap Pengasaman, berlangsung pada temperatur 25°C di biodigester (Price dan Cheremisinoff, 1981). Untuk menjaga pH digester, pada awal pembuatan biogas ditambahkan larutan air garam yang diasamkan; Tahap Gasifikasi, sekitar 27 hari. Untuk menghasilkan biogas, bahan organik yang dibutuhkan, ditampung dalam biodigester. Tujuan penelitian ini adalah pengembangan hasil eksperimen laboratorium ke tahap operasional guna mendapatkan biogas dari kotoran sapi dan sekam padi yang langsung digunakan untuk memasak. Eksperimen menghasilkan biogas tertinggi yaitu komposisi kotoran sapi dan sekam padi pada C/N rasio 25.51, selanjutnya diimplementasikan pada pembuatan biogas skala rumah tangga. Variabel yang diukur selama pembuatan biogas adalah, (1) Tekanan gas di dalam biodigester menggunakan persamaan PV=mRT (Nm). Pengukuran tekanan dilakukan setiap 6 jam, yaitu dari pukul 06.00, pukul 12.00 sampai pukul 18.00 mengacu pada Sugriwan *et al.*, (2012) (2) Temperatur (°C); (3) Volume biogas Volume gas yang diproduksi diukur setelah biodigester terisi penuh dan aliran bahan berjalan tiap hari selama 2x27 hari. Volume gas dihitung dengan cara menghitung volume yang dapat dibentuk gas pada penyimpanan sementara per hari dan diukur tekanannya. Pengukuran volume gas menggunakan perhitungan volume V= π.r².t; (4) Uji nyala, meliputi warna dari nyala api, dan lama nyala api biogas yang dihasilkan (Ramadhani, 2017); (5) Total solid dihitung

berdasarkan persentase rasio bahan kering dan bahan basah; dan (6) Volume slurry (DeBaere L. 2000).

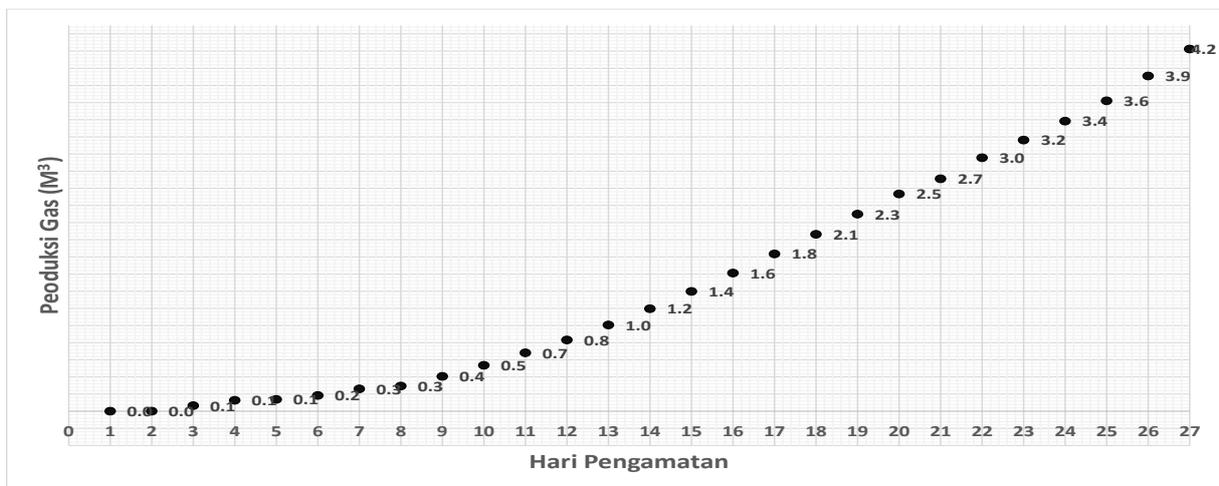
1.2 Pembuatan Pupuk Organik

Bioslurry yang dihasilkan dari pembuatan biogas di peras untuk mendapatkan padatan sebagai bahan baku pupuk organik. Selanjutnya padatan bioslurry sebanyak 300kg ditempatkan pada wadah di atas tanah dan diberi atap pelepah daun kelapa guna melindungi bahan dari paparan matahari langsung. Bioslurry dirotasi (pembalikan) secara merata setiap minggu selama empat puluh hari, sesuai metode pengolahan bioslurry oleh Yayasan Rumah Energi (2014). Bahan campuran yang dipakai dalam proses pengolahan bioslurry menjadi pupuk organik yaitu air, legum kacang, legum kedelai, dan sabut kelapa. Komposisi masing-masing bahan adalah bioslurry 300 kg, campuran brangkas kacang dan kedelai 150 kg, dan sabut kelapa 50 kg, arang sekam 50 kg, dan 300 ml JMS atau bakteri isolate local yang diproduksi sendiri. Penambahan bahan campuran bertujuan meningkatkan unsur hara pada pupuk organik. Sebelum ditambahkan ke slurry biogas bahan campuran dari legum kacang, kedelai dicacah terlebih dahulu dengan ukuran $\pm 0.5\text{cm}$. Adapun sabut kelapa dihaluskan dengan cara ditumbuk, untuk memudahkan berlangsungnya proses dekomposisi. Campuran diaduk secara manual. Pencatatan temperatur, pH, warna dan bau dilakukan selama proses fermentasi selang interval waktu pengukuran setiap 3 hari mulai hari ke-1 sampai hari ke-27.

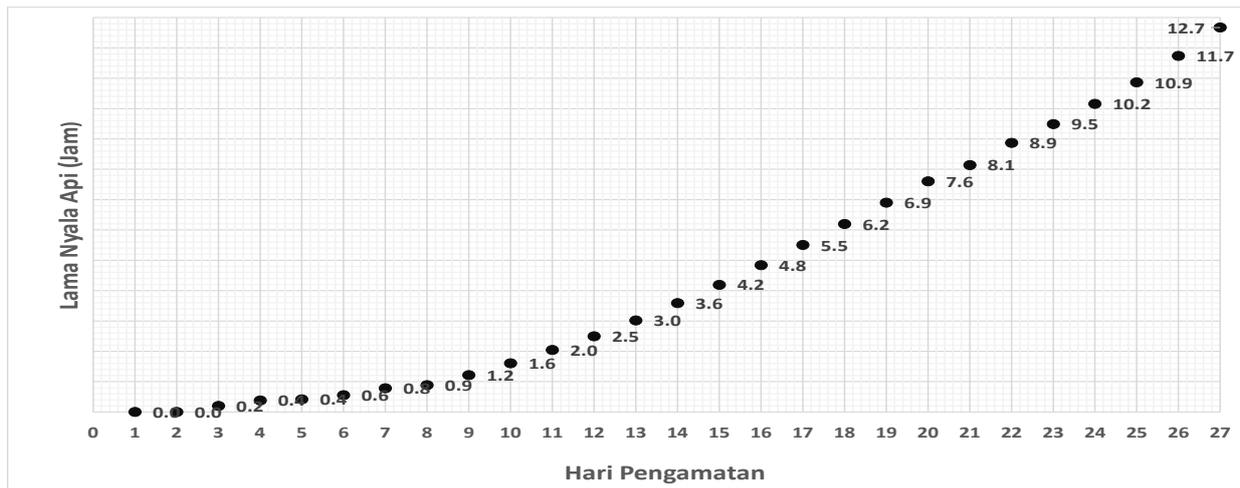
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Produksi Gas dan Lama Nyala Api

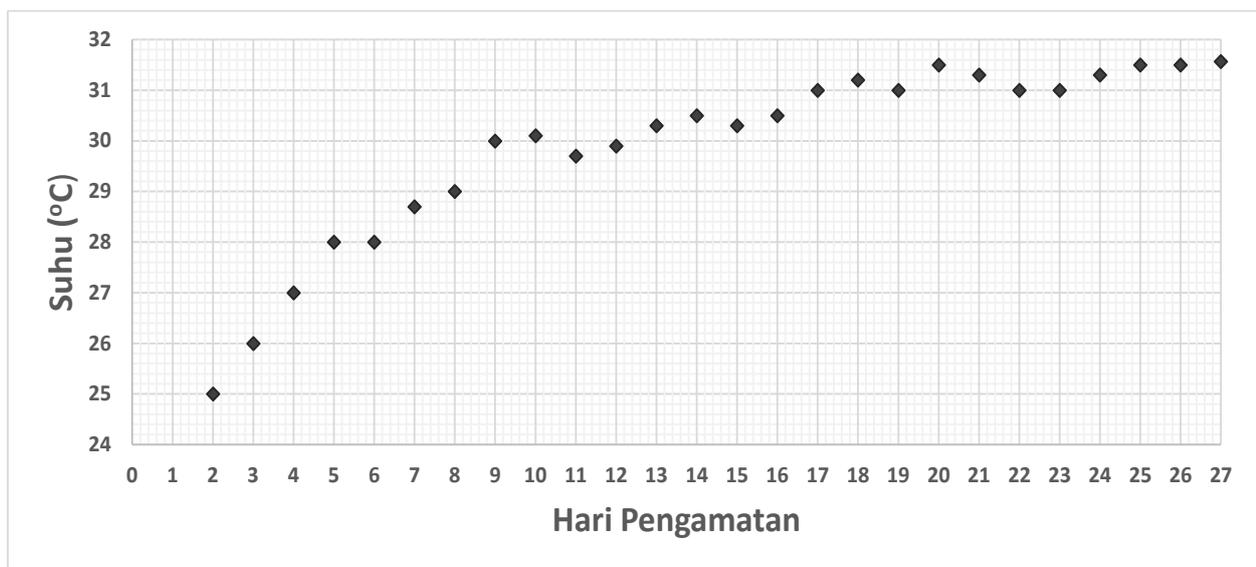
Reactor biogas dengan kapasitas 2.200 liter, menghasilkan biogas 4.2 m³. Produksi biogas mulai terbentuk pada hari ke tiga sebesar 0.07 m³. Produksi biogas memenuhi reactor pada hari ke sepuluh (0.54 m³), dan dialirkan ke kantong penampung. Produksi biogas diamati hingga hari ke dua puluh tujuh dengan hasil biogas sebesar 4.2 m³. Pengamatan terhadap penggunaan 4.2 m³ biogas untuk masak kebutuhan rumah tangga memperlihatkan nyala api selama 12 jam dan 07 menit 10 detik (Gambar 2). Sementara lama nyala api untuk memasak pada hari ke delapan belas tercatat selama 5 jam dan 50 menit 24 detik. Rata-rata harian nyala api biogas setelah hari ke sepuluh hingga hari ke dua puluh tujuh untuk kebutuhan masak rumah tangga berkisar antara 1 jam dan 6 menit, 7 detik sampai 3 jam dan empat menit, 9 detik, berkorelasi dengan waktu pemasokan substrat bahan baku biogas yang ditambahkan secara berkala ke dalam digester. Penambahan substrat ini menyebabkan peningkatan produksi biogas. Nilai energi dalam setiap 1 m³ biogas setara dengan 0.6 – 0.8 liter minyak tanah. Sementara itu reactor biogas dengan kapasitas 2.200 kg menghasilkan biogas 4.2 m³ yang berdasarkan penggunaan nyala api setara dengan 5.88 kg elpiji. Nyala api adalah salah satu indikator keberhasilan proses fermentasi pada reactor biogas. Guna menjamin dan meningkatkan produktivitas mencapai standar perolehannya (4.2 m³ biogas), biodigester memerlukan kelengkapan optimal pilihan perangkat perlengkapan instalasi lengkap terdiri dari mini kompresor, pemurni biogas, gas flow meter, pompa lumpur tersirkulasi, mesin pencacah bahan bakar biogas, grinder, dan perangkat lain sesuai standar pembangkitan kualitas biogas murni (biometan) (Ai-Jie Wang and Wen-Wei, 2017; Al Saedi *et al.*, 2008).



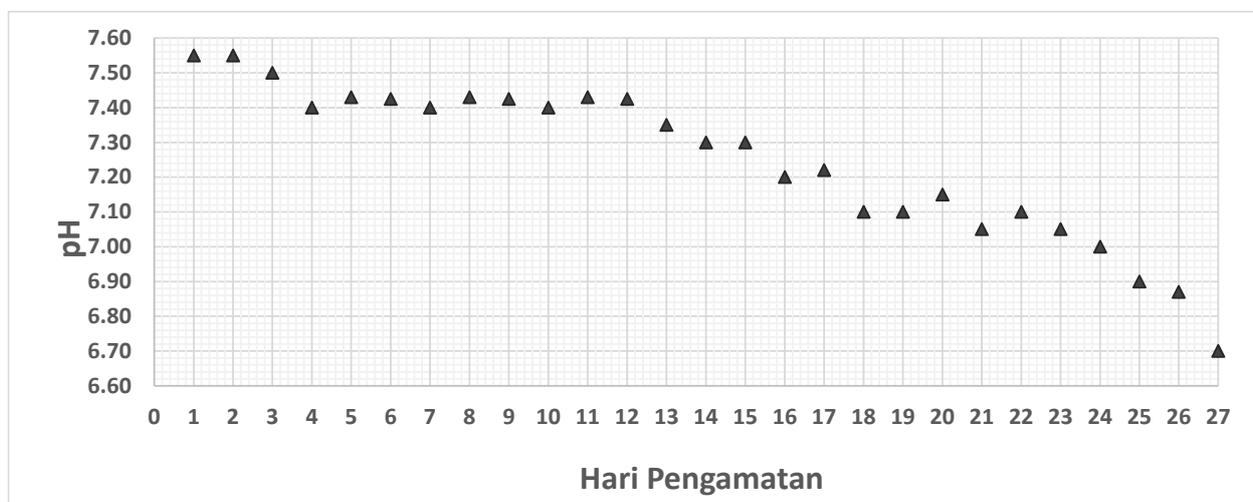
Gambar 1. Produksi biogas hasil reaktor biogas Modified Profile Anaerobic Reactor tipe batch.



Gambar 2. Lama nyala api hasil reaktor biogas Modified Profile Anaerobic Reactor tipe batch.



Gambar 3. Temperatur reaktor biogas Modified Profile Anaerobic Reactor tipe batch.



Gambar 4. pH reaktor biogas Modified Profile Anaerobic Reactor Tipe Batch.

Warna api biru biogas mengindikasikan korelasi nyala api dengan proses penguraian bahan organik secara anaerob. Lama nyala api waktu pengujian pada hari ke-17 pengisian bahan pertama adalah 17 menit 53. Pada pengisian bahan selanjutnya, setiap 3 hari sekali mampu menghasilkan 1 kg gas, dan mampu menyalakan api pada kisaran 38 menit. Nyala api berwarna biru, mengindikasikan biogas dari penguraian bahan organik jenis biomassa limbah padi dan kotoran sapi sebagian besar terdiri dari 50-70% metana (CH_4), 30-40% karbondioksida (CO_2) dan gas lainnya dalam jumlah kecil (Ahring, 2003). Biogas dari sistem teknologi tepat guna melibatkan bakteri anaerob umumnya terdiri atas 70 persen gas metana serta sedikit gas lainnya (Luthfianto *et al.*, 2012; De Baere, 2000). Biogas kotoran sapi dan sekam padi hasil fermentasi memiliki nilai kalor 590 – 700 kkal per kubik, sehingga mampu menghasilkan energi yang disetarakan dengan 0.5 kg gas alam cair, dan 0.5 liter minyak tanah (Pertiwiginum, 2016).

Produksi biogas juga berhubungan dengan karakteristik bahan baku, temperatur, pH, kandungan air, dan perkembangan mikroba. Komponen bahan baku terutama adalah rasio C-N. Rasio C-N yang optimum pada bioslurry yang digunakan berkisar antar 25:1 – 30:1. Bahan organik yang mempunyai rasio C/N tinggi adalah sekam padi. Kadar karbon (C) pada sekam padi sebesar 38,9 % dan kadar nitrogen (N) dalam sekam padi sebesar 0,6 %. Selain itu, sekam padi juga mengandung hydrogen (H) sebesar 1.33%, oksigen (O) 33.64%, dan silica 16.98%. Karakteristik lain yang dimiliki sekam padi adalah kandungan zat volatile matter yang tinggi berkisar antara 60-80% (Kahr and Jäger, 2011). Rasio C-N berhubungan dengan pola konsumsi karbon bakteri anaerob sekitar 30 kali lebih cepat dibanding nitrogen. Jika C/N terlalu tinggi, nitrogen akan dikonsumsi dengan cepat oleh bakteri metanogen untuk memenuhi kebutuhan pertumbuhannya dan hanya sedikit yang bereaksi dengan karbon akibatnya gas yang dihasilkan menjadi rendah. Sebaliknya jika C/N rendah, nitrogen akan dibebaskan dan berakumulasi dalam bentuk amonia (NH_4) yang dapat meningkatkan pH. Jika pH lebih tinggi dari 8,5 akan menunjukkan pengaruh negatif pada populasi bakteri metanogen. Kotoran ternak sapi mempunyai rasio C/N sekitar 24. Sementara itu, beberapa parameter lingkungan internal biodigester berkorelasi dengan pembentukan biogas yaitu, temperatur, pH atau keasaman, dan jumlah total solid.

1.1. Temperatur, dan pH Biodigester

Rata-rata temperatur biodigester dimana proses anaerobic terjadi berkisar 27-32°C. (Gambar 3). Temperatur di dalam digester tersebut disebabkan adanya aktifitas anaerob oleh bakteri yang menyebabkan peningkatan temperatur di dalam digester, disamping kondisi digester yang terpapar langsung oleh sinar matahari. Menurut Syamsudin (2005), selain jenis bahan, produksi biogas juga dipengaruhi oleh temperatur, dan pH. Kondisi temperatur menjadi salah satu hal yang dapat mempengaruhi produktivitas biogas, karena berkaitan

dengan perkembangan bakteri dan pembentukan gas metan. Terkait dengan proses anaerobik di dalam reactor, Ahring (2003) menyatakan bahwa normalnya memiliki dua kisaran temperatur yaitu 25-40°C, untuk tingkatan mesofilik dan lebih dari 40°C untuk tingkatan termofilik.

Kondisi temperatur ini dapat dipengaruhi oleh lingkungan sekitar yang secara tidak langsung ikut mempengaruhi bahan di dalam biodigester tipe bath berbahan polyethylene. Pada kondisi temperatur 27-32°C memungkinkan terjadi proses degradasi senyawa kompleks limbah organik lebih cepat dan kontinyu. Kisaran temperatur tersebut optimum pada perlakuan kondisi digestasi anaerobic, sebagaimana pernyataan Irawan dan Khudori (2015); Darmanto *et al.*, (2012) bahwa operasi fermentasi anaerobik dilakukan pada temperature mesofilik, pada kisaran 28 – 45°C. Pada kondisi tersebut produksi biogas mulai dihasilkan dalam durasi sekitar sepuluh hari, dimana produksi biogas optimum membutuhkan waktu selama delapan belas hari, dan produksi biogas masih kontinyu stabil sampai pengamatan hari ke dua puluh tujuh. Sejalan dengan pencatatan temperature, maka pencatatan pH biodigester selama proses pembentukan biogas berkisar antara 6.7–7.55 (Gambar 4), cenderung mendekati netral.

Kisaran pH mempunyai peran yang cukup penting pada proses pembentukan gas metan di dalam biodigester, dan produksi biogas yang dihasilkan dari penelitian ini berada pada kisaran pH netral. Sejalan dengan laporan dari Pambudi *et al.*, (2018), Iriani *et al.*, (2017), bahwa kisaran pH terbaik untuk produksi biogas berkisar antara 6.5-7.5. Kendati demikian beberapa penelitian melaporkan kisaran pH antara 7.6-8.0 masih cukup baik, bahkan apabila menggunakan bahan baku berbeda.

1.2. Jumlah Total Solid dan Kandungan Hara Pupuk Organik Olahan Bioslurry

Total solid yang dihasilkan sebesar 33%, dihitung menggunakan persentasi dari rasio bahan kering dan bahan basah (sebanyak $\frac{3}{4}$ dari volume biodigester, setara dengan 1.650 liter, sementara volume udara 550 liter). Persentase total solid yang dihasilkan ini berada pada kisaran pemrosesan bahan organik normal yaitu 20-40% (Syahputra, 2009). Sebanyak 300 kg total solid tersebut diolah menjadi pupuk organik padat dengan menambahkan sejumlah bahan pendukung. Hasil analisis pupuk organik padat bioslurry memperlihatkan kandungan unsur hara di dalam pupuk organik padat hasil olahan total solid dengan nilai C/N 16.53, C-Organik 24.16%, hara makro N sebesar 1.93%, P_2O_5 sebesar 0.97%, dan K_2O sebesar 1.75%. Hasil menunjukkan bahwa pupuk organik padat olahan bioslurry menghasilkan kadar C-Organik, rasio C/N sesuai syarat mutu pupuk organik padat berdasarkan SNI 7763: 2018. Kandungan hara pupuk organik padat olahan bioslurry dapat digunakan sebagai pupuk organik yang ditujukan untuk menaikkan tingkat kesuburan lahan, dari substitusi total solid. Kandungan hara pupuk organik olahan bioslurry dipengaruhi oleh jenis bahan baku bioslurry, bahan

campuran, dan pengolahan total solid menjadi pupuk organik padat. Temperatur lingkungan pengolahan bioslurry cukup optimal (rata-rata 29°C). Temperatur optimal akan berpengaruh positif terhadap waktu proses dan sesuai dengan yang telah ditentukan.

IV. KESIMPULAN

Penelitian limbah padi dan kotoran sapi untuk menentukan kemungkinan pemanfaatannya sebagai sumber energi alternatif produksi biodigester, mampu menghasilkan energi untuk kebutuhan masak skala rumah tangga dengan lama nyala api mencapai kisaran 12 jam. Adapun hasil pengolahan slurry biogas dari biomasa sekam padi dikombinasikan kotoran sapi local dengan penambahan bahan campuran menghasilkan pupuk organik untuk digunakan sebagai sumber hara komoditi pertanian pangan dimana nilai hara berada pada kisaran sesuai dengan SNI pupuk organik yang ditentukan. Hasil penelitian ini dapat menjadi panduan berguna dalam penelitian lebih lanjut untuk mengoptimalkan kondisi yang diperlukan dalam upaya menghasilkan biogas dan pupuk organik dari limbah lokal di Halmahera Timur. Biodigester dirancang memiliki konstruksi sederhana, mudah dibuat ulang, system operasional sederhana dan aman, lahan biodigester relative kecil, produksi gas optimal, sehingga bermanfaat secara ekonomi maupun lingkungan, terutama untuk mencegah eksploitasi kayu bakar dan meningkatkan konservasi lahan pertanian

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti menyampaikan terimakasih kepada Jajaran Lembaga Penelitian dan Pengabdian (LPPM) Universitas Khairun yang memberikan dukungan dalam hal pendanaan sehingga kami dapat melakukan dan menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih Tim Peneliti kepada Kelompok Tani dan warga di lokasi penelitian atas kerja sama dan dukungan yang diberikan kepada Tim Peneliti selama proses pelaksanaan penelitian hingga penyelesaiannya.

REFERENSI

Anonimous, 2020. Halmahera Timur Dalam Angka. Badan Pusat Statistik. 252 pp.
 -----, 2011. Biogas pembuatan konstruksi, operasional dan pemeliharaan instalasinya. Badan Litbang Pertanian.3408. 15 pp.
 -----, 2008. Panduan untuk produksi dan pemanfaatan biomassa. Yokoyama, S. dan Matsumura, Y. (ed). Kementerian Pertanian, Kehutanan dan Perikanan. 365 pp.
 Ahring, K.B. 2003. Perspective for Anaerobic Digestion In Biomethanation I (Advences In Biochemical Engineering/Biotechnology Vol 81), ed. T. Scheper. Biocentrum, Denmark:1-30.
 Al Saedi, D. Rutz, H., Prassl, M., Kottner, T. Finsterwalder, S. Volk, and R. Janssen. 2008.

Handbook of Biogas. Denmark. Al Saedi (ed). University of Southern Denmark Esbjerg. Denmark. 126 pp.
 Ai-Jie Wang H.Q. Y., Wen-Wei. 2017. Advance in Biogas Technology. Educ. Technol. Soc., 20 (1): 237–247.
 Darmanto, A., S., Soeparman, dan D., Widhiyanuriawan. 2012. Pengaruh Kondisi Temperatur Mesophilic (35°C) Dan Thermophilic (55°C) Anaerob Digester Kotoran Kuda Terhadap Produksi Biogas. J. Rekayasa Mesin. 3(2):317-326.
 DeBaere L. 2000. Anaerobic digestion of solid waste: state-of the art. Water Sci Technol 41 (3): 283-290.
 Deublin, D., and A., Steinhauser. 2008. An introduction Biogas from waste and renewable resources. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim. 450pp.
 Dianawati, M. dan S.L., Mulijanti. 2015. Peluang Pengembangan Biogas di Sentra Sapi Perah. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Barat. J. Litbang Pert. 34(3): 125-134.
 Elizabeth, R. dan S., Rusdiana. 2018. Efektivitas pemanfaatan biogas sebagai sumber bahan bakar dalam mengatasi biaya ekonomi rumah tangga di pedesaan. pse.litbang.pertanian.go.id. diakses Maret, 2018.
 Goel, A. and W., Leela. 2016. Ethanol production from Rice (*Oryza sativa*) straw simultaneous saccharification and cofermentation. Indian J. of Experimental Biology. 54: 525-529.
 Haryati, T. 2006. Biogas: limbah peternakan yang menjadi sumber energi alternative. Wartazoa.16 (3): 160–169.
 Insam, H., M., Gomez-Brandon, and J., Ascher. 2015. Manure-based biogas fermentation residues: Friend or foe of soil fertility? Soil Biol. Biochem. 84: 1-14.
 Irawan, D., dan A., Khudori. 2015. Pengaruh Suhu Anaerobik Terhadap Hasil Biogas Menggunakan Bahan Baku Limbah Kolam Ikan Gurame. Turbo: J. Program Studi Teknik Mesin. 4(1):17-22.
 Iriani, P. Y., Suprianti, dan S., Yulistiani. 2017. Fermentasi Anaerobik Biogas Dua Tahap Dengan Aklimatisasi dan Pengkondisian pH Fermentasi. J. Tek. Kim. Ling. e-ISSN:2579-97461. (1):1-10.
 Ismail, M. S. and A. M., Waliuddin. 1996. Effect of Rice Husk Ash on High Strength Concrete. Construction and Building Materials. 10 (1): 521– 526.
 Kahr, H. and A. G. Jäger. 2011. Improvements in Bioethanol Production Process from Straw. Work Renewable Energy Congress. 2011. 8-13 May. Linköping. Sweden:560-565.
 Liepa, K.N., and M. Pelse. 2014. Biogas production from agricultural raw materials. J. Economic Science for Rural Development. ISSN. 1691-3078. ISBN 978-9934-8466-1-8. (34).
 Luthfianto, D., E. Mahajoeno, dan Sunarto. 2012. Pengaruh macam limbah organik dan pengenceran terhadap produksi biogas dari bahan biomassa

- limbah peternakan ayam. ISSN: 0216-6887, DOI: 10.13057/biotek/c090104. Biotek. 9(1): 18-25.
- Matin, H.H. A., Syafrudin, W.D., Nugraha. 2016. Pengaruh c/n ratio pada produksi biogas dari limbah sekam padi dengan metode solid state anaerobic digestion (ss-ad). J. Tek.Lingk. 5(4).
- Pambudi, S., M.R., Kirom, dan A., Suhendi. 2018. Pengaruh Kadar Keasaman (pH) Terhadap Produksi Biogas dengan Menggunakan Campuran Kotoran Hewan dan Substrat Kentang Busuk Pada Reaktor Anaerob. Proceeding of Engineering. 5(3): 5770-5776.
- Pertiwiningrum, A. 2016. Buku Instalasi Biogas. Pusat kajian Pembangunan Peternakan Nasional. ISBN: 978-602-749-290-5. CV Kolom Cetak. Yogyakarta. 51pp.
- Ramadhani, D. 2017. Pembuatan biogas dengan substrat limbah kulit buah dan limbah cair tahu dengan variabel perbandingan komposisi slurry dan penamahan cosubstrat kotoran sapi. Univ. Muhammadiyah Surakarta. 12 pp.
- Setiarto, R. H. B. 2013. Prospek dan potensi pemanfaatan lignoselulosa jerami padi menjadi kompos, silase dan biogas melalui fermentasi mikroba. J. Selulosa 3 (2):51-66.
- Sudarmanta B. D. B., Murtadji, dan D. F., Wulandari. 2009. Karakterisasi gasifikasi biomassa sekam padi menggunakan reaktor downdraft dengan dua tingkat laluan udara. Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-8 Semarang, 11-14 Agustus 2009.7p.
- Sugriwan, I., A. J., Fuadi, S., Riadi, Rahmadiansyah, dan A. Tuhuloula. 2012. Pengembangan Sistem Sensor Untuk Mengukur Parameter Gas Pada Produksi Biogas. Proc. Insinas. 7p.
- Syamsuddin. 2005. Pengaruh Biogas Feses Sapi Dengan Penambahan Sekam Padi. Univ. Diponegoro. 18 pp.
- Syahputra, A. 2009. Produksi gasbio dari campuran kotoran sapi perah dan kompos jerami padi pada rasio C/N berbeda. Institut Pertanian Bogor. 46pp.
- I Putu A. Wiratmana, I G. Ketut Sukadana, I G. N. Putu Tenaya. 2012. Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Bahan Kering Terhadap Produksi dan Nilai Kalor Biogas Kotoran Sapi. J. Energi dan Manufaktur 5(1):22-32.
- Yayasan Rumah Energi. 2014. Pedoman Pengguna dan Pengawas Pengelolaan dan Pemanfaatan Bioslurry. Jakarta. 38pp.