G-Tech
Jurnal Teknologi Terapan

F. SAINTEK Unira Malang | Vol. 06 | No. 1
April, 2022
P-ISSN 2580-8737, E-ISSN 2623-064X

POTENSI PRODUKSI BIOGAS DARI *ANAEROBIC DIGESTION* KOTORAN SAPI DAN KULIT NANAS SEBAGAI SUMBER ENERGI *RICE COOKER* BIOGAS

Doddy Suanggana[1*], Hadhimas Dwi Haryono[2], Alfian Djafar[3], Jordy Irawan[4]
[1,2,3,4] Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, Indonesia
*alamat e-mail: doddy.suanggana@lecturer.itk.ac.id

ABSTRAK

Limbah hasil perkebunan seperti nanas dapat menghasilkan limbah khususnya pada bagian kulit. Limbah ini dapat memiliki dampak terhadap pencemaran lingkungan. Teknologi *anaerobic digestion* merupakan salah upaya untuk menyelesaikan masalah tersebut dengan memanfaatkan limbah untuk menghasilkan biogas. Penelitian ini bertujuan untuk melihat potensi campuran kotoran sapi dan kulit nanas dengan *anaerobic digestion* untuk menghasilkan biogas. Volume digester yang digunakan pada penelitian ini sebesar 20 L dengan variasi SN1 (kotoran sapi 50%: kulit nanas 50%), SN2 (kotoran sapi 70%: kulit nanas 30%), dan SN3 (kotoran sapi 30%: kulit nanas 70%) dengan rasio pengenceran air 1:3. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan rata – rata temperatur biogas SN1 30,4 °C, SN2 29.9 °C dan SN3 31,8 °C. Tekanan yang dihasilkan SN1 0,38 bar, SN2 0,93 bar, dan SN3 1,86 bar. Massa SN1 2,9 g, SN2 7,3 g dan SN3 17,4 g. Selanjutnya hasil produksi biogas ini diuji dengan *rice cooker* biogas, dan dibutuhkan waktu memasak nasi selama 14 menit 35 detik. Campuran dari kotoran sapi dan kulit nanas ini berpotensi untuk menghasilkan biogas.

Kata kunci: Biogas, Kulit Nanas, Kotoran Sapi, *Anaerobic Digestion*, *Rice Cooker*

ABSTRACT

Waste from plantations such as pineapple can produce waste, especially on the peel. This waste can have impacts on environmental pollution. Anaerobic digestion technology is a method of resolving that problem by recycling waste to biogas. This study aims to determine the biogas production capacity of a mixed from cow dung and pineapple peel using anaerobic digestion. The volume of the digester used in this study was 20 L with variations of SN1 (cow dung 50%: pineapple peel 50%), SN2 (cow dung 70%: pineapple peel 30%), and SN3 (cow dung 30%: pineapple peel 70%) with a water dilution ratio of 1:3. Based on the research results, the average temperature of biogas for SN1 is 30.4 °C, SN2 is 29.9 °C and SN3 is 31.8 °C. The resulting pressure of SN1 0.38 bar, SN2 0.93 bar, and SN3 1.86 bar. The mass of SN1 is 2.9 g, SN2 is 7.3 g and SN3 is 17.4 g. Furthermore, the biogas production results were tested using a biogas rice cooker, which took 14 minutes 35 seconds to cook rice. This mixture of cow dung and pineapple skin has the potential to produce biogas.

Keywords: *Biogas, Pineapple Peel, Cow Dung, Anaerobic Digestion*, *Rice Cooker*

PENDAHULUAN

Sebagian besar masyarakat di Indonesia masih menggunakan energi tidak terbarukan sebagai sumber energi untuk kebutuhan sehari – hari. Kebutuhan akan energi ini memiliki dampak terhadap perubahan iklim, kerusakan lingkungan dan polusi udara (Hollada et al., 2017; Yasmin & Grundmann, 2019) serta efek dari penggunaan energi fosil atau tidak terbarukan ini menghasilkan efek gas rumah kaca di atmosfer yang dapat meningkat pesat. Untuk mengurangi dampak tersebut maka digunakan energi terbarukan yang bisa menghasilkan energi yang lebih bersih (Conibear et al., 2020). Teknologi *anaerobic digestion* merupakan salah satu cara untuk menghasilkan energi biogas yang dapat menggantikan penggunaan energi fosil.

Anaerobic digestion merupakan penggabungkan atau pencampuran dua bahan baku dari limbah yang berbeda sehingga dapat menghasilkan 50 – 75 % gas metana (CH_4), 19

– 34% karbon dioksida (CO_2) dan kurang dari 1% biohydrogen (H_2) (Fazliyana et al., 2020). Penggunaan energi dari biogas ini sangat mudah dan sederhana. Setelah 30 hari pencampuran substrat di dalam digester, biogas yang dihasilkan ini dapat digunakan untuk keperluan rumah tangga, seperti memasak dengan menggunakan kompor khusus biogas (Yasmin & Grundmann, 2019).

Nanas (*Ananas comosus)* merupakan salah satu buah yang dihasilkan di perkebunan kota Balikpapan dan merupakan salah satu buah tropis yang paling banyak diproduksi di dunia Bersama dengan pisang dan mangga. Menurut Badan Pusat Statistik Balikpapan, pada tahun 2019 produksi buah nanas sebesar 746 ton (BPS Balikpapan, 2022). Sedangkan budidaya untuk nenas mencapai 1.02 juta hektar dengan produksi sebesar 24,8 juta ton per tahun (Azevedo et al., 2021). Potensi dari limbah nanas khususnya pada bagian kulit mencapai 5%. Kulit nanas mengandung 81,72% air, 20,87% serat kasar, 17,53%, karbohidrat, protein 4,41%, lemak 0,02%, abu 0,48%, serat basah 1,66%, dan gula pereduksi 13,65%. Nanas (*Ananas comosus*) mengandung air dan serat yang tinggi seperti 67% hemiselulosa, 38-48% selulosa, 31% alfa selulosa, 17% lignin, dan 26% pentosa (Jos et al., 2020). Kandungan selulosa yang dimiliki oleh kulit nanas ini berpotensi menjadi sumber energi alternatif yaitu bahan baku pembuatan biogas. Dengan mengubah limbah kulit nanas ini menjadi biogas dapat mengurangi masalah pencemaran lingkungan.

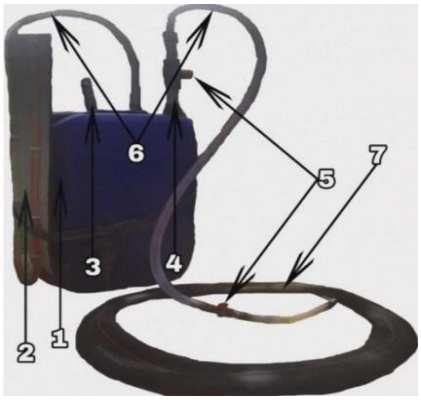
Limbah dari salah satu hasil peternakan seperti kotoran sapi banyak mengandung kadar nitrogen (N) dan phosphorus (P) yang sangat tinggi sehingga bisa menyebabkan pencemaran lingkungan jika tidak dilakukan penanganan dengan baik. Bakteri dari limbah kotoran sapi diketahui menghasilkan gas metana (CH_4) dalam jumlah besar (Gupta et al., 2016). Salah satu cara untuk menaikkan kandungan gas metana penghasil biogas dari kotoran sapi yaitu mencampurkan dengan limbah kulit nanas dengan menggunakan teknologi *anaerobic digestion* (Fazliyana et al., 2020).

Berdasarkan kondisi tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis potensi biogas dari pencampuran kotoran sapi dengan kulit nanas akan digunakan sebagai sumber energi pada *rice cooker* biogas.

METODE PENELITIAN

Limbah dari kotoran sapi dikumpulkan dari perternakan sapi yang ada di Jl. Soekarno Hatta km. 16 kota Balikpapan dan limbah kulit nanas dikumpulkan dari beberapa penjual nanas yang ada di sekitaran kota Balikpapan. Limbah dari kulit nanas ini di cacah sebelum di campurkan dengan limbah kotoran sapi. Pencacahan limbah kulit nanas yang dilakukan menggunakan blender agar kandungan selulosa yang ada pada kulit nanas dapat dihasilkan dengan optimal untuk menghasilkan gas metana.

Metode pembuatan biogas pada penelitian ini menggunakan teknologi *anaerobic digestion* dengan kapasitas digester sebesar 20 L. Pada Gambar 1 menunjukkan instalasi peralatan yang digunakan pada penelitian ini dengan menggunakan teknologi *anaerobic digestion*.



Gambar 1. Instalasi Alat

Keterangan gambar:
1. Digester
2. Manometer Air
3. Termometer Digital
4. Pipa Saluran Keluar Biogas
5. *Valve*
6. Selang
7. Tempat Penampungan Biogas

Setelah instalasi alat selesai dirakit kemudian dilakukan pencampuran substrat. Berdasarkan kapasitas digester yang digunakan pada penelitian ini. Peneliti menggunakan sebanyak 75% dari kapasitas digester untuk pengisian campuran substrat limbah kotoran sapi dan limbah kulit nanas. Pada penelitian ini juga komposisi campuran dilakukan berdasarkan komposisi berat dari substrat. Desain variabel eksperimen untuk komposisi substrat ditunjukkan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Komposisi substrat

Variabel	Kotoran Sapi	Kulit Nanas
SN1	50%	50%
SN2	70%	30%
SN3	30%	70%

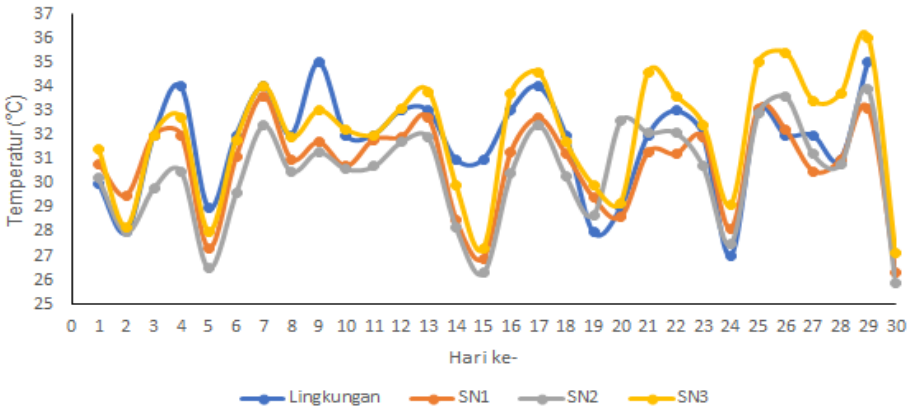
Pada tiap variabel komposisi pencampuran dilakuan pengenceran menggunakan air dengan rasio 1:3. Setelah dilakukan pengenceran, bahan baku dimasukkan ke dalam digester. Proses pengambilan data dilakukan selama 30 hari pada pukul 10.00 WITA dan 17.00 WITA. Data yang diambil berupa data tekanan, temperatur biogas, temperatur lingkungan dan massa biogas. Setelah dilakukan pengambilan data selanjutnya akan dilakukan analisis data dan dilakukan pengujian pada *rice cooker* untuk melihat potensi dari komposisi substrat dari tiap variable penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

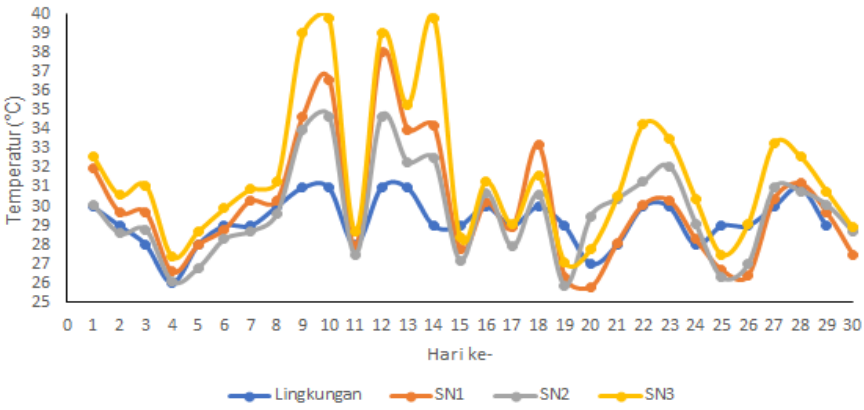
Temperatur Bioga

rendah ± 2°C dan temperatur biogas mengikuti perubahan temperatur lingkungan. Perubahan pada temperatur biogas juga dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme bakteri pembentuk biogas, namun perubahan temperatur biogas tersebut hanya berpengaruh kecil dan lebih besar dipengaruhi oleh temperatur lingkungan (Mujdalipah et al., 2014).

Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan titik minimum pada temperatur lingkungan sebesar 25°C sedangkan titik maksimumnya sebesar 35°C selanjutnya titik minimum dari variabel SN1 sebesar 26,3°C, SN2 sebesar 25,9°C, dan SN3 sebesar 27,1°C dan titik maksimumnya yaitu SN1 sebesar 33,6°C, SN2 sebesar 33,9°C, dan SN3 sebesar 36°C. Rata-rata yang didapatkan dari temperatur lingkungan pukul



Gambar 2. Temperatur harian biogas pada pukul



Gambar 3. Temperatur harian biogas pada pukul

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3 ditunjukkan suatu kondisi temperatur pada pukul 10:00 WITA dan pukul 17:00 WITA, dengan nilai temperatur pada biogas yang mengalami fluktuasi terhadap perubahan temperatur lingkungan. Hasil pengamatan yang dilakukan temperatur biogas lebih tinggi daripada temperatur lingkungan. Temperatur lingkungan pada proses produksi biogas lebih

10.00 sebesar 31,55°C, sedangkan rata-rata temperatur biogas SN1 sebesar 30,78°C, SN2 sebesar 30,4°C, dan SN3 sebesar 32°C. Suanggana (2020) menjelaskan bahawa aktivitas anaerob terbagi atas dua, yaitu mesofilik (24 – 40^0C) dan termofilik (diatas 40^0C). Dari data tersebut, pada Gambar 2 temperatur biogas berada pada kondisi mesofilik.

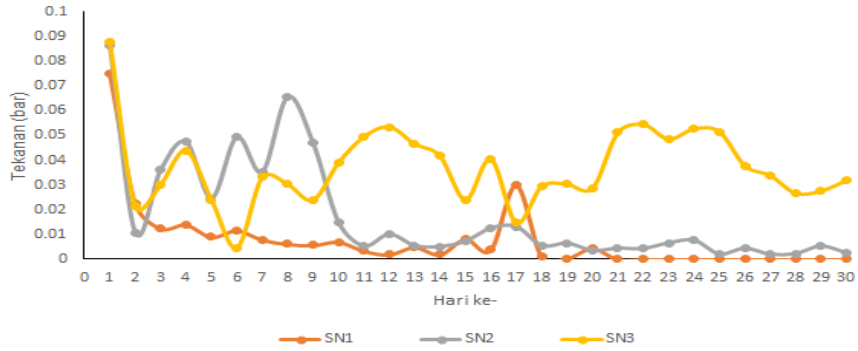
Berdasarkan Gambar 3 ditunjukkan hasil data temperatur pukul 17.00 WITA. Nilai minimum temperatur lingkungan yang didapatkan yaitu sebesar 26ºC dan maksimum didapatkan yaitu sebesar 31°C kemudian nilai minimum temperatur biogas pada masing-masing digester didapatkan SN1 sebesar 25,8°C, SN2 sebesar 25,9°C, dan SN3 sebesar 27,1°C dan nilai maksimum temperatur biogas pada masing-masing digester didapatkan SN1 sebesar 38°C, SN2 sebesar 34,7°C, dan SN3 sebesar 39,8°C.

Rata-rata temperatur lingkungan yang didapatkan sebesar 29,2°C, sedangkan rata-rata temperatur biogas SN1 sebesar 30,4 °C, SN2 sebesar 29.9 °C dan SN3 sebesar 31,8 °C. Persamaan dari kedua data yang didapatkan di pagi hari dan sore hari ialah temperatur lingkungan lebih rendah dibanding dengan temperatur biogas.

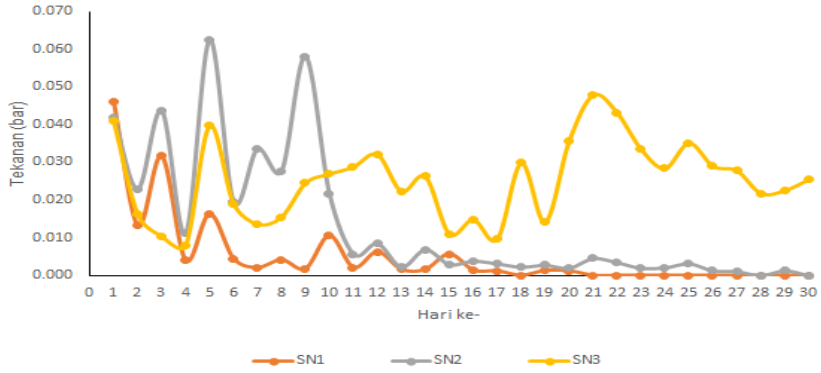
Dari data hasil yang ditunjukkan Gambar 3 rata-rata temperatur biogas yang dihasilkan berada pada keadaan mesofilik. Temperatur adalah yang paling mempengaruhi lamanya waktu proses fermentasi yang ada pada digester. Peningkatan pada temperatur umumnya pada produksi biogas juga akan mengalami peningkatan. Pada Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa terdapat beberapa hari temperatur biogas yang dihasilkan dari ketiga komposisi pencampuran SN1, SN2 dan SN3 jauh lebih tinggi daripada temperatur lingkungan sendiri. Hal ini disebabkan karena aktivitas anaerobic bakteri pada digester sensitif terhadap temperatur (Jos et al., 2020; Suanggana et al., 2020).

Tekanan Gas Biogas

Data hasil observasi biogas pada Gambar 4 dan Gambar 5 dapat menunjukkan tekanan yang dihasilkan oleh dari ketiga variabel komposisi campuran yang dilakukan.



Gambar 4. Tekanan harian biogas pada pukul



Gambar 5. Tekanan harian biogas pada pukul

Berdasarkan Gambar 4 ditunjukkan tekanan yang dihasilkan pada hari pertama untuk variasi SN1 sebesar 0,075 bar, SN2 sebesar 0,086 bar, dan SN3 sebesar 0,087 bar. Kemudian, pada hari kedua untuk variasi SN1 tekananya mengalami penurunan terus menerus sampai hari ke-30, sedangkan pada variasi SN3 masih menghasilkan tekanan secara terus menerus. Sedangkan pada variasi SN2 tekanan mulai turun pada hari ke-9. Pada Gambar 4 juga dapat dilihat bahwa tekanan yang dihasilkan tidak stabil, ini disebabkan oleh temperatur pada digester untuk ketiga variasi mengalami fluktuatif sebagai akibat pengaruh dari temperatur lingkungan. Hal ini juga yang mempengaruhi pembentukan bakteri anaerob pada *anaerobic digestion* yang dilakukan.

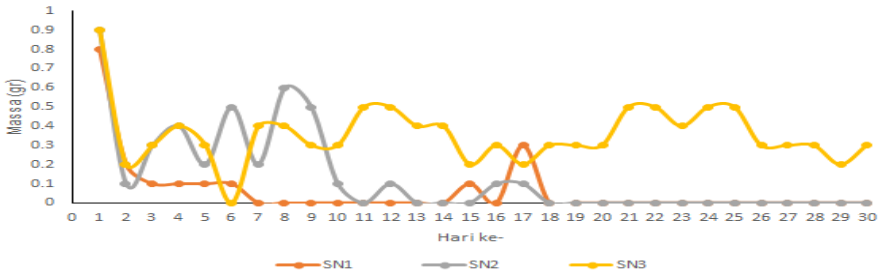
Pada Gambar 5 menunjukkan data tekanan pada hari pertama pukul 17.00 WITA yaitu SN1 sebesar 0,046 bar, SN2 sebesar 0,042 bar, dan C3 sebesar 0,041 bar. Nilai tekanan SN1 dan SN2 yang ditunjukkan pada Gambar 5 pada hari ke-15 tekanan biogas yang semakin menurun, terbukti dengan yang ditunjukkan pada manometer air. Hari ke-21, tekanan pada biogas yang dihasilkan 0 bar sehingga tekanan yang dihasilkan telah habis dan mengalami penurunan, hingga hari ke-30.

Jika dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5, total nilai SN3 yaitu sebesar 1,86 bar, SN 1 sebesar 0,389 bar dan SN2 sebesar 0,389 bar. Dari hasil peningkatan tekanan pada ketiga variasi campuran maka pada variasi campuran SN3 menghasilkan energi biogas yang paling terbaik, di mana tekanan yang paling tinggi menghasilkan tekanan sebesar 0,087 bar. Hal ini dapat diakibatkan oleh bakteri dalam fase eksponensial, dimana pada fase ini mikroorganisme mengalami pertumbuhan sangat cepat sehingga mikroorganisme dapat lebih menguraikan zat organik dibandingkan untuk pertumbuhan mikroorganisme (Wati & Rukmanasari, 2011). Dari ketiga variasi campuran yang dilakukan, semakin banyak komposisi penambahan kulit nanas dapat mempercepat laju produksi biogas.

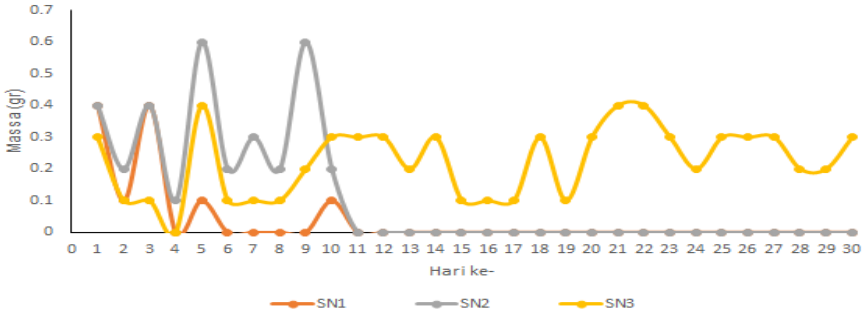
Massa Biogas

biogas SN1 sebesar 0,8 g, SN 2 sebesar 0,9 g, dan SN3 sebesar 0,9 g. Massa biogas pada pukul 17.00 WITA didapatkan pada variasi SN1 sebesar 0,4 g, SN2 sebesar 0,4 g, SN3 sebesar 0,3 g. Pada variasi SN1 massa biogas mulai mengalami penurunan pada hari kedua dan sampai hari ke-16. Pada Gambar 6 pada pukul 10.00 WITA juga menunjukkan nilai massa biogas yang didapatkan SN1 pada hari ke-17 didapatkan sebesar 0,3 g dan pada hari ke-18 hingga hari ke-30 didapatkan nilai massa yang terukur sebesar 0 g. Nilai massa yang didapatkan pada hari ke-17 untuk variasi SN2 sebesar 0,1 g serta pada hari ke-18 hingga hari ke-30 didapatkan nilai massa yang terukur sebesar 0 g. Sedangkan pada variasi SN3 massa yang didapatkan pada hari ke-17 massa biogas yang terukur 0,2 g dan pada hari ke-18 hingga hari ke-30 nilai massa masih dapat terukur berbeda dengan nilai massa pada SN2 dan SN3.

Berdasarkan Gambar 7, pada pukul 17.00 WITA nilai massa yang didapatkan pada SN1 pada hari ke-10 massa biogas yang terukur 0,1 g dan pada hari ke-11 hingga hari ke-30 didapatkan nilai massa yang terukur sebesar 0 g, dan nilai massa yang didapatkan pada SN2 pada hari ke-10 massa biogas yang terukur 0,2 g dan pada hari ke-11 hingga hari ke-30 didapatkan nilai massa yang terukur sebesar 0 g, dan nilai massa yang didapatkan pada SN3



Gambar 6. Massa harian biogas pada pukul



Gambar 7. Massa harian biogas pada pukul 17.00

Berdasarkan Gambar 6 ditunjukkan kenaikan massa biogas terjadi pada hari pertama yaitu pada pukul 10.00 WITA, didapatkan massa pada hari ke-10 massa biogas yang terukur 0,3 g dan pada hari ke-11 hingga hari ke-30 nilai massa masih dapat terukur berbeda dengan

nilai massa pada SN2 dan SN3. Total massa yang didapatkan dari setiap variasi yaitu SN1 sebesar 2,9 g, SN2 sebesar 7,3 g, dan SN3 sebesar 17,4 g. Faktor yang menyebabkan berkurangnya produksi biogas tersebut yaitu karena proses fermentasi pada biogas dalam *digester* sudah semakin berkurang dan juga massa dari biogas yang dihasilkan bergantung dari tekanan yang didapatkan. Ketika tekanan biogas meningkat maka massa biogas yang dihasilkan juga akan meningkat atau semakin banyak, dan sebaliknya jika tekanannya turun maka hasilnya akan ikut turun (Irawan dan Suwanto, 2016).

Rice Cooker Biogas

Setelah dilakukan pengambilan data selama 30 hari. Hasil dari biogas dari ketiga variasi kemudian diujikan ke *rice cooker* seperti pada Gambar 8. Tujuan dari pengujian yang akan dilakukan ialah mengetahui performa hasil biogas yang digunakan untuk memasak nasi. Pengujian ini dilakukan berdasarkan metode yang sudah dilakukan oleh Suanggana (2020), dimana menggunakan bahan digunakan sebanyak 100 g beras.

Gambar 8. *Rice Cooker* Biogas

Melihat hasil data massa biogas yang didapatkan, variasi SN3 yang berpotensi untuk digunakan pada pengujian ini karena massa biogas yang didapatkan dari variasi SN1 dan SN3 tidak cukup untuk digunakan pengujian memasak nasi. Hasil pengujian pada *rice cooker* dibutuhkan waktu 14 menit 35 detik untuk memasak nasi sampai matang. Sedangkan untuk hasil pengujian untuk *rice cooker* yang menggunakan energi bersumber dari energi listrik, maka didapatkan waktu selama 18 menit 55 detik. Selisih waktu dari hasil pengujian ini selama 4 menit 20 detik. Suanggana (2020) menyatakan bahwa penggunaan energi biogas untuk memasak nasi lebih baik dibandingkan dengan energi listrik. Berdasarkan hasil pengujian di *rice cooker* ini semakin banyak komposisi kulit nanas yang dicampurkan pada kotoran sapi berpotensi meningkatkan biogas (Fazliyana et al., 2020; Muenmee & Prasertboonyai, 2021).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian yang dilakukan dari ketiga variasi SN1, SN2 dan SN3 dengan metode *anaerobic digestion* didapatkan rata – rata temperatur biogas SN1 30,4 °C, SN2 29.9 °C dan SN3 31,8 °C, sedangkan untuk temperature lingkungan sebesar 29,2 °C. Tekanan yang dihasilkan pada variasi SN1 0,38 bar, SN2 0,93 bar, dan SN3 1,86 bar. Massa SN1 2,9 g, SN2 7,3 g dan SN3 17,4 g. Selanjutnya dilakukan pengujian pada *rice cooker* biogas dan dibutuhkan waktu untuk memasak nasi selama 14 menit 35 detik. Dapat disimpulkan bahwa penambahan kulit nanas pada kotoran sapi berpotensi meningkatkan produksi biogas dan berpotensi digunakan pada *rice cooker* untuk kebutuhan memasak.

Saran

Untuk meningkatkan produksi biogas dari variasi yang sudah dilakukan dapat dilakukan penambahan substrat dari bahan limbah lain seperti kulit buah – buahan yang ada di sekitaran kota Balikpapan.

DAFTAR PUSTAKA

Azevedo, A., Gominho, J., & Duarte, E. (2021). Performance of Anaerobic Co-digestion of Pig Slurry with Pineapple (Ananas comosus) Bio-waste Residues. *Waste and Biomass Valorization*, *12*(1), 303–311. https://doi.org/10.1007/s12649-020-00959-w

BPS Balikpapan. (2022). *Produksi Buah-buahan Menurut Jenisnya*. https://balikpapankota.bps.go.id/indicator/55/91/1/produksi-buah-buahan-menurut-jenisnya.html

Conibear, L., Butt, E. W., Knote, C., Lam, N. L., Arnold, S. R., Tibrewal, K., Venkataraman, C., Spracklen, D. V, & Bond, T. C. (2020). A complete transition to clean household energy can save one–quarter of the healthy life lost to particulate matter pollution exposure in India. *Environmental Research Letters*, *15*(9), 94096. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab8e8a

Fazliyana, A., Hamzah, A., Hamzah, M. H., Najmi, F., Mazlan, A., Man, H. C., Jamali, N. S., & Siajam, S. I. (2020). Anaerobic Co-digestion of Pineapple Wastes with Cow Dung: Effect of

Different Total Solid Content on Bio-methane Yield. *Advances in Agricultural and Food Research Journal*, *1*(1), 1–12. https://doi.org/10.36877/AAFRJ.A0000109

Gupta, K. K., Aneja, K. R., & Rana, D. (2016). Current status of cow dung as a bioresource for sustainable development. *Bioresources and Bioprocessing*, *3*(1), 28. https://doi.org/10.1186/s40643-016-0105-9

Hollada, J., Williams, K. N., Miele, C. H., Danz, D., Harvey, S. A., & Checkley, W. (2017). Perceptions of Improved Biomass and Liquefied Petroleum Gas Stoves in Puno, Peru: Implications for Promoting Sustained and Exclusive Adoption of Clean Cooking Technologies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *14*(2). https://doi.org/10.3390/IJERPH14020182

Irawan, D., & Suwanto, E. (2017). Pengaruh EM4 (Effective Microorganisme) Terhadap Produksi Biogas Menggunakan Bahan Baku Kotoran Sapi. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, *5*(1), 44–49. https://doi.org/10.24127/trb.v5i1.118

Jos, B., Sumardino, S., & Nurfaizin, S. (2020). *The Effect of Microwave Power and Exposure Time to Increase Biogas of Pineapple Peel Waste*. *16*(12), 71–77.

Muenmee, S., & Prasertboonyai, K. (2021). Potential biogas production generated by mono-and co-digestion of food waste and fruit waste (Durian Shell, Dragon Fruit and Pineapple Peel) in different mixture ratio under anaerobic condition. *Environmental Research, Engineering and Management*, *77*(1), 25–35. https://doi.org/10.5755/j01.erem.77.1.25234

Mujdalipah, S., Dohong, S., Suryani, A., & Fitria, A. (2014). Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Produksi Biogas Menggunakan Digester Dua Tahap Pada Berbagai Konsentrasi Palm Oil-Mill Effluent Dan Lumpur Aktif. *Agritech: Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian UGM*, *34*(1), 56–64. https://doi.org/10.22146/agritech.9523

Suanggana, D., Djafar, A., & Gunawan, G. (2020). Analisis Pemanfaatan Energi Biogas Dari Campuran Limbah Kotoran Sapi Dan Kulit Durian Sebagai Energi Alternatif. *Jurnal Teknologi Terpadu*, *2*(Oktober), 119–125.

Wati, D. S., & Rukmanasari, D. P. (2011). *Pembuatan Biogas Dari Limbah Cair Industri Bioetanol Melalui Proses Anaerob (Fermentasi)*. 6. http://eprints.undip.ac.id/36740/

Yasmin, N., & Grundmann, P. (2019). Adoption and diffusion of renewable energy – The case of biogas as alternative fuel for cooking in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *101*, 255–264. https://doi.org/10.1016/J.RSER.2018.10.011