

PEMANFAATAN ENERGI BIOGAS UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DI DESA TUWANG KECAMATAN KARANGANYAR KABUPATEN DEMAK

Muhammad Sukron *) Iskendar **)
Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta
Email: sukron_aufk@yahoo.com

ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan energi di Indonesia menyebabkan perlunya energi alternatif untuk pengganti energi fosil. Salah satu bentuk energi alternatif adalah energi terbarukan yang didapatkan dari alam secara gratis. Desa Tuwang di Kecamatan Karanganyar, Kabupaten Demak di desa tersebut listrik setiap rumah rata-rata hanya 450 Watt dan perlu penambahan daya untuk kebutuhan masing-masing disetiap rumah. Desa tersebut memiliki potensi energi terbarukan dari gas metana yang dihasilkan oleh kotoran sapi di peternakan. Kotoran sapi tersebut diuji di laboratorium untuk diambil kandungan gas metananya. Biodigester 2 bilik dari fiberglass digunakan untuk memfermentasi dan menampung biogas yang kemudian digunakan untuk bahan bakar pada kompor. Dari 171 kg kotoran sapi yang dicampur air dengan perbandingan 1:3, didapatkan waktu digestifikasi ideal dengan produksi energi tertinggi 689 kJ adalah 22 hari. Komposisi CH₄ rata-rata sekitar 50% biogas. Total energi yang didapatkan selama proses pemanasan air adalah 4,32 MJ, lebih kecil dibandingkan perhitungan energi teoritis (20,52 MJ). Berdasarkan hasil eksperimen, dapat ditaksir energi biogas yang dihasilkan dari peternakan di Desa Tuwang setiap hari sebesar 40,42 MJ. Perencanaan pembangkit listrik energi biogas dapat menggunakan genset maupun mesin *stirling* dengan daya 468 Watt. Daya tersebut dapat digunakan untuk kebutuhan lampu penerangan 1 RT.

Kata Kunci: Energi, Biogas, Desa Tuwang, Mesin Stirling

ABSTRACT

Increased energy needs in Indonesia cause the need for alternative energy to replace fossil energy. One form of alternative energy is renewable energy obtained from nature for free. Tuwang Village in Karanganyar Subdistrict, Demak Regency in the village has an average of 450 Watt of electricity per house and needs additional power for each house's needs. The village has the potential for renewable energy from methane gas produced by cow dung on farms. Cow dung is tested in the laboratory to take the methane gas content. Biodigester 2 chambers from fiberglass are used to ferment and hold biogas which is then used as fuel on the stove. From 171 kg of cow manure mixed with water in a ratio of 1: 3, the ideal digestification time with the highest energy production of 689 kJ is 22 days. The average CH₄ composition is around 50% biogas. The total energy obtained during the water heating process is 4.32 MJ, smaller than the theoretical energy calculation (20.52 MJ). Based on the results of experiments, it can be estimated biogas energy produced from livestock in Tuwang Village every day is 40.42 MJ. Biogas energy power plant planning can use a generator or stirling engine with 468 Watt power. This power can be used for 1 RT lighting needs.

Keywords: energy, biogas, Tuwang Village, stirling engine

1. PENDAHULUAN

Penggunaan kebutuhan energi semakin meningkat seiring pertambahan jumlah penduduk dan peningkatan konsumsi listrik oleh masyarakat akibat adanya berbagai macam peralatan rumah tangga dan lainnya. Sumber energi selama ini banyak didominasi oleh bahan bakar fosil, meliputi batubara, minyak bumi, gas alam, dll. Bahan bakar tersebut merupakan sumber energi yang proses terbentuknya memerlukan waktu yang lama dan dapat dikatakan merupakan energi yang tidak renewable. Penggunaan energi fosil juga mengakibatkan meningkatnya gas rumah

kaca. Di Indonesia sendiri, emisi gas rumah kaca paling banyak terdapat di pulau Jawa, berbanding lurus dengan banyaknya lahan peternakan dan kendaraan bermotor. Pemerintah telah memberikan anggaran desa yang banyak (sekitar 1 milyar per tahun) untuk pembangunan. Salah satu tujuan jangka panjang nya adalah dalam rangka mengatasi krisis energi untuk daerah yang belum mendapatkan suplai energi dari pusat. Dengan dana desa tersebut, diharapkan pengelolaan sektor energi di desa-desa dapat dilakukan secara mandiri, terintegrasi dengan pemerintah pusat, namun tidak bergantung sepenuhnya. Instalasi energi-energi terbarukan

dengan pembangkitan listrik skala kecil dirasa sangat reliable diaplikasikan ke desa tertinggal. Beberapa diantaranya meliputi pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi angin, mikrohidro, surya, serta biogas. Hal tersebut dikarenakan bahan pengkonversi energinya didapatkan secara cuma-cuma. Salah satu sumber energi yang banyak mendapatkan perhatian adalah biogas. Di samping dapat menanggulangi efek gas rumah kaca, pemanfaatannya juga membantu mengatasi krisis bahan bakar (sebagai pengganti LPG) di lokasi yang banyak terdapat binatang ternak. Telah banyak desa di Indonesia yang menjadikan sektor peternakan sebagai sumber ekonomi utamanya, salah satunya adalah Desa Tuwang di Kabupaten Demak. Oleh karena itu, lokasi tersebut diangkat sebagai percontohan untuk instalasi biogas skala kecil.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan penggunaan biogas di masyarakat luas. Penelitian tersebut tidak hanya berfokus dari analisis kimia saja, namun hingga pengembangan potensi pengurangan gas karbon dioksida, serta efisiensi pembangkitan listriknya. Berikut merupakan beberapa referensi yang mendukung penelitian ini.

Waskito (2011) dalam Tesisnya yang berjudul Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Dengan Pemanfaatan Kotoran Sapi Di Kawasan Usaha Peternak Sapi menjelaskan bahwa dengan membuang kotoran binatang ternak untuk jangka waktu yang lama dapat melepaskan CH₄ ke udara dikarenakan adanya proses fermentasi alami. CH₄ adalah salah satu gas berbahaya selain CO₂ yang turut mempengaruhi produksi gas rumah kaca. Sifat polutan dari CH₄ sebesar 21 kali gas CO₂. Oleh karena itu, dengan memanfaatkan kotoran binatang ternak sebagai bahan bakar alternatif memiliki 2 buah manfaat, yaitu selain dapat mengurangi emisi gas rumah kaca juga mengurangi emisi gas metan yang dibakar [1].

Ditinjau dari produksi biogas berdasarkan skala ekonomi pendapatan dan operasional, Skovsgaard (2017) menjelaskan bahwa biogas sebagai sumber pembangkit sangat memungkinkan. Biaya yang diperlukan untuk transportasi kotoran sapi di power plant dapat ditutupi dengan besarnya energi listrik yang dihasilkan. Terobosan baru untuk mengoptimalkan daya yang dihasilkan yaitu dengan menggunakan Combine Heat and Power Plant (CHP) dapat meningkatkan efisiensi konversi energi yang dihasilkan pada biodigester. Penggunaan CHP juga memudahkan penyambungan ke jaringan listrik negara [2].

Tasnim (2017) melakukan perbandingan efisiensi biogas yang diproduksi melalui proses anaerobik menggunakan berbagai bahan yang tersedia. Material yang digunakan adalah kotoran sapi, tinja berlumpur, sampah dapur, dan eceng gondok. Dari hasil eksperimen, pada suhu 37 OC, sampah dapur dan eceng gondok (dalam 1 liter) mampu memproduksi 60% gas metana sebagai gas yang dibutuhkan untuk pembakaran. Sementara gas metana yang dihasilkan kotoran sapi yang dicampur tinja berlumpur sebesar 65%. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa penambahan air tinja pada kotoran sapi dapat menghasilkan percepatan reaksi dan peningkatan produksi pada presentase gas metana [3].

Menurut Sinung Rustrijarno (2009) di dalam penelitiannya yang berjudul Pemanfaatan Biogas sebagai Sumber Energi Alternatif Terbarukan di Lokasi Prima Tani Kabupaten Kulon Progo. Dia menjelaskan bahwa Biogas memiliki peluang besar untuk berkembang di daerah terpencil sebagai alternatif sumber energi terbarukan. Penggunaan biogas dapat dikembangkan sebagai pemenuhan kebutuhan yang meliputi penerangan, masak-memasak, pemanasan air, pembangkit listrik atau penggunaan hal serupa lainnya [4].

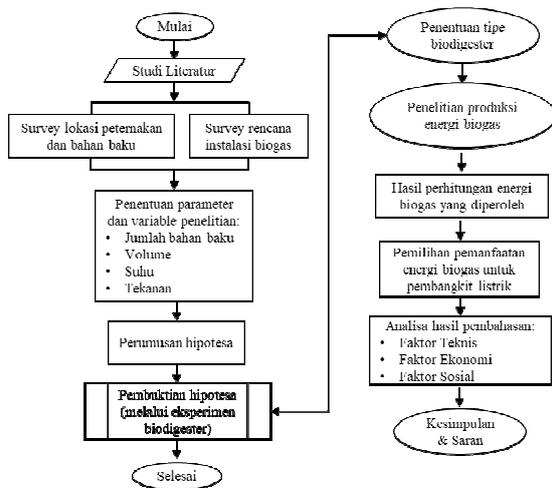
Yasinta (2014) dalam jurnalnya yang berjudul Pemanfaatan Kotoran Sapi untuk Bahan Bakar PLT Biogas 80 KW di Desa Babadan Kecamatan Ngajum Malang, memaparkan bahwa di PT. Greenfield 6 Indonesia desa Babadan Kabupaten Ngajum Malang, pemanfaatan biogas dengan menggunakan kotoran sapi sangat potensial. Seperti diketahui kotoran sapi per hari dapat mencapai 25 kg, dengan jumlah sapi sebanyak 4.000 ekor berpotensi menghasilkan energi listrik sebesar 3.760 kWh/hari atau 12,8297 mega Btu. Jika dibandingkan dengan sumber biogas lainnya seperti kotoran gajah (2.538 kWh/hari), babi (698,79 kWh/hari), itik (281,76 kWh/hari) dan manusia (48,4 kWh/hari) potensi energi listrik yang dihasilkan oleh kotoran sapi lebih tinggi dari pada sumber-sumber tersebut [5].

Berdasarkan beberapa referensi yang menjadi sumber rujukan, masih terdapat kekurangan dari beberapa peneliti, penggunaan mesin yang tepat untuk pembangkit listrik tenaga biogas masih belum ditonjolkan, terutama untuk pembangkit skala kecil. Oleh karena itu, beberapa penelitian yang akan dilakukan bertujuan untuk menghitung jumlah energi biogas yang dapat dihasilkan melalui pemanasan air; menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi produksi energi biogas; menghitung daya yang dapat dibangkitkan

untuk pembangkit listrik dengan bahan baku kotoran sapi dari Desa Tuwang Kecamatan Karanganyar Kabupaten Demak; menentukan teknologi pengkonversi energi yang tepat untuk pembangkit listrik tenaga biogas; dan menganalisis penggunaan mesin stirling sebagai mesin pembangkit listrik energi biogas.

2. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian dimulai dari tahap identifikasi masalah sampai dengan tahap pengkajian awal, studi literatur, identifikasi lokasi dan bahan penelitian, dan seterusnya dijelaskan pada diagram alur Gambar 1 berikut:



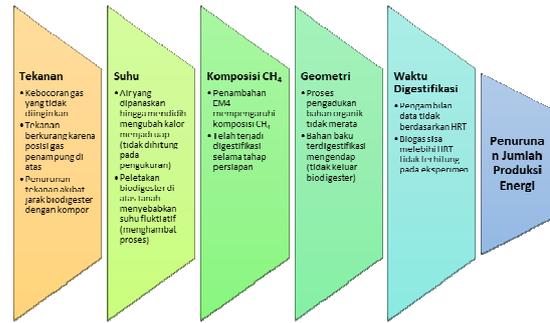
Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Parameter Penelitian

Berdasarkan batasan masalah yang telah dijelaskan pada bab pendahuluan, maka terdapat beberapa parameter dalam penelitian meliputi :

- Volume kotoran sapi (m³)
- Tekanan (P) gas metana yang dihasilkan (bar)
- Suhu (T) lingkungan (°C)
- Suhu di dalam biodigester (°C)
- Energi (E) yang di hasilkan setiap hari (kJ/hari)
- Pola adukan (horizontal dan radial)

Merujuk pada beberapa parameter tersebut, dapat dipetakan diagram sebab-akibat seperti Gambar 2, dimana ada beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi produksi biogas.



Gambar 2. Hubungan sebab-akibat penurunan energi terbangkitkan biogas

Pemilihan Teknologi Pembangkit Listrik

Dalam memilih teknologi, diperlukan dasar analisis secara teknis. Pengubahan energi potensial/kimia yang terdapat dalam kotoran sapi menjadi energi mekanik (yang akhirnya menjadi energi listrik) memerlukan converter. Converter tersebut dipengaruhi oleh seberapa besar energi yang dihasilkan untuk menjadi listrik, sehingga tidak bisa digeneralisir pemilihannya. Di samping itu, dalam memilih teknologi pembangkitan listrik biogas didasarkan oleh beberapa faktor pendukung lainnya, yaitu:

- Tingkat Efisiensi Teknologi Konversi dan Produksi Energi Listrik
- Ketersediaan Produk/Barang di Pasaran
- Kompleksitas Jenis Operasi dan Pemeliharaan (O&M)
- Biaya Investasi
- Biaya Operasi dan Pemeliharaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

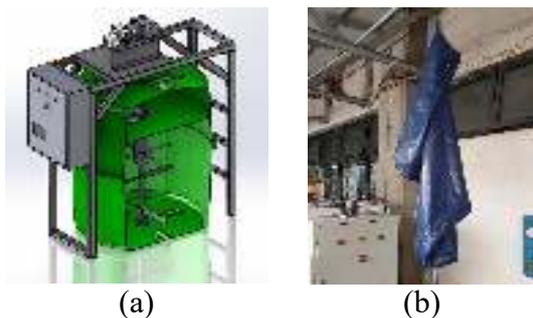
Preparasi Biogas

Pada penelitian ini, sampel yang digunakan untuk mengukur potensi biogas adalah kotoran sapi yang berasal dari sebuah peternakan di Desa Tuwang, di Kabupaten Demak, seperti yang terlihat pada Gambar 3(a).



Gambar 3. (a) Kotoran sapi di Desa Tuwang (b) kotoran sapi dikemas pada drum

Kapasitas kotoran sapi total yang digunakan pada eksperimen adalah sekitar 171 kg, yang kemudian dikemas pada tabung seperti ditunjukkan pada Gambar 3(b). Bahan baku tersebut kemudian dikirim ke laboratorium untuk dianalisis besar nilai kalornya (dengan pemanasan/pendidihan air) pada instalasi biodigester yang telah disetting. Mula-mula, kotoran sapi dicampur dengan air dengan rasio 1:3, yaitu setiap 1 kg kotoran sapi dicampur dengan 3 kg air, kemudian diaduk sebelum dimasukkan ke biodigester. Biodigester tersebut terdiri dari 2 bilik, yaitu tempat masukan bahan baku cair dan ruang untuk gas hasil digestifikasi (biogas), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4(a). Pada bagian bilik yang bawah, terdapat pengaduk campuran biogas sehingga peredarannya tetap merata. Hal ini dimaksudkan agar homogenitas campuran kotoran sapi dan air tetap merata. Pada bagian outlet biogas, terhubung sebuah tabung penampung gas (Gambar 4(b)) sebagai indikator bahwa biogas telah diproduksi. Terdapat pula bypass berupa valve dari bilik atas biodigester untuk langsung mengarahkan gas dari pipa menuju energy converter maupun kompor.



Gambar 4. (a) Biodigester dengan 2 bilik (b) Tabung penampung biogas

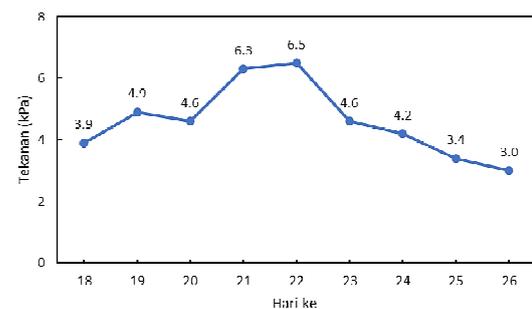
Selain serangkaian peralatan biodigester tersebut, terdapat pula peralatan pendukung seperti manometer (untuk mengukur tekanan biogas), kompor yang telah dimodifikasi sehingga memungkinkan gas bertekanan rendah dapat digunakan untuk bahan bakar, serta alat pengukur komposisi biogas, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Proses biodigestifikasi pada eksperimen ini sebelumnya diperkirakan selama 20 hari. Namun, pengambilan data dilakukan mulai pada hari ke 18 hingga 26 sejak input bahan baku. Hal tersebut dikarenakan pada hari ke 18 sudah terjadi penggelembungan tabung penampung gas, sehingga proses pengkonversian menjadi bahan bakar pendidihan air sudah dapat dilakukan.



Gambar 5. (a) Kompor hasil modifikasi (b) Alat pengukur komposisi biogas

Hasil Pengambilan Data

Selama proses digestifikasi, dilakukan pengecekan tekanan dan komposisi biogas. Adapun tekanan terukur adalah tekanan relatif (terbaca pada manometer). Pada hari ke 17 pengukuran tekanan telah dilakukan. Namun tekanan biogas tidak mengalami peningkatan dikarenakan penambahan volume gas pada penampung gas terus meningkat. Hal tersebut berimbang pada gas yang mengalir pada output gas (pemanik kompor) juga sangat kecil. Oleh karena itu, pada hari ke 18 dilakukan bypass. Valve yang menghubungkan gas dari biodigester ke tabung penampung ditutup, sementara valve dari biodigester ke kompor dibuka. Dengan volume yang konstan tersebut, tekanan yang terbaca pada biodigester mengalami peningkatan seiring pertambahan produksi biogas. Tekanan diukur setiap hari sebelum dilakukan pemanasan air.

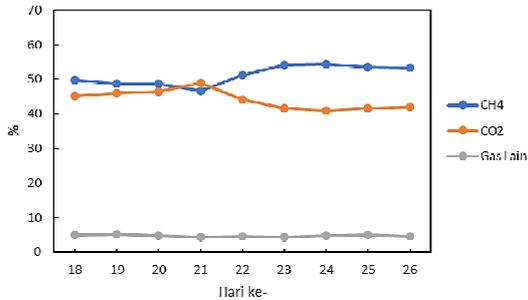


Gambar 6. Pengukuran tekanan gas pada biodigester sebelum proses pemanasan air

Pada pengukuran nilai tekanan, terlihat pada Gambar 6 bahwa trend tekanan mengalami kenaikan mulai dari hari ke 18, yaitu 3,9 kPa. Tekanan gas terus meningkat hingga pada hari ke 22 (6,5 kPa), kemudian mengalami penurunan hingga hari ke 26. Peningkatan tekanan mengindikasikan peningkatan produksi biogas pada hari tersebut. Secara teoritis, Hydraulic retention time (HRT) memakan waktu 21 hari,

sehingga hasil eksperimen tersebut bersesuaian dengan teori dimana produksi gas maksimal terjadi selama 21-22 hari.

Selain pengukuran tekanan, dilakukan pula pengukuran komposisi biogas. Unsur penyusun yang paling dominan adalah CH₄ dan CO₂. Dari pengukuran, didapatkan hasil seperti yang terlihat pada Gambar 7.



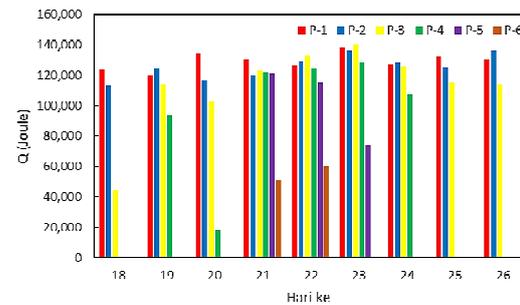
Gambar 7. Perbandingan komposisi biogas selama pengambilan data

Pada Gambar 7, komposisi CO₂ dan CH₄ terlihat hampir setara di semua hari pengujian, jauh lebih besar dibandingkan unsur penyusun biogas lain seperti O₂, SO₂, dan H₂S. Unsur pada biogas yang digunakan sebagai bahan bakar adalah CH₄. Metana mengalami penurunan nilai komposisi pada awal pengukuran hingga hari ke 21, bahkan sempat berada di bawah CO₂. Hal tersebut dikarenakan pada hari ke 18, biodigester diberikan katalis EM₄ untuk mempercepat pembentukan biogas, namun menurunkan C/N ratio, dan massa biogas. Terbukti pada hari selanjutnya tekanan gas mengalami peningkatan, namun CH₄ mengalami penurunan. Reaksi dengan EM₄ diprediksi berlangsung hingga hari ke 21-22, terlihat dari peningkatan komposisi CH₄ mulai hari ke 22. Peningkatan tekanan biogas mempengaruhi potensi energi biogas. Sementara itu, komposisi CH₄ yang menurun tidak berpengaruh pada peningkatan energi yang diproduksi, dikarenakan jumlah molekul biogas yang dihasilkan juga meningkat.

Berdasarkan proses pendidihan air yang dilakukan selama 9 hari, diperoleh nilai kalor bervariasi, hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Terlihat bahwa pendidihan air tidak mencapai 100 °C. Penggantian air dilakukan bila sudah terbentuk gelembung, karena dikhawatirkan bila suhu telah mencapai 100 °C, kalor digunakan untuk mengubah fase air menjadi uap, sehingga proses pengukuran nilai kalor semakin sulit.

Tabel 1. Proses Pendidihan air dengan bahan bakar biogas

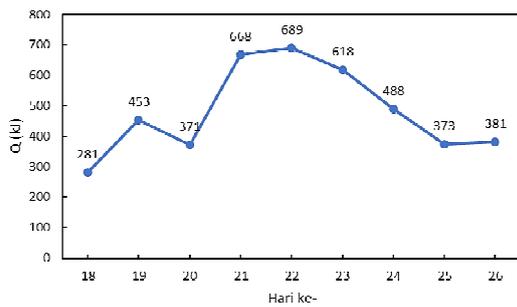
Pendidihan ke	Hari Ke								
	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	m (kg)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	T awal	28.5	30.9	30	30.7	29.5	27	29.8	29.5
	T akhir	87.4	88	93.8	92.6	89.6	92.8	90.2	92.6
	ΔT	58.9	57.1	63.8	61.9	60.1	65.8	60.4	63.1
Q (Joule)	123,690	119,910	133,980	129,990	126,210	138,180	126,840	132,510	130,620
2	m (kg)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	T awal	29.8	31.8	31.5	31.3	29.9	27.4	30.1	30
	T akhir	83.6	91.3	87	88.4	91.4	92.4	91.2	89.8
	ΔT	53.8	59.5	55.5	57.1	61.5	65.0	61.1	59.8
Q (Joule)	112,980	124,950	116,550	119,910	129,150	136,500	128,310	125,580	136,290
3	m (kg)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	T awal	31.8	30.05	30.7	31.4	30.6	27.5	31	29.8
	T akhir	53	84.5	79.5	90.05	94	94.2	91	84.7
	ΔT	21.2	54.5	48.8	58.7	63.4	66.7	60.0	54.9
Q (Joule)	44,520	114,345	102,480	123,165	133,140	140,070	126,000	115,290	114,030
4	m (kg)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	T awal	30.7	31.8	31.3	31.3	30.8	28.4	30.5	30.5
	T akhir	75.3	40.5	89.5	89.3	89.7	81.5	81.0	81.0
	ΔT	44.6	8.7	58.2	58.0	58.9	53.1	51.0	51.0
Q (Joule)	-	93,660	18,270	122,220	124,950	128,730	107,100	-	-
5	m (kg)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	T awal	-	-	-	31.5	32	28.8	-	-
	T akhir	-	-	-	89.2	87	64.1	-	-
	ΔT	-	-	-	57.7	55.0	35.3	-	-
Q (Joule)	-	-	-	121,170	115,500	74,130	-	-	
6	m (kg)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	T awal	-	-	-	32.4	31.3	-	-	-
	T akhir	-	-	-	56.9	60	-	-	-
	ΔT	-	-	-	24.5	28.7	-	-	-
Q (Joule)	-	-	-	51,450	60,270	-	-	-	
Q/day (kJ)	281.19	452.865	371.28	667.905	689.22	617.61	488.25	373.38	380.94
Q total	4.32 MJ								



Gambar 8. Produksi kalor pada setiap pendidihan

Pada Gambar 8, terlihat proses pendidihan pada hari ke 18 hanya terjadi 2 kali, sebelum akhirnya api tidak lagi menyala pada pemanasan air yang ketiga. Jumlah pendidihan semakin meningkat pada hari-hari selanjutnya. Pendidihan paling banyak terjadi pada hari ke 21 dan 22, yaitu sebanyak 6 kali pendidihan. Jumlah pendidihan semakin berkurang setelah hari ke 22. Pengukuran terakhir (hari ke 26) menunjukkan pendidihan terjadi hanya 2 kali dan akan terus menurun karena sudah melampaui HRT.

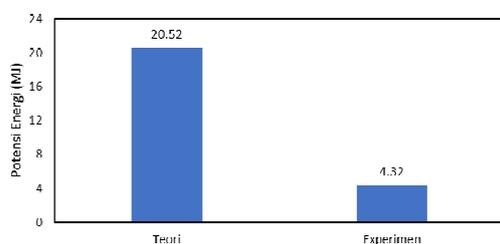
Gambar 9 menunjukkan total kalor yang diproduksi dari proses pendidihan air setiap hari selama proses pengambilan data. Berbanding lurus dengan jumlah pendidihan, kalor tertinggi yang diproduksi terjadi pada hari ke 22, yaitu sebesar 689 kJ. Sedangkan kalor terendah yang diproduksi yaitu saat awal pengambilan data (hari ke 18) sebesar 281 kJ.



Gambar 9. Jumlah kalor yang diproduksi biogas setiap hari

Perbandingan Hasil Eksperimen dan Teoritis

Berdasarkan hasil eksperimen, total energi yang didapat untuk bahan baku kotoran sapi dengan massa 171 kg adalah sebesar 4,32 MJ. Pada perhitungan teoritis, 171 kg kotoran sapi akan menghasilkan biogas dengan volume sebesar 0,342 m³. Bila komposisi CH₄ adalah 50% (diambil dari rata-rata komposisi hasil pengukuran saat eksperimen), maka volume CH₄ yang diproduksi adalah 0,171 m³. Dengan faktor konversi yang telah ditentukan, maka didapatkan nilai energi yang dapat dibangkitkan sebesar 20,52 MJ. Nilai energi dari eksperimen tersebut tidak sebesar yang dihasilkan secara teoritis. Perbandingan energi terbangkitkan pada eksperimen dengan hasil teoritis dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Perbandingan Potensi Energi yang Dihasilkan Biogas

Gambar 10 menunjukkan bahwa nilai energi dari eksperimen tidak sebesar yang dihasilkan secara teoritis. Hal tersebut dikarenakan oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut dipetakan pada diagram sebab akibat (fishbone) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Pada eksperimen, mayoritas faktor yang berpengaruh adalah mengenai parameter tekanan. Pada percobaan awal (menggunakan penampung gas), tekanan berkurang akibat elevasi, sehingga dilakukan pengosongan gas penampung untuk meminimalisir hal tersebut. Gas ditampung hanya pada bilik atas biodigester, namun tetap terjadi pengurangan tekanan karena friksi pada pipa kecil sepanjang aliran menuju igniter. Faktor lain yang tidak terukur adalah perubahan kalor laten akibat

penguapan air yang dipanaskan hingga mendidih, sehingga energinya terlepas ke lingkungan. Oleh karena itu, pemanasan dilakukan tidak sampai suhu 100 °C agar yang terukur adalah sensible heat. Namun kehilangan kalor akibat sistem yang terbuka tetap terjadi.

Rendahnya efisiensi pada pengambilan sampel mengakibatkan kerugian kalor hingga sebesar 16 MJ dari perhitungan teoritis menunjukkan bahwa konversi energi yang dilakukan untuk sekedar pemanasan air (menggunakan kompor) tidak direkomendasikan untuk mengubah biogas menjadi energi. Pengambilan sampel energi biogas dapat menjadi acuan untuk pembangkitan listrik di Desa Tuwang. Pada biogas bermassa 171 kg, didapatkan energi bersih sekitar 4,32 MJ. Nilai tersebut adalah nilai kalor yang terukur pada pemanasan air, dengan pertimbangan bahwa terdapat banyak kerugian kalor ke lingkungan. Diasumsikan setiap sapi menghasilkan kotoran 20 kg per hari. Bila peternakan sapi di Desa Tuwang memiliki 80 ekor sapi, didapatkan massa kotoran sapi per hari adalah 1600 kg. Sehingga energi yang dapat dihasilkan setiap hari sebesar 40,42 MJ.

Bila biogas beroperasi setiap saat untuk membangkitkan energi, maka diperlukan mesin pengkonversi energi yang mampu membangkitkan daya sebesar 468 Watt. Nilai tersebut adalah perhitungan daya yang dihasilkan setiap pemanasan air (kompor), dimana efisiensinya sangat rendah. Hal tersebut dikarenakan sistem pemanasan air menggunakan kompor adalah sistem terbuka. Pada beberapa pembangkit listrik, efisiensi daya generator jauh lebih besar. Kehilangan panas akibat faktor lingkungan pun dapat diminimalisir. Walaupun demikian, daya terbangkitkan ditaksir tidak lebih dari 3 kW. Dengan pertimbangan tersebut, dapat digunakan genset atau mesin pengkonversi energi lain seperti mesin stirling yang memiliki kapasitas daya di bawah 3 kW.

Dilihat dari segi kebutuhan sehari-hari masyarakat di Desa Tuwang, daya sebesar 468 Watt dapat digunakan untuk beberapa kebutuhan:

1. Bila diasumsikan setiap rumah tangga menggunakan penerangan 4 lampu LED 6 Watt, maka pembangkit listrik dapat menyuplai daya lampu untuk 20 kepala keluarga (1 RT).
2. Pada siang hari, pembangkit listrik dapat menyuplai daya untuk beberapa keperluan, seperti mesin cuci (300 Watt), setrika (350 Watt), televisi (100 Watt), kulkas (175 Watt), dan untuk kompor atau rice cooker

(dilakukan secara bergantian), dimana penggunaan daya dilakukan bersamaan dengan daya penerangan lampu. Hal tersebut menunjukkan bahwa 1 rumah tangga dapat terpenuhi kebutuhan listriknya dari pembangkit listrik tersebut (dapat menyuplai 5% kebutuhan listrik 1 RT).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Energi yang dihasilkan oleh biogas dengan bahan baku 171 kg kotoran sapi adalah sebesar 4,32 MJ, yaitu diukur dari kalor hasil pemanasan air.
2. Nilai energi terbangkitkan dari eksperimen lebih kecil dibandingkan perhitungan teoritis dikarenakan adanya kerugian kalor. Beberapa faktor yang mempengaruhi produksi energi kurang optimal meliputi tekanan, suhu, komposisi CH₄, geometri biodigester, dan waktu digestifikasi.
3. Berdasarkan potensi peternakan yang ada pada Desa Tuwang, dapat dihasilkan pembangkit listrik tenaga biogas dengan kapasitas 468 Watt.
4. Teknologi pengkonversi yang tepat untuk pembangkit listrik tenaga biogas dengan kapasitas daya 468 Watt adalah dengan menggunakan genset atau mesin stirling (pembangkit listrik pada kisaran produksi daya < 3 kW).
5. Penggunaan mesin stirling dengan daya berkapasitas 468 Watt dapat digunakan untuk menyuplai kebutuhan lampu penerangan 1 RT atau total kebutuhan listrik 1 rumah tangga.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Waskito, D., 2011. *Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Dengan Pemanfaatan Kotoran Sapi di Kawasan Usaha Peternakan Sapi*, Tesis, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [2] Skovsgaard, L., Jacobsen, H.K., 2017. *Economies of scale in biogas production and the significance of flexible regulation*, Int. Journal of Energy Policy, Elsevier, No. 101, pp. 77-89.
- [3] Tasnim, F., Iqbal, S.A., Chowdhury, A.R., *Biogas production from anaerobic co-digestion of cow manure with kitchen waste and Water Hyacinth*, Int. Journal of Renewable Energy, Elsevier, No. 109, pp. 434-439.
- [4] Rustrijarno, S., 2009. *Pemanfaatan Biogas sebagai Sumber Energi Alternatif Terbarukan di Lokasi Prima Tani Kabupaten Kulon Progo*, Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Bogor. hlm. 831-835.
- [5] Yasinta, F.S., Yuwono, T., Mahmudsyah, S., 2014. *Pemanfaatan Kotoran Sapi untuk Bahan Bakar PLT Biogas 80 KW di Desa Babadan Kecamatan Ngajum Malang*, Jurnal Teknik POMITS, Vol. 1, No. 1, pp. 1-6.