



Potensi Kemandirian Energi dan Implementasi Produksi Bersih Berbasis Pedesaan

Sumarlin^{1*}

¹ Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Kendari

*Correspondent Email: sumamarlin@umkendari.ac.id

Article History:

Received: 17-05-2023; Received in Revised: 25-05-2023; Accepted: 30-06-2023

DOI: -

Abstrak

Salah satu sumber biomassa potensial di pedesaan adalah limbah disektor peternakan. Bila dikelola dengan efektif dan efisien akan menjadi sumber energi untuk menopang kebutuhan energi di pedesaan. Kemandirian energi berbasis pedesaan dapat membantu meringankan beban pemerintah dalam mengatasi krisis energi. Disisi lain, krisis lingkungan akibat produksi limbah dan pencemaran limbah terus meningkat. Oleh karena itu dibutuhkan kearifan ekologis untuk mengatasi multikrisis tersebut. Langkah pemanfaatan limbah dan kotoran dari usaha ternak menjadi produk biogas, cukup memungkinkan untuk menyuplai kebutuhan energi listrik dalam skala rumah tangga di pedesaan. Berdasarkan perhitungan potensi limbah kotoran ternak di Kecamatan Kusambi, Sulawesi Tenggara diperoleh potensi biogas sebesar 120,724 m³/hari serta potensi listrik sebesar 547,4028 kWh/hari. Hasil sampingann biogas masih dapat digunakan untuk pupuk organik padat dan cair. Hal merupakan implementasi dari konsep produksi bersih yang menitikberatkan pengurangan produksi limbah (zero waste).

Kata Kunci: limbah, energi, biogas, produksi bersih

Abstract

One of the potential sources of biomass in rural areas is livestock waste. If managed effectively and efficiently, it will become a source of energy to support rural energy needs. Rural-based energy independence can help ease the government's burden in overcoming the energy crisis. On the other hand, the environmental crisis due to waste production and waste pollution continues to increase. Therefore, ecological wisdom is needed to overcome this multi-crisis. The step of utilizing waste and manure from livestock businesses into biogas products is quite possible to supply the needs of electrical energy on a household scale in rural areas. Based on the calculation of the potential for livestock manure in Kusambi District, Southeast Sulawesi, a biogas potential of 120.724 m³/day and an electricity potential of 547.4028 kWh/day were obtained. The by-product of biogas can still be used for solid and liquid organik fertilizers. This is an implementation of the concept of clean production which focuses on reducing waste production (zero waste).

Keywords: waste, energy, biogas, cleaner production

1. Pendahuluan

Serangkaian bencana lingkungan di dunia sebagai hubungan kausal pengelolaan lingkungan dibawah standar. Inversi Meuse Velley dan insiden kabut di Belgia tahun 1930 (Nemery, Hoet, and Nemmar 2001), emisi dioksin di Seveso, Italia yang disebabkan oleh ICMESA/Roche pada tahun 1976 (Bart, Dyke, and Luch 2016), insiden kebocoran gas pestisida Union Carbide di Bhopal, India pada tahun 1984 yang dianggap sebagai bencana industry terburuk di dunia dimana sekitar 16.000 jiwa meninggal dunia (Broughton 2005), kecelakaan reaktor nuklir di Fukusima, Jepang (Hasegawa et al. 2015), merupakan beberapa insiden lingkungan yang menimpa manusia dan memilukan. Mengantisipasi hal-hal yang merugikan yang tidak diinginkan, maka diperlukan tindakan praktis sebagai manifestasi kesadaran industry akan pengelolaan lingkungan yang standar. Pada tahun 1987, *the World Commission on Environment and Development* (WCED) meluncurkan laporan “*Our Common Future*”, (World Commission on Environment and Development 1987). Dalam laporan ini dinyatakan bahwa masalah utama yang dihadapi didunia yaitu konsekuensi dari kemiskinan disalah satu bagian dan konsumsi yang tidak berkelanjutan dibagian lainnya. Laporan ini merekomendasikan agar adanya pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development*) yaitu pembangunan yang memenuhi kebutuhan masa sekarang tanpa mengurangi kemampuan untuk pemenuhan kebutuhan generasi dimasa yang akan datang. Konsep ini memiliki 3 pilar yaitu viliabilitas ekonomi, perlindungan lingkungan, dan dukungan etik dan sosial. Laporan Bruntland ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas lingkungan, memproteksi biodiversitas dan melindungi ekosistem dan kesehatan manusia. Jawaban untuk pembangunan berkelanjutan seperti yang diliris oleh WCED (1987) dan dijabarkan lebih lanjut dalam agenda 21 Rio (Hens et al. 2017), munculnya apa yang dinamakan istilah produksi bersih (*Cleaner Production*) dengan adalah peningkatan produktivitas dan efisiensi pada penggunaan bahan mentah, energi dan air serta menstimulasi performansi lingkungan yang berkelanjutan melalui upaya minimalisasi sumber-sumber penghasil limbah dan emisi serta mereduksi dampak produk bagi lingkungan (Pawel, Sanchez, and Schwager-2002). Salah satu sumber penghasil limbah dipedesaan adalah sektor peternakan. Namun bila dikelola dengan baik akan menjadi sumber energi biomassa potensial untuk menopang kebutuhan energi di pedesaan sehingga. Kemandirian energi dipedesaan dapat membantu pemerintah mengatasi krisis energi yang disebabkan menipisnya cadangan minyak serta pemenuhan kebutuhan energi nasional yang makin meningkat. Saat ini, cadangan miyak bumi sebesar 3,2 sampai 3,3 milyar barel atau sekitar 0,2 % dari cadangan minyak dunia(Kemen ESDM 2013). Disisi lain, tingkat konsumsi bahan bakar minyak mencapai 1,628 juta barel perhari sementara produksi minyak hanya mencapai 786 ribu barel perhari, artinya masih defesit sekitar 842 ribu barel (Indonesia-

Invesment 2016). Dalam mencukupi defisit ini, pemerintah mengimpor minyak dari negara lain dan hal itu berlangsung sejak tahun 2004.

Pemerintah terus melakukan berbagai upaya untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dengan mengeluarkan Perpres Nomor 5 tahun 2016 tentang Kebijakan Energi Nasional (Presiden RI 2006). Kebijakan ini dimaksudkan agar pasokan energi dalam keadaan aman dan tercukupi dan ditargetkan pada tahun 2025 pemanfaatan energi dari minyak bumi berkurang 20%. Oleh karena itu, diperlukan maksimalisasi energi dari sumber lain termasuk sumber energi terbarukan. Sumber energi terbarukan merupakan sumber energi yang secara kontinyu dapat diperbaharui atau digantikan kembali, misalnya energi biomassa. Energi biomassa didapatkan dengan mengkonversi bahan-bahan biologis. Material bahan biologis ini cukup mudah didapat dan jumlahnya juga cukup banyak di lingkungan, salah satunya adalah limbah kotoran ternak. Limbah kotoran ternak di pedesaan tersedia cukup banyak. Kotoran ternak mengandung gas metan (CH_4), merupakan sumber kalor yang bermanfaat dalam proses pembakaran. Limbah ternak yang tidak terolah menyebabkan gas metan terlepas ke udara, sehingga berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan. Gas metan hasil penguraian natural merupakan salah satu gas rumah kaca yang berkontribusi pada pemanasan global.

2. Metode

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan metode *literature review* yang dirancang melalui beberapa tahapan yaitu: mencari literatur yang relevan, memilih sumber yang spesifik yang sesuai dengan topik tentang potensi kemandirian energi dan implementasi produksi bersih berbasis pedesaan, melakukan identifikasi, membuat kerangka, dan menyusun literatur *review*. Data dihimpun dengan cara mengumpulkan artikel-artikel yang bersumber dari database *scopus*, *google scholar*, dan lainnya yang relevan tentang kemandirian energi dan produksi bersih. Selanjutnya data di *review* dan dianalisis secara deskriptif kualitatif yang dapat digunakan untuk memberi pencerahan atau pendidikan kepada masyarakat

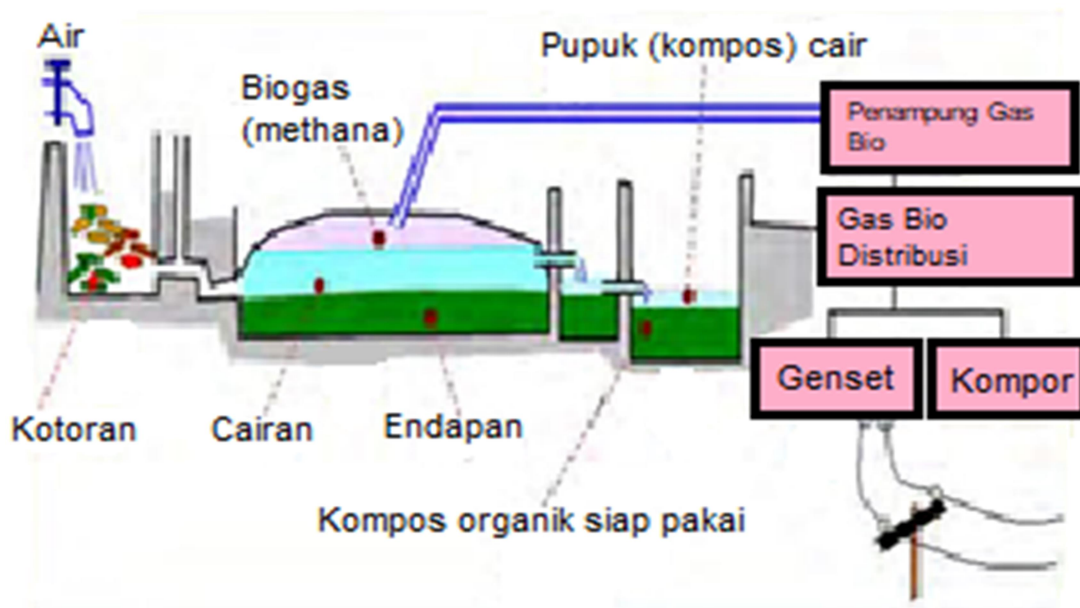
3. Hasil dan Pembahasan

Tinjauan tentang Biogas dan Konversinya menjadi Energi Listrik

Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari penguraian mikroba efek dari adanya fermentasi dari bahan organik, pada keadaan anaerobik, baik dari sisi temperature, sisi kelembaban, serta sisi keasaman. Bahan organik selanjutnya dimasukkan ke dalam digester (berupa ruang tertutup kedap udara) sehingga didalam digester akan terjadi proses pembusukan bahan organik yang hasil luarannya berupa gas (bio gas). Biogas

yang terkumpul dalam digester, selanjutnya disalurkan ke tabung penyimpanan gas atau langsung disalurkan ke lokasi pembuangan melalui pipa penyalur gas.

Ditinjau dari metode pengisian bahan baku, proses produksi biogas terdiri dari pengisian curah dan pengisian kontinyu. Sistem pengisian curah (SPC) merupakan teknik penggantian bahan yang dilakukan saat produksi biogas telah berhenti, dengan mengeluarkan sisa bahan dari suatu tangki pengolahan, kemudian dilanjutkan dengan mengisi bahan baku yang baru. Adapun system pengisian kontinyu (SPK), bahan baku dimasukkan ke tangka pengolahan dimana hal tersebut dilakukan secara berkesinambungan setiap harinya, selama kurang kurang lebih empat minggu terhitung dari dari waktu awal pengisian. Namun, bahan yang sudah diolah tidak perlu dikeluarkan lagi.



Gambar 1. Pemanfaatan Biogas dari Kotoran Sapi
(Sumber: (Santoso, Giriantari, and Ariastina 2019))

Faktor penunjang keberhasilan pembuatan biogas diantaranya jumlah kotoran ternak yang dihasilkan perhari, persentase kandungan bahan kering dai setiap jenis kotoran ternak, serta jumlah biogas yang dihasilkan dari setiap jenis kotoran ternak. Setiap jenis ternak menghasilkan jumlah biogas yang berbeda sehingga potensi dari setiap jenis kotoran ternak juga berbeda. Kandungan terbesar yang terdapat pada biogas yakni gas metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2). Kosentrasi metana (CH_4) menentukan besarnya kandungan energi (nilai kalor) akan semakin besar bilamana kandungan metananya (CH_4) juga tinggi. Karbon dioksida (CO_2), hydrogen sulphur, dan kandungan air harus dihilangkan bilamana ingin meningkatkan kualitas biogas yang dihasilkan.

Biogas berpotensi untuk bahan baku pembangkitan listrik. Biogas dapat dikonversikan menjadi energi listrik dengan mengetahui jumlah produksi kotoran dari

setiap jenis hewan ternak perhari (Santoso et al. 2019), dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\text{Produksi kotoran} = n \times \text{jumlah kotoran perhari} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana n adalah jumlah ternak (ekor)

Setelah mendapatkan jumlah produksi kotoran hewan ternak, berikutnya menghitung total kandungan bahan kering dari hewan ternak. Total kandungan bahan kering(Santoso et al. 2019), dapat dihitung dengan mengacu pada persamaan berikut:

$$\text{Total KBK} = \text{Produksi kotoran} \times \text{KBK ternak}$$

Dimana, KBK adalah kandungan bahan kering (kg.BK)

Setelah memperoleh total kandungan bahan kering setiap jenis ternak, maka potensi biogas (Santoso et al. 2019) dapat dihitung dengan mengacu pada persamaan berikut:

$$\text{Potensi biogas (BG)} = \text{Total KBK} \times \text{BG ternak} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana;

Bg ternak = Biogas yang dihasilkan ternak (m³/kg.BK)

KBK = Kandungan Bahan Kering (kg.BK)

Langka terakhir adalah mengkonversi potensi biogas menjadi energi listrik. Konversi biogas serta penggunaan lainnya tertera pada table berikut.

Tabel 1. Konversi Biogas dan Penggunaannya

No	Penggunaan	1m ³ Biogas
1.	Penerangan	Lampu 60-100 Watt selam 6 jam
2.	Memasak	Memasak 3 jenis makanan untuk 5-6 orang
3.	Tenaga	Menjalankan motor 1 hp selama 2 jam
4.	Listrik	4,7 kWh energi listrik

(Sumber: Suhendra 2008; Suriawiria 2005)

Berdasarkan tabel 1. Potensi energi listrik yang dihasilkan dari biogas yang berasal dari kotoran hewan ternak dapat dihitung mengacu pada persamaan 3

$$E = \text{Potensi Bg} \times 4,7 \text{ kWh} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana, Bg = Potensi Biogas (m³)

Masa kotoran, kandungan bahan kering dan biogas yang dihasilkan dari hewan ternak berbeda-beda, sehingga setiap jenis kotoran hewan ternak memiliki potensi yang berbeda-beda juga. Massa kotoran, kandungan bahan kering dan biogas yang dihasilkan berdasarkan jenis ternak dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.

Tabel 2. Massa kotoran, kandungan bahan kering dan Produksi Biogas

Jenis hewan ternak	Massa kotoran (kg/hari)	Kandungan bahan kering (%)	Produksi biogas (m ³ /kg.BK)
Sapi/Kerbau/Kuda	25-30	20	0,023-0,040
Kambing/Domba	1,13	26	0,040-0,059
Ayam	0,18	28	0,065-0,116
Itik	0,34	38	0,065-0,116
Babi	7	9	0,040-0,059
Manusia	0,25-0,40	23	0,020-0,028

(Sumber: Widodo et al. 2008)

Potensi Energi dari Limbah Kotoran Ternak dan Implementasi Produksi Bersih di Pedesaan

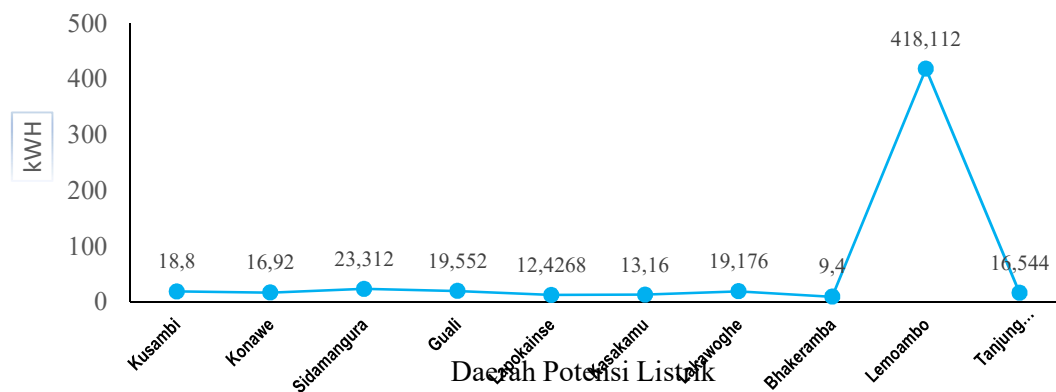
Salah satu implementasi dari produksi bersih adalah usaha peternakan yang dengan system terintegrasi dengan pemanfaatan limbah ternak menjadi energi terbarukan (biogas). Pengembangan biogas yang berbasis pada peternakan dapat memberikan nilai tambah bagi peternak. Selama ini peternak hanya mengandalkan pada daging dan anakan sebagai sumber pendapatan dari usaha peternakan. Pemanfaatan kotoran ternak untuk pengembangan biogas, dapat mengurangi biaya rumah tangga peternak yaitu biaya kebutuhan energy (Sutrianto, Aku, and Pagala 2010). Salah satu daerah otonom baru, di Indonesia adalah Kabupaten Muna Barat, Sulawesi Tenggara. Populasi ternak di daerah ini tersebar diseluruh kecamatan. Hal ini berpotensi untuk dikelola menjadi sumber energi alternatif dan terbarukan dalam upaya mensubstitusi konsumsi energi yang tidak terbarukan seperti minyak tanah, solar, bensin dan kayu bakar. Data bahan baku energi terbarukan dari limbah ternak sapi di Kecamatan Kusambi Kabupaten Muna Barat, Sulawesi Tenggara disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 3. Produksi Feses, Potensi Gas Methan serta Potensi Listrik di Kecamatan Kusambi Kabupaten Muna Barat, Sulawesi Tenggara

No	Desa/Kelurahan	Produksi Limbah (kg/hari)	KBK (kg.BK)	BG (m ³ /hari)	Methan (M)(Sutrianto et al. 2010)	kWh/hari
1.	Kusambi	500	100,00	4	6.796,11	18,8
2.	Konawe	450	90,00	3,6	6.116,50	16,92
3.	Sidamangura	620	124,00	4,96	8.427,18	23,312
4.	Guali	520	104,00	4,16	7.067,96	19,552
5.	Lapokainse	330,5	66,10	2,644	4.485,44	12,4268
6.	Kasakamu	350	70,00	2,8	4.757,28	13,16
7.	Lakawoghe	510	102,00	4,08	6.932,04	19,176
8.	Bhakeramba	250	50,00	2	3.398,06	9,4
9.	Lemoambo	11120	2.224,00	88,96	15.087,38	418,112
10.	Tanjung Pinang	440	88,00	3,52	5.980,58	16,544
	Jumlah	15.091	3.018,10	120,724	69.048,54	567,4028

(Sumber: Sutrianto et al. 2010; Hasil Olahan Data, 2022)

Berdasarkan data olahan dengan mengacu pada produksi limbah dalam satuan kg/hari diperoleh potensi listrik masing-masing di Kecamatan; Kusambi 18,8 kWh/hari, Konawe 16,92 kWh, Sidamangura 23,312 kWh, Guali 19,552 kWh, Lapokainse 12,42 kWh, Kasakamu 13,16 kWh, Lakawoghe 19,18 kWh, Bhakeramba 9,4 kWh, Lemoambo 418,112 kWh dan tanjong pinang 16,544. Hal ini berarti potensi listrik dari limbah dan kotoran ternak tertinggi terdapat di Desa Leoambo. Gambaran potensi listrik di Kecamatan Kusambi Kabupaten Muna Barat Sulawesi Tenggara dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Potensi listrik dari limbah dan kotoran ternak di kecamatan Kusambi

Berdasarkan data olahan dengan mengacu pada populasi ternak sapi yang ada di Kecamatan Kusambi, diperoleh potensi biogas berbahan baku limbah ternak sapi sebesar 5,080. Kg feses/hari atau setara dengan 120,724 m³/hari biogass dengan kandungan metan sebesar 69,048.54 m³ serta 547,4028 kWh listrik. Menurut Sukmana et al. (2018) menyatakan bahwa setiap 1 M gas metan setara dengan 0.46 Kg elpiji, 0.62 liter minyak tanah, 0.52 liter solar, 0.80 liter bensin dan 3.50 kg kayu bakar, sehingga potensi energi pada Kecamatan Kusambi sebagai berikut

Tabel 4. Produksi limbah ternak di Kecamatan Kusambi dan penyeteraannya

No	Desa/Kelurahan	Produksi Limbah (kg/hari)	Penyeteraan				
			Elpiji (kg)	Minyak tanah (liter)	Solar (liter)	Bensin (liter)	Kayu Bakar (kg)
1.	Kusambi	500	4213,59	4213,59	3533,98	5436,89	23786,39
2.	Konawe	450	3792,23	3792,23	3180,58	4893,20	21407,75
3.	Sidamangura	620	5224,85	5224,85	4382,13	6741,74	29495,13
4.	Guali	520	4382,14	4382,14	3675,34	5654,37	24737,86
5.	Lapokainse	330,5	2780,97	2780,97	2332,43	3588,35	15699,04
6.	Kasakamu	350	2949,51	2949,51	2473,79	3805,82	16650,48
7.	Lakawoghe	510	4297,86	4297,86	3604,66	5545,63	24262,14
8.	Bhakeramba	250	2106,80	2106,80	1766,99	2718,45	11893,21
9.	Lemoambo	11120	9354,18	9354,18	7845,44	12069,90	52805,83
10.	Tanjung Pinang	440	3707,96	3707,96	3109,90	4784,46	20932,03
	Jumlah	15.091	42810,09	42810,09	35905,24	55238,83	241669,89

(Sumber: Sutrianto et al. 2010; Data Olahan, 2022)

Berdasarkan data olahan diatas, maka diketahui produksi limbah dan kotoran ternak di Kecamatan Kusambi sebesar 15.091 kg/hari setara dengan 4281,09 kg elpiji; 42810,09 minyak tanah; 35905,24 liter solar; 55238,83 liter bensin; 241669,89 kg kayu bakar. Menurut Peraturan Menteri ESDM No 10 tahun 2015(Kementerian ESDM RI 2015) tentang petunjuk teknis penggunaan Dana Alokasi Khusus Bidang energi Perdesaan Tahun 2015, menjelaskan bahwa untuk skala rumah tangga dengan ukuran Kedalam 1,5 M, dengan diameter 1.50 M, maka diperoleh isi kontainer Biogas 612.30 Kg (air dan feses), dengan perbandingan 1 : 1, maka setiap container skala rumah tangga membutuhkan lebih kurang 306.15 Kg feses. Dengan mengacu pada angka potensi energi alternatif berbahan baku limbah ternak, maka di Kecamatan Kusambi dapat terbangun biogas beton skala rumah tangga sebanyak 17 Unit. Tabel 4 menggambarkan sebaran potensi

Tabel 5. Sebaran potensi instalasi biogas beton skala rumah tangga

No	Desa/Kelurahan	Produksi Limbah (kg/hari)	Potensi Gas (m ³ /kg)	Methan (M)	Instalasi Biogas
1.	Kusambi	500	9.708,74	6.796,11	2
2.	Konawe	450	8.737,86	6.116,50	2
3.	Sidamangura	620	12.038,83	8.427,18	2
4.	Guali	520	10.097,09	7.067,96	2
5.	Lapokainse	330,50	6.407,77	4.485,44	1
6.	Kasakamu	350	6.796,12	4.757,28	1
7.	Lakawoghe	510	9.902,91	6.932,04	2
8.	Bhakeramba	250	4.854,37	3.398,06	1
9.	Lemoambo	11120	21.553,40	15.087,38	4
10.	Tanjung Pinang	440	8.543,69	5.980,58	1
	Jumlah	5.080	98.640,78	69.048,54	17

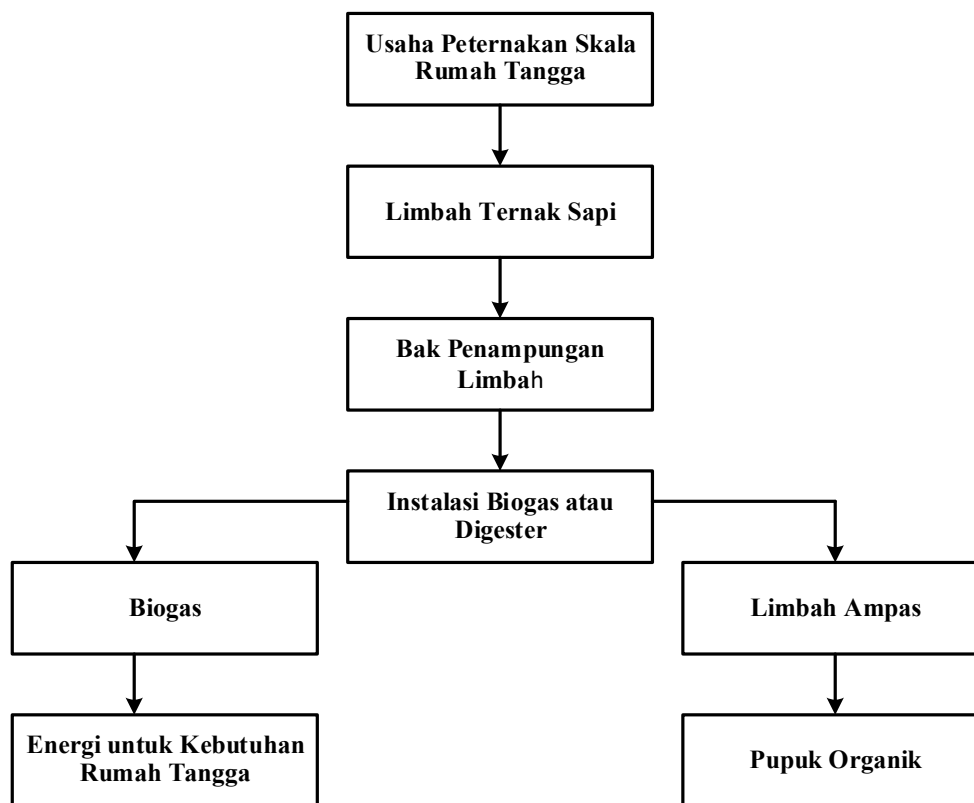
(Sumber: Sutrianto et al. 2010)

Biogas dimasa mendatang, sangat memungkinkan digunakan sebagai substitusi energi fosil. Ditinjau dari manfaat yang didapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kalor yang terkandung dalam biogas sebesar 590-700 Kcal perkubik. Selain itu 1 m³ biogas setara dengan 0,46 kg elpiji, 0,62 liter minyak tanah, 0,52 liter minyak solar, 0,80 liter bensin, dan 3,50 kg kayu bakar (Sukmana et al. 2018).
2. Limbah organik dapat diubah pupuk berkualitas. Hasil ikutan dari pembuatan biogas adalah pupuk padatan ataupun cair. Pupuk organik ini memiliki unsur hara berupa N, ammonium, PH tinggi, dan rasio C/N rendah yang tentunya berkualitas tinggi jika dibandingkan dengan limbah pertanian yang dikomposkan.
3. Memberikan manfaat makro ekonomi dengan sentralisasi energi dan proteksi terhadap lingkungan (Dianawati, Siti, and Mulijanti 2015).

4. Memberikan manfaat mikro ekonomi melalui substitusi energi dan pupuk organik serta bertambahnya penghasilan petani dan meningkatkan kegiatan peternakan (Said 2010).

Selanjutnya, limbah/ampas dari biogas dapat digunakan untuk produk baru yaitu pupuk (*Bioslurry*). *Bioslurry* adalah produk akhir pengolahan limbah berbau kotoran sapi yang berbentuk padat dan cair yang sangat bermanfaat sebagai sumber nutrisi untuk tanaman. Pupuk *Bioslurry* adalah produk akhir pengolahan limbah yang berbentuk lumpur yang sangat bermanfaat sebagai sumber nutrisi untuk tanaman. Pupuk *Bioslurry* merupakan limbah dari biogas sehingga pupuk *Bioslurry* merupakan pupuk organik berkualitas tinggi yang kaya kandungan humus. Untuk mendapatkan kandungan nutrisi yang baik pada pupuk organik cair perlu adanya penambahan bahan baku pendukung sehingga dapat menambah nilai nutrisi khususnya nilai N, P dan K. Implementasi produksi bersih di pedesaan disajikan pada gambar 2 berikut.



Gambar 3. Skema implementasi produksi bersih pada usaha ternak skala rumah tangga.

4.Kesimpulan

Produksi bersih (*Cleaner Production*) merupakan peningkatan produktivitas dan efisiensi pada penggunaan bahan mentah, energi dan air serta menstimulasi performansi lingkungan yang berkelanjutan melalui upaya minimalisasi sumber-sumber penghasil

limbah dan emisi serta mereduksi dampak produk bagi lingkungan. Salah satu sumber penghasil limbah di pedesaan adalah usaha di sektor peternakan. Bila dikelola dengan efisien akan menjadi sumber energi biomassa potensial untuk menopang kebutuhan energi di pedesaan sehingga. Kemandirian energi dipedesaan dibutuhkan untuk membantu pemerintah mengatasi krisis energi yang disebabkan menipisnya cadangan minyak serta pemenuhan kebutuhan energi nasional yang makin meningkat. Berdasarkan data olahan dengan mengacu pada populasi ternak sapi yang ada di Kecamatan Kusambi, diperoleh potensi biogas berbahan baku limbah ternak sapi sebesar 5,080. Kg feses/hari atau setara dengan 120,724 m³/hari biogass dengan kandungan methan sebesar 69,048.54 m³ serta 547,4028 kWh listrik. Selain itu produksi limbah dan kotoran ternak di Kecamatan Kusambi sebesar 15.091 kg/hari setara dengan 4281,09 kg elpiji; 42810,09 minyak tanah; 35905,24 liter solar; 55238,83 liter bensin; 241669,89 kg kayu bakar. Pengembangan biogas yang berbasis pada usahaka peternakan dapat selain menopang kemandirian energi, memberikan nilai tambah bagi peternak serta mengurangi limbah. limbah/ampas dari biogas dapat digunakan untuk produk baru yaitu pupuk (*Bioslurry*). *Bioslurry* adalah produk akhir pengolahan limbah berbahan kotoran sapi yang berbentuk padat dan cair yang sangat bermanfaat sebagai sumber nutrisi untuk tanaman. Hal ini tidak lain, merupakan implementasi dari konsep zero waste yang erat kaitannya dengan produksi bersih

5. Daftar Pustaka

- Bart, Hens, Patrick H. Dyke, and Hens Luch. 2016. "What Can We Learn from 'Dioxin Incidents'?" Bart Hens * Luc Hens." 60(January 2017):34–62.
- Broughton, Edward. 2005. "Environmental Health : A Global The Bhopal Disaster and Its Aftermath : A Review." 6:1–6. doi: 10.1186/1476-069X-4-6.
- Dianawati, Meksy, Dan Siti, and Lia Mulijanti. 2015. "Peluang Pengembangan Biogas Di Sentra Sapi Perah (Opportunities of Biogas Development in Dairy Cattle Center Areas)." *J. Litbang Pertanian* 34(3):125–34.
- Hasegawa, Prof Arifumi, Prof Koichi Tanigawa, Prof Akira Ohtsuru, Prof Hirooki Yabe, Prof Masaharu Maeda, Jun Shigemura, Prof Tetsuya Ohira, Takako Tominaga, Makoto Akashi, Nobuyuki Hirohashi, Prof Tetsuo Ishikawa, Prof Kenji Kamiya, Prof Kenji Shibuya, Prof Shunichi Yamashita, and Prof Rethy K. Chhem. 2015. "From Hiroshima and Nagasaki to Fukushima 2 Health Effects of Radiation and Other Health Problems in the Aftermath of Nuclear Accidents , with an Emphasis On." *The Lancet* 386(9992):479–88. doi: 10.1016/S0140-6736(15)61106-0.
- Hens, L., C. Block, C. Chamoro, H. Mendoza, D. Haeseldonckx, and C. Vandecasteele. 2017. "On the Evolution of Cleaner Production as a Concept and a Practice." *Journal of Cleaner Production*. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.11.082.
- Indonesia-Invesment. 2016. "Minyak Bumi."
- Kemen ESDM. 2013. "Indonesia Nomor 5 Dunia Dalam Porsi Bagi Hasil Migas Untuk Negara." *Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia*.
- Kementerian ESDM RI. 2015. *Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral*

- Nomor 10 Tahun 2015 Petunjuk Teknis Penggunaan Dana Alokasi Khusus Bidang Energi Perdesaan Tahun Anggaran 2015*. Indonesia: BN 2015/ NO 351; JDIH ESDM.GO.ID : 10 HLM.
- Nemery, Benoit, Peter H. M. Hoet, and Abderrahim Nemmar. 2001. "Department of Medical History The Meuse Valley Fog of 1930 : An Air Pollution Disaster." 357.
- Pawel, Kazmierczyk, Osuna Mayra Regina Sanchez, and Quijano Petra Schwager-. 2002. *Manual on the Development of Cleaner Production Policies— Approaches and Instruments Guidelines for National Cleaner Production Centres and Programmes*. Viena: UNIDO.
- Presiden RI. 2006. *Peraturan Presiden (PERPRES) Nomor 5 Tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional*. Republik Indonesia: LLSETKAB.
- Said, Syahrudin; 2010. *Biogas Untuk Listrik Skala Rumah Tangga*. Cetakan 1. Jakarta: Indocamp.
- Santoso, Michael Candra, I. A. D. Giriantari, and W. G. Ariastina. 2019. "Studi Pemanfaatan Kotoran Ternak Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Di Bali." *Spektrum* 6(4):58–65.
- Suhendra, Feber. 2008. *The Usage Of Biogas Technology To Reduce Livestock Pollutant in Bali on Clean Development Mechanism*. Bali: Mulya Tiara Nusa.
- Sukmana, Rika Widya, and Anny Muljatiningrum. 2018. *Biogas Dari Limbah Ternak /*. Cetakan ke. Bandung: Nuansa Cendekia.
- Suriawiria. 2005. *Menuai Biogas Dari Limbah*. Jakarta: Departemen Pertanian.
- Sutrianto, Ahmad S. Aku, and Muh. Amrullah Pagala. 2010. "Analisis Potensi Energi Terbarukan Limbah Kotoran Dari Ternak Sapi Di Kecamatan Kusambi Kabupaten Muna Barat Provinsi Sulawesi Tenggara." *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Peternakan Tropis* 3(2):64–71.
- Widodo, Teguh Wikan, Ana N., A.Asari, and Elita R. 2008. "Pemanfaatan Limbah Industri Pertanian Untuk Energi Biogas." *Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian Serpong Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian* 1–12.
- World Commission on Environment and Development. 1987. *Our Common Future*.