FAKTOR-FAKTOR PENDORONG ADOPSI DAN POTENSI EKONOMI BIOGAS DARI LIMBAH TERNAK SAPI PERAH DI HULU DAS CITARUM

(Determining Factors for Adoption and Economic Potency of Biogas from Dairy Waste in Upstream Citarum Watershed)

Febby Rizaly Nur Rury[1], Akhmad Fauzi[2], Ahyar Ismail[3]

[1]Dinas Ketahanan Pangan dan Peternakan Provinsi Jawa Barat,
[2]Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, IPB
[3]Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, IPB

ABSTRACT

Dairy farming also produces manure as a by-product that has the potential to pollute the environment. Biogas from dairy waste is one of the solution to prevent pollution. However, some of the dairy farmers in the upstream Citarum watershed did not manage their waste and dispose it into the waterways. This study aims to identify factors that influence farmers' decisions to manage, stop managing or not managing dairy waste, and to estimate the potential costs and benefits of biogas processing. This study was conducted in February to August 2017 at Tarumajaya, Kertasari Sub-District of Bandung Regency. The method used was Multinomial Logistic Regression and Extended Cost-Benefit Analysis. The study showed that determinant factors that influence farmers' tendency to manage dairy waste were fostering to the farmers (0,023), age (0,035), social pressure from the surrounding community (0,045), and membership in farmer groups (0,051). The Net-Present Value of biogas processing reached 5.298.340.449 IDR, and Net-B/C Ratio of 1,60.
Keyword: dairy waste, biogas, multinomial logistic regression, extended CBA

ABSTRAK

Usaha peternakan sapi perah memproduksi limbah ternak sebagai produk sampingan yang memiliki potensi untuk mencemari lingkungan. Biogas dari limbah ternak sapi perah merupakan salah satu solusi untuk mencegah polusi. Namundemikian, tidak seluruh petani di hulu DAS Citarum mengelola limbah ternak yang dihasilkannya dan membuang ke dalam aliran sungai. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi keputusan peternak untuk mengelola, berhenti mengelola maupun tidak mengelola limbah ternak sapi perah yang dihasilkan, serta untuk mengestimasi potensi biaya-manfaat dari pengolahan biogas dari limbah ternak sapi perah. Penelitian ini dilaksanakan di Desa Tarumajaya, Kecamatan Kertasari, Kabupaten Bandung pada bulan Februari sampai dengan bulan Agustus 2017. Metode yang digunakan yaitu Regresi Logistik Multinomial dan *Extended Cost-Benefit Analysis*. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa faktor-faktor yang memengaruhi kecenderungan untuk mengelola limbah ternak yaitu pembinaan (0,023), umur (0,035), tekanan sosial (0,045) dan keanggotaan pada kelompok peternak (0,051). NPV dari pengolahan biogas di hulu DAS Citarum mencapai Rp.5.298.340.499,- dan *Net-B/C Ratio* mencapai 1,60.
Kata Kunci: limbah ternak sapi perah, biogas, regresi multinomial, *extended CBA*

I. PENDAHULUAN

Jawa Barat merupakan salah satu provinsi yang mempunyai potensi peternakan sapi perah yang tinggi. Pada tahun 2015, produksi susu di provinsi Jawa Barat mencapai 249.947 ton atau 29,29% dari total produksi susu nasional. Produksi tersebut diperoleh dari populasi ternak sapi perah sebesar 116.400 ekor (Kementerian Pertanian RI, 2016). Potensi peternakan sapi perah yang tinggi di Provinsi Jawa Barat tersebut, juga berpotensi untuk meningkatkan pencemaran lingkungan. Hal tersebut dikarenakan selain memproduksi air susu, peternakan sapi perah juga menghasilkan limbah berupa feses, urine, sisa pakan serta air sisa pembersihan kandang dan ternak sebagai produk sampingan yang berpotensi mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Bahkan, Parikesit (2005) menyatakan bahwa mayoritas peternak sapi perah skala kecil di Jawa Barat masih

membuang sebagian besar limbah ternak yang dihasilkannya ke aliran sungai.

Kawasan Kabupaten Bandung sebagai salah satu pusat pengembangan peternakan sapi perah di Jawa Barat, menghadapi permasalahan pencemaran dari limbah ternak sapi perah. Topografi wilayah kab. Bandung sebagai hulu DAS Citarum yang merupakan wilayah pegunungan, menyebabkan seluruh aliran air termasuk limbah peternakan yang tidak diolah dan dibuang ke parit-parit masuk ke aliran sungai Citarum dan menyebabkan pencemaran di wilayah hulu. Keputusan peternak dalam pengelolaan limbah ternaknya merupakan faktor penentu keberhasilan keberhasilan program pemerintah dalam merevitalisasi sungai Citarum. Sehinga untuk merencanakan suatu rekomendasi kebijakan yang tepat, diperlukan identifikasi faktor-faktor yang memengaruhi keputusan peternak dalam pengelolaan limbah ternaknya. Berdasarkan latar belakang tersebut, tujuan dilaksanakannya penelitian ini yaitu untuk: 1). mengidentifikasi faktor pendorong peternak di wilayah hulu DAS Citarum untuk mengelola, berhenti mengelola atau tidak mengelola limbah ternak sapi perah menjadi biogas; dan 2) mengestimasi potensi biaya dan manfaat ekonomi pengolahan biogas dari limbah ternak sapi perah di wilayah hulu DAS Citarum.

TEKNOLOGI BIOGAS

Limbah ternak masih mengandung nutrien yang potensial untuk dimanfaatkan. Limbah ternak nyatanya masih mengandung nutrien seperti protein, lemak, bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN), vitamin, mineral, mikroba atau biota, dan zat-zat yang lain (*unidentified subtances*) yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik, energi, media tumbuh serta berbagai tujuan lain (Sihombing, 2000). Terdapat dua metode konversi yang dapat digunakan untuk mengubah limbah ternak menjadi sumber energi, yaitu melalui metode konversi thermo-kimia maupun metode biologis. Namun demikian, metode konversi biologis melalui proses digesti anaerob memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan metode konversi thermo-kimia, salah satunya karena limbah ternak segar mengandung kadar air yang cukup tinggi (±80%) sehingga tidak cocok untuk metode thermo-kimia. Selain itu, komposisi limbah ternak yang sangat bervariatif dan tinggi akan kandungan lignoselulosa, menyebabkan limbah ternak tidak cocok untuk produksi ethanol maupun produk lainnya.

Wilkinson (2011) menyatakan bahwa digesti anaerob, sebagai mekanisme dekomposisi bahan organik dalam kondisi tanpa oksigen, dapat menghasilkan energi ramah lingkungan yang berkelanjutan. Lebih lanjut, proses digesti anaerob juga memiliki berbagai kelebihan lain jika dilihat dari sudut pandang pengelolaan limbah. Digesti mikroba anaerob juga menurunkan konsentrasi *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Solids* (TS), *Volatile Solids* (VS), Nitrit nitrat serta nitrogen organik pada aliran limbah. Selain itu, proses digesti anaerob juga dapat membunuh bakteri coliform, bakteri patogen, telur serangga dan parasit hingga ambang batas tertentu (Engler *et al* (1999).

Cuéllar & Webber (2008) menambahkan bahwa proses digesti anaerob limbah ternak menjadi biogas yang kaya akan kandungan metana dapat menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK) dari limbah ternak secara signifikan. Pertama, pengolahan limbah ternak dengan menjadi biogas mencegah pencemaran metana dan Nitrogen oksida yang terjadi jika limbah disimpan di lahan terbuka atau ditampung pada bak penampungan. Kedua, penggunaan biogas sebagai pengganti bahan bakar fossil juga menurunkan kadar GRK yang dilepaskan sebagai sisa pembakaran biogas.

Sebagai sumber energi, energi yang dihasilkan oleh biogas sangat tergantung dari jumlah gas metana dan gas karbondioksida yang terkandung didalamnya. Semakin tinggi perbandingan antara kandungan gas metana dengan gas karbondioksida yang dihasilkan, maka akan semakin tinggi pula energi yang dihasilkan. Biogas yang dihasilkan dari limbah peternakan memiliki jumlah metana yang cukup tinggi (65,7%). Selengkapnya dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Komposisi gas (%) dalam biogas yang berasal dari limbah ternak

Jenis Gas	Komposisi gas (%)
Metana (CH_4)	65,7
Karbondioksida (CO_2)	27,0
Nitrogen (N_2)	2,3
Karbonmonoksida (CO)	0,0
Oksigen (O_2)	0,1
Propana (C_3H_8)	0,7
Hidrogen Sulfida (H_2S)	Tidak terukur
Nilai Kalori (kkal/m^3)	6.513

Sumber: Harahap *et al* (1978)

Biogas sebagai sumber energi dapat diolah menjadi berbagai macam bentuk energi, yaitu energi panas, energi mekanis dengan bantuan motor penggerak, atau energi listrik dengan bantuan generator. Energi yang dihasilkan dari 1m^3 biogas, memiliki nilai kesetaraan yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan sumber energi lain. Secara rinci dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Konversi energi biogas dan penggunaannya

Penggunaan	Energi 1 m^3 biogas
Penerangan	sebanding dengan lampu 60 – 100 Watt selama 6 jam
Memasak	untuk memasak 3 jenis makanan untuk 3 – 6 orang
Pengganti bahan bakar	sebanding dengan 0,7 kg bensin
Tenaga pengangkut	menjalankan motor 1 pk selama 2 jam
Listrik	Sebanding dengan 1,25 KWH

Sumber: Kristoferson dan Bolkaders (1991) *dalam* Haryati (2006)

Selain sebagai satu sumber energi terbarukan yang bisa menjawab kebutuhan akan energi, biogas sekaligus dapat menyediakan kebutuhan unsur hara tanah dalam suatu sistem pertanian yang berkelanjutan. Hal tersebut dapat tercapai karena sisa hasil pengolahan biogas masih memiliki unsur hara yang baik untuk tanaman dan juga sudah tidak mengandung bakteri coliform, bakteri patogen, telur serangga serta parasit. Pemanfaatan kotoran ternak menjadi biogas mendukung penerapan konsep zero waste sehingga pertanian yang berkelanjutan dan ramah lingkungan dapat dicapai (Widodo *et al* 2006).

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Desa Tarumajaya, Kecamatan Kertasari, Kabupaten Bandung pada Bulan Februari s.d Agustus 2017. Lokasi penelitian dipilih secara sengaja (*purposive*), yaitu karena lokasi penelitian memiliki populasi ternak sapi perah yang paling tinggi dibandingkan lokasi lain. Responden dalam penelitian ini adalah peternak sapi perah dan masyarakat di wilayah hulu Daerah Alira Sungai Citarum. Pengambilan sampel dilakukan secara sengaja, yaitu peternak yang memiliki kandang di sekitar aliran sungai Citarum sejumlah 90 peternak, sedangkan masyarakat dipilih berdasarkan lokasi rumah tinggal di sekitar aliran sungai Citarum sejumlah 60 orang. Metode analisis yang digunakan:

1. Model Regresi Logistik Multinomial

Regresi logistik multinomial adalah model regresi yang dapat digunakan untuk menyelesaikan kasus regresi dengan peubah terikat berupa data kualitatif berbentuk multinomial (lebih dari dua kategori) yang tidak berurut, dengan satu atau lebih peubah bebas (Juanda, 2009). Model logistik multinomial digunakan dalam penelitian ini karena perubah terikat (*dependent variable*) berupa data kategorikal dan memiliki 3 pilihan, yaitu: bernilai 0 jika peternak tidak mengelola

limbah ternak sapi perah dan bernilai 1 jika peternak berhenti mengelola limbah ternak sapi perah menjadi biogas dan 2 jika peternak mengelola limbah ternak sapi perah menjadi biogas.

Persamaan regresi logistik dengan peubah terikat yang terdiri dari tiga kategori akan membentuk dua persamaan logit, dimana masing-masing persamaan ini membentuk regresi logistik biner yang membandingkan suatu kelompok kategori terhadap referensi, sebagai berikut (Hosmer & Lemeshow, 2000):

$$g_0(x) = \ln \frac{P(Y=0|x)}{P(Y=2|x)} = \ln \frac{\mu_0(x)}{\mu_1(x)} = \beta_{00} + \beta_{01}x_1 + \cdots + \beta_{0p}x_p \quad (1)$$

$$g_1(x) = \ln \frac{P(Y=1|x)}{P(Y=2|x)} = \ln \frac{\mu_1(x)}{\mu_2(x)} = \beta_{10} + \beta_{11}x_1 + \cdots + \beta_{1p}x_p \quad (2)$$

Sehingga secara umum, bentuk dari fungsi logit dengan peubah terikat yang terdiri dari tiga kategori adalah:

$$g_j(x) = \beta_{j0} + \beta_{j1}x_1 + \beta_{j2}x_2 + \cdots + \beta_{jp}x_p \quad (3)$$

keterangan:
$P(Y = jx)$ = peluang bersyarat dari peubah terikat j pada vektor x
$\mu_j(x)$ = persamaan regresi logistik untuk peubah terikat j
$g_j(x)$ = logit pada peubah terikat j, $j = 0,1,2$
x_m = nilai dari peubah bebas ke-m, $m = 1,2,3 \ldots p$
β_{jm} = koefisien/parameter model

Peubah yang digunakan dalam model regresi logistik ini yaitu umur, tingkat pendidikan, tingkat pendapatan, jumlah kepemilikan ternak, pengetahuan peternak akan teknologi biogas, keikutsertaan peternak dalam kelompok peternak, pembinaan kepada peternak, serta ada atau tidaknya tekanan sosial dari masyarakat sekitar. Selengkapnya disajikan dalam Tabel 3. Peubah yang digunakan dalam model regresi logistik berikut:

Tabel 3. Peubah yang digunakan dalam model regresi logistik

Peubah	Label	Skala	Kategori
Terikat			
$\boldsymbol{Y}$	Respon peternak dalam mengelola atau tidak mengelola limbah ternak sapi perah menjadi biogas	Nominal	0 = tidak mengelola limbah ternak sapi perah menjadi biogas 1 = berhenti mengelola limbah ternak sapi perah menjadi biogas 2 = mengelola limbah ternak sapi perah menjadi biogas
Bebas			
$\boldsymbol{X_1}$	Umur responden	Rasio	
$\boldsymbol{D_{SL}}$	Dummy tingkat pendidikan responden	Ordinal	0 = Lainnya 1 = Sekolah Lanjutan
$\boldsymbol{X_2}$	Tingkat pendapatan responden	Rasio	
$\boldsymbol{X_3}$	Kepemilikan ternak	Rasio	
$\boldsymbol{D_4}$	Dummy pengetahuan responden	Nominal	0 = tidak pernah mengikuti pelatihan pengelolaan limbah ternak 1 = pernah mengikuti pelatihan pengelolaan limbah ternak
$\boldsymbol{D_5}$	Dummy keikutsertaan dalam kelompok ternak	Nominal	0 = bukan anggota kelompok peternak 1 = anggota kelompok peternak

D_6	Dummy pembinaan terhadap responden	Nominal	0 = tidak ada pembinaan dari petugas PPL 1 = ada pembinaan dari petugas PPL
D_7	Dummy tekanan sosial terhadap responden	Nominal	0 = tidak ada tekanan sosial dari masyarakat sekitar 1 = ada tekanan sosial dari masyarakat sekitar

Estimasi Potensi Biaya dan Manfaat Pengolahan Biogas dari Limbah Ternak Sapi Perah

Estimasi potensi manfaat pengolahan biogas dari limbah ternak sapi perah didapatkan dengan mengestimasi nilai seluruh biaya dan manfaat yang ditimbulkan dari pengolahan biogas dengan menggunakan metode valuasi yang sesuai.

1. Biaya

a. Biaya instalasi biogas

Nilai biaya instalasi diestimasi dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$C_{inv} = \sum_{i=1}^{n} P_i Q_i \quad (4)$$

keterangan:

C_{inv} = Biaya instalasi biogas

P_i = Harga barang/jasa ke-i per satuan bahan, $i = 1,2 \ldots n$

Q_i = Jumlah barang/jasa ke-i yang digunakan, $i = 1,2 \ldots n$

i = Jenis barang/jasa yang digunakan

b. Biaya operasional dan pemeliharaan

Nilai biaya operasional dan pemeliharaan diestimasi dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$C_{om} = \sum_{i=1}^{n} P_i Q_i \quad (5)$$

keterangan:

C_{om} = Biaya operasional dan pemeliharaan

P_i = Harga barang/jasa ke-i per satuan bahan, $i = 1,2 \ldots n$

Q_i = Jumlah barang/jasa ke-i yang digunakan, $i = 1,2 \ldots n$

i = Jenis barang/jasa yang digunakan untuk operasional dan pemeliharaan selama satu tahun

2. Manfaat

a. Sumber energi pengganti LPG

Nilai manfaat sumber energi pengganti LPG diestimasi dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$B_{Bg} = Q^*_{LPG} \times P_{LPG} \quad (6)$$

keterangan:

B_{Bg} = Manfaat biogas sebagai sumber energi pengganti LPG

Q^*_{LPG} = Rerata selisih penggunaan LPG sebelum dan sesudah penggunaan biogas selama 1 tahun (Tabung)

P_{LPG} = Rerata harga LPG $(Rp/tabung)$

b. Sumber pupuk organik

Nilai manfaat sumber pupuk organik diestimasi dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$B_{PO} = Q_{PO} * P_{PO} \quad (7)$$

keterangan:

B_{PO} = Manfaat biogas sebagai sumber pupuk organik

Q_{PO} = Pupuk organik yang diproduksi selama 1 tahun (kg)

P_{PO} = Harga pupuk organik (Rp/kg)

c. Mencegah pencemaran air

Penilaian manfaat pengelolaan limbah terhadap peningkatan kualitas air sungai didasarkan kepada *water quality* (Boyle, et al., 1994; Carson & Mitchell, 1993). Kemudian nilai manfaat diestimasi dengan menggunakan metode non-parametrik dengan metode Turnbull (Haab dan McConnel 2002 *dalam* (Fauzi, 2014), yaitu pendekatan dengan mengandalkan distribusi *ladder* yang membagi kualitas air secara kualitatif menjadi 4 kelas

jawaban "tidak" atas nilai lelang yang ditawarkan sehingga didapatkan batas bawah dari *Willingness To Pay* (*lower bound WTP*) dan nilai rataan WTP. Nilai untuk *lower bound* WTP untuk metode Turnbull dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$E(WTP) = \sum_{j=0}^{M} B_j\left(F_{j+1} - F_j\right) = \sum_{j=0}^{M} B_j f_{j+1}^{*} \quad (8)$$

dimana, $f_{j+1}^{*} = F_{j+1} - F_j$

d. Mencegah pencemaran udara

Estimasi nilai manfaat dengan mencegah pencemaran GRK menggunakan metode benefit transfer, menggunakan data sebagai berikut:

Tabel 4. Biaya sosial 1 ton bahan pencemar udara (dalam US Dolar

Kategori	*Nilai Shadow Price* ($)			
	Min	Median	Mean	Maks
Karbon monoksida (CO)	2	796	796	1.607
Nitrogen oksida (NO_x)	337	1.622	4.284	14.535
Global warming potential (setara CO_2)	3	21	20	35

Sumber: Adaptasi dari Matthews and Lave (2000) dalam Boardman *et al.* (2009)

Sedangkan emisi GRK yang berasal dari perternakan sapi perah diestimasi menggunakan metode Tier-1 IPCC (IPCC, 2006), menggunakan formula sebagai berikut:

Emisi CH_4 (CO_2-e ton/tahun)

$$= N \times FEm \times 21/1000 \quad (9)$$

Emisi N_2O (CO_2-e ton/tahun)

$$= N \times (0{,}05 \times FEn)/(1000/BB) \times 365 \times 44/28 \times 293/1000 \quad (10)$$

keterangan:

N = Populasi ternak sapi perah (ekor)

FEm = Faktor Emisi CH_4 dari kotoran ternak (kg/ekor/thn)

21/1000 = Faktor konversi CH_4 ke CO2-e dan dr kg ke ton

FEn = Faktor Emisi N_2O dari kotoran ternak (kg N/1 ton bobot ternak/hari)

BB = Rerata bobot badan ternak (kg)

365 = Lama pemeliharaan (hari)

293/1000 = Faktor konversi N_2O-N ke CO2-e dan dr kg ke ton

0,05 = Rerata eksresi N (kg N/ekor/thn)

Estimasi tersebut kemudian dianalisa dengan menggunakan NPV dan Net B/C untuk mendapatkan nilai manfaat dari pengolahan limbah ternak sapi perah dengan biogas di hulu DAS Citarum. Berikut formula yang digunakan :

1. Net Present Value (NPV)

NPV adalah selisih antara nilai sekarang (*present value*) manfaat dengan arus biaya. Secara matematis, NPV dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Gray 2007):

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \quad (11)$$

NPV	=	*Net Present Value*	*i*	=	*Social discount rate*
Bt	=	Manfaat yang diperoleh pada	*t*	=	0,1, 2, 3, …, n
Ct	=	tahun ke t	*n*	=	Umur proyek
$(1 + i)^t$	=	Biaya yang dikeluarkan pada tahun ke t *Discount factor*			

Keterangan :

Proyek dikatakan layak jika NPV ≥ 0. Jika NPV = 0, berarti manfaat proyek dapat mengembalikan biaya yang dipergunakan persis sama besar. Jika NPV < 0, berarti proyek tidak dapat menghasilkan manfaat senilai dengan biaya yang dikeluarkan, sehingga tidak layak untuk dijalankan.

2. Net B/C

Net Benefit-Cost Ratio (Net B/C) merupakan angka perbandingan antara jumlah nilai sekarang yang bernilai positif dengan jumlah nilai sekarang yang bernilai negatif dari nilai keseluruhan manfaat dan biaya selama proyek tersebut dijalankan.
Secara matematis, Net B/C dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Gray 2007):

$$Net\ B/C = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{C_t - B_t}{(1+i)^t}} \quad (12)$$

Keterangan:

$\sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+i)t}$ = untuk $B_t - C_t > 0$, (PV positif)
$\sum_{t=0}^{n} \frac{C_t - B_t}{(1+i)t}$ = untuk $C_t - B_t < 0$, (PV negatif)

Proyek dikatakan layak jika Net B/C ≥ 1. Net B/C =1 memiliki arti NPV = 0, sedangkan Net B/C < 1 memiliki arti NPV < 0 yang mengindikasikan proyek tidak layak untuk dijalankan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Faktor Pendorong Peternak di wilayah hulu DAS Citarum untuk Mengelola Atau Tidak Mengelola Limbah Ternak Menjadi Biogas

Faktor-faktor pendorong yang memengaruhi peternak sapi perah dalam pengambilan keputusan untuk pengelolaan limbah ternak sapi perah yang dihasilkannya menjadi biogas dianalisis menggunakan regresi logistik multinomial, denga hasil sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Analisis Faktor – Faktor Pendorong

Multinomial Logistic Regression	Number of obs	=	90
	LR $Chi^2(16)$	=	78,300
	Prob > Chi^2	=	0,000
Log Likelihood = -59,726677	Pseudo R^2	=	0,396

Peubah Terikat	Peubah Bebas	Coef	S.E	z	P>|z|	Odds Ratio
0	Umur	-0,072	0,034	2,11	0,035*	0,931
	Pendidikan	-1,084	0,962	1,13	0,259	0,338
	Pendapatan	-0,040	0,030	1,35	0,177	0,960
	Kepemilikan Ternak	0,148	0,274	-0,54	0,590	1,159
	Pengetahuan	-20,852	1801,595	0,01	0,991	0,000
	Keikutsertaan Kelompok Ternak	-2,837	1,453	1,95	0,051**	0,059
	Pembinaan	-2,091	0,918	2,28	0,023*	0,124
	Tekanan Sosial	-3,174	1,581	2,01	0,045*	0,042
	Cons	9,644	2,957	-3,26	0,001	1,54E+04
1	Umur	-0,051	0,028	-1,81	0,070**	0,950
	Pendidikan	-0,691	0,681	-1,01	0,310	0,501
	Pendapatan	0,007	0,016	0,47	0,610	1,007
	Kepemilikan Ternak	-0,074	0,180	-0,41	0,680	0,929
	Pengetahuan	-1,159	0,652	-1,78	0,076**	3,14E-01
	Keikutsertaan Kelompok Ternak	0,413	0,924	0,45	0,654	1,512
	Pembinaan	-1,752	0,647	-2,71	0,007*	0,173
	Tekanan Sosial	-0,428	0,805	-0,53	0,595	0,652
	Cons	4,075	2,035	2,00	0,045	58,824
2	*(base outcome)*					

Keterangan: * Signifikan pada taraf α = 5%
** Signifikan pada taraf α = 10%
Sumber: data primer diolah (2017)

Dari tabel tersebut, fungsi logit yang didapat yaitu sebagai berikut:

$$g_0(x) = \ln\frac{P(Y=0|x)}{P(Y=2|x)} = \ln\frac{\mu_0(x)}{\mu_2(x)}$$
$$= \beta_{00} + \beta_{10}x_1 + \beta_{20}D_{SL} + \beta_{30}x_2 + \beta_{40}x_3 + \beta_{50}D_{4+}\beta_{60}D_5 + \beta_{70}D_6 + \beta_{80}D_7$$
$$= 9{,}64 - 0{,}072x_1 - 1{,}084D_{SL} - 0{,}040x_2 + 0{,}148x_3 - 20{,}852D_4 - 2{,}836D_5 - 2{,}091D_6 - 3{,}174D_7 \quad (13)$$

dan

$$g_1(x) = \ln\frac{P(Y=1|x)}{P(Y=2|x)} = \ln\frac{\mu_1(x)}{\mu_2(x)}$$
$$= \beta_{01} + \beta_{11}x_1 + \beta_{21}D_{SL} + \beta_{31}x_2 + \beta_{41}x_3 + \beta_{51}D_4 + \beta_{61}D_5 + \beta_{71}D_6 + \beta_{81}D_7$$
$$= 4{,}075 - 0{,}051x_1 - 0{,}691D_{SL} + 0{,}007x_2 - 0{,}074x_3 - 1{,}159D_4 + 0{,}413D_5 - 1{,}752D_6 - 0{,}428D_7$$

Berdasarkan data diatas, peubah yang memberikan pengaruh secara signifikan dalam pengambilan keputusan peternak untuk tidak menggunakan biogas dibandingkan dengan tetap menggunakan biogas pada tingkat kepercayaan 95% yaitu peubah umur (0,035), pembinaan (0,023) dan tekanan sosial (0,045). Sedangkan peubah keikutsertaan dalam kelompok ternak (0,051) memberikan pengaruh signifikan pada tingkat kepercayaan 90%.

Selanjutnya, peubah yang memberikan pengaruh secara signifikan dalam pengambilan keputusan peternak untuk berhenti menggunakan biogas dibandingkan dengan keputusan untuk tetap menggunakan biogas pada tingkat kepercayaan 95% yaitu pembinaan (0,007). Sedangkan peubah umur (0,070) dan pengetahuan (0,076) memberikan pengaruh signifikan pada tingkat kepercayaan 90%.

Dari hasil analisa tersebut, dapat disimpulkan bahwa terdapat beberapa faktor pendorong yang dapat meningkatkan kecenderungan untuk mengelola limbah ternak pada peternak yang tidak mengelola limbah ternaknya, yaitu faktor umur peternak, pembinaan pada peternak, keanggotaan pada kelompok peternak dan tekanan sosial dari masyarakat sekitar. Serta, terdapat beberapa faktor pendorong yang dapat meningkatkan kecenderungan untuk terus mengelola limbah ternak pada

peternak yang berhenti mengelola limbah ternaknya yaitu faktor umur peternak, peningkatan pengetahuan peternak dan pembinaan kepada para peternak.

Estimasi Potensi Biaya dan Manfaat Pengolahan Biogas dari Limbah Ternak Sapi Perah di hulu DAS Citarum

Biaya

Pengelolaan limbah ternak sapi perah menjadi biogas memerlukan investasi awal dalam pembuatan digester biogas serta biaya operasional dan perawatan untuk memastikan digester biogas dalam kondisi yang optimal sehingga dapat terus menghasilkan biogas dan dapat bermanfaat bagi peternak. Berikut ini hasil analisis biaya pada pegolahan biogas dari limbah ternak sapi perah:

Tabel 5. Biaya pengelolaan biogas di hulu DAS Citarum

No.	Uraian	Rerata biaya per unit	Biaya total
1.	Biaya instalasi biogas (Rp)	Rp.8.333.333,-	Rp.3.750.000.000,-
2.	Biaya pemeliharaan dan perawatan (Rp/Tahun)	Rp. 915.250,-	Rp. 411.862.500,-

Manfaat

Pengelolaan limbah ternak sapi perah menjadi biogas menghasilkan beberapa manfaat, diantaranya yaitu sebagai sumber energi pengganti LPG, sumber pupuk organik, mencegah pencemaran air, dan mencegah pencemaran udara.

Sumber energi pengganti LPG

Manfaat utama yang diperoleh dari pengolahan limbah ternak sapi perah dengan biogas adalah sebagai sumber energi pengganti

LPG. Namun demikian, karena biogas yang dihasilkan mengandung senyawa lain yang tidak mudah terbakar (yaitu CO_2) gas yang dihasilkan memiliki nilai kalori yang lebih rendah dibandingkan dengan CH4 murni, meskupin demikan lebih tinggi dibandingkan dengan sumber energi dari pembakaran biomassa (Widodo & Hendriadi, 2005; Lam & Heedge, 2011). Nilai manfaat yang diperoleh diestimasi sebagai berikut:

Tabel 6. Penghematan biaya energi pertahun dari pengolahan biogas limbah ternak sapi perah

No.	Uraian	Nilai
a.	Rerata penggunaan gas LPG sebelum penggunaan digester biogas	3,18 tabung per bulan
b.	Rerata penggunaan gas LPG setelah penggunaan digester biogas	0,94 tabung per bulan
c.	Rerata selisih penggunaan gas LPG (a-b)	2,24 tabung per bulan
d.	Rerata harga LPG	Rp. 27.966,67/tabung
e.	Rerata penghematan biaya energi per bulan (c×d)	Rp.62.691,94/bulan
f.	Rerata penghematan biaya energi per tahun (e×12)	Rp.752.303,33/tahun
g.	Total penghematan biaya di hulu DAS Citarum	Rp. 338.536.500,00 /tahun

Sumber: data primer diolah (2017)

Sumber pupuk organik

Selain sebagai satu sumber energi terbarukan yang bisa menjawab kebutuhan akan energi, biogas sekaligus dapat menyediakan kebutuhan unsur hara tanah dalam suatu sistem pertanian yang berkelanjutan. Hal tersebut dapat tercapai karena sisa hasil pengolahan biogas masih memiliki unsur hara yang baik untuk tanaman dan juga sudah tidak mengandung bakteri coliform, bakteri patogen, telur serangga serta parasit. Pemanfaatan kotoran ternak menjadi biogas mendukung penerapan konsep zero waste sehingga pertanian yang berkelanjutan dan ramah lingkungan dapat dicapai (Widodo & Takumoto, n.d). Rerata nilai pupuk organik yang dihasilkan yaitu sebesar Rp.131.400/unit/tahun. Sehingga nilai pupuk organik di hulu DAS Citarum yaitu sebesar Rp. 59.130.000,- per tahun.

Mencegah pencemaran air

Hasil estimasi nilai pencegahan pencemaran air yaitu sebagai berikut:

Tabel 7. Estimasi nilai rataan WTP dengan metode *Turnbull*

Bid (Rp)	Jumlah "Tidak" (Nj)	Total Respon (Tj)	Distribusi "Tidak" (Fj)	Nilai (f*j=Fj+1 - Fj
10.000	1	15	0,07	0,07
15.000	3	15	0,20	0,13
20.000	5	15	0,33	0,13
25.000	7	15	0,47	0,13
>25.000			1,00	0,53

Sumber : data primer diolah (2017)

Dari tabel diatas, E(WTP) dapat dihitung sebagai berikut:

$$E(WTP) = (0{,}13 \times 10.000) + (0{,}13 \times 15.000) + (0{,}13 \times 20.000) + (0{,}53 \times 25.000) = \text{Rp. } 19.333/\text{KK/tahun}$$

Estimasi WTP dilakukan dengan mengagregatkan data yang diperoleh dengan mengkonversi E(WTP) terhadap total populasi, yaitu sebagai berikut:

Tabel 8. Estimasi Total WTP pencegahan pencemaran air di hulu DAS Citarum

No.	Uraian	Nilai
1.	E(WTP)	Rp.19.333/KK/tahun
2.	Total KK pada Desa Tarumajaya (N)	4650 KK
3.	TWTP = E(WTP)xN	Rp. 89.900.000/Tahun

Mencegah pencemaran udara

Estimasi nilai yang diperoleh dari manfaat pengolahan biogas dalam mencegah pencemaran udara didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 9. Nilai Manfaat Pencegahan Pencemaran Udara di hulu DAS Citarum

Emisi	Jumlah Emisi (CO_2-e ton/tahun)	Nilai manfaat pencegahan pencemaran udara (Rp/tahun)			
		Min	Median	Mean	Max
CH_4	898,38	35.845.362	250.917.534	238.969.080	370.402.074
N_2O	1.635,02	65.237.338	456.661.364	434.915.584	674.119.156
Total		101.082.700	707.578.898	673.884.664	1.044.521.230

Keterangan: asumsi nilai tukar rupiah: Rp.13.300/$
Sumber: data primer diolah (2017)

Dari hasil perhitungan biaya dan manfaat tersebut, kemudian dilakukan analisis kelayakan usaha pengolahan biogas dari limbah ternak sapi perah. Hasil analisis kelayakan tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 10. Hasil analisis kelayakan usaha pengolahan biogas dari limbah ternak sapi perah

No	Uraian	Nilai	Standar	Status Kelayakan
1.	*Net Present Value* (NPV)	Rp.5.298.340.449,-	>0	Layak
2.	*Net Benefit Cost Ratio*	1,60	>1	Layak

Sumber: data primer diolah (2017)

Berdasarkan data diatas, nilai NPV pada penelitian ini diperoleh nilai yang positif (>0) sehingga dapat menunjukkan bahwa pengolahan biogas dari limbah ternak sapi perah di hulu DAS Citarum layak dijalankan dalam jangka panjang. Nilai NPV tersebut merupakan cerminan besarnya nilai *net-benefit* (nilai sekarang) yang akan diterima oleh peternak sapi perah. Selanjutnya, jika dilihat pada *Net-B/C Ratio* diperoleh nilai 1,60. Artinya setiap Rp.1 (nilai sekarang) yang dikeluarkan oleh peternak sapi perah akan menghasilkan Rp. 1,60 selama umur proyek. Nilai tersebut menunjukkan bahwa dalam jangka pendek, pengolahan biogas dari limbah ternak sapi perah layak dan efisien untuk dijalankan.

TIDAK ADA PROGRAM DAN IMPLIKASI KEBIJAKAN

IV. SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis regresi multinomial pada faktor pendorong peternak di hulu DAS Citarum untuk mengelola, berhenti mengelola atau tidak mengelola limbah ternaknya menjadi biogas. Disimpulkan bahwa terdapat beberapa faktor pendorong yang dapat meningkatkan kecenderungan untuk mengelola limbah ternak pada peternak yang tidak mengelola limbah ternaknya, yaitu faktor umur peternak, pembinaan pada peternak, keanggotaan pada kelompok peternak dan tekanan sosial dari masyarakat sekitar. Serta, terdapat beberapa faktor pendorong yang dapat meningkatkan kecenderungan untuk terus mengelola limbah ternak pada peternak yang berhenti mengelola limbah ternaknya yaitu faktor umur peternak, peningkatan pengetahuan peternak dan pembinaan kepada para peternak.

Selanjutnya, hasil analisis estimasi potensi biaya dan manfaat pengolahan biogas dari limbah ternak sapi perah di hulu DAS Citarum menunjukkan bahwa NPV menunjukan nilai yang positif dan *Net-BC Ratio* lebih besar dari pada 1 (satu). Dengan demikian pengolahan biogas dari limbah ternak sapi perah memiliki potensi yang baik secara ekonomi untuk mengatasi pencemaran serta mengurangi biaya yang dikeluarkan petani untuk memperoleh sumber energi dan sumber pupuk organik.

Saran

Pengelolaan limbah ternak sapi perah menjadi biogas di hulu DAS Citarum memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan, sehingga diperlukan dukungan yang lebih baik dari seluruh *stakeholder* untuk pengembangan biogas di hulu DAS Citarum, sehingga dapat memberikan manfaat yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

Boardman, A. E., Greenberd, D., Vining, A. & Weimer, D., 2009. *Cost-Benefit Analysis: Concept and Practice*. 4th penyunt. New Jersey: Prentice Hall.

Boyle, K. J. et al., 1994. An Investigation of Part-Whole Biases in Contingent-Valuation Studies. *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(1), pp. 64-83.

Carson, R. T. & Mitchell, R. C., 1993. The Value Of Clean Water: The Public's Willingness To Pay for Boatable, Fishable and Swimable Quality Water. *Water Resources Research*, 29(7), pp. 2445-2454.

Cuéllar, A. D. & Webber, M. E., 2008. Cow Power: The Energy and Emissions Benefits of Converting Manure to Biogas. *Environmental Research Letter*, pp. 1-8.

Engler, C. R., Jordan, E. R., McFarland, M. J. & Lacewell, R. D., 1999. *Economics and environmental impact of biogas production as a manure management strategy*. Texas, Texas A & M University, College Station, pp. 109-114.

Fauzi, A., 2014. *Valuasi Ekonomi dan Penilaian Kerusakan Sumber Daya Alam dan Lingkungan.* Bogor: IPB Press.

Harahap, F. M., Apandi & Ginting, S., 1978. *Teknologi Gasbio.* Bandung: Pusat Teknologi Pembangungan Institut Teknologi Bandung.

Haryati, T., 2006. Biogas: Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif. *WARTAZOA*, Volume 16 No.3, pp. 160-169.

Hosmer, D. W. & Lemeshow, S., 2000. *Applied Logistic Regression: 2nd ed.* New York: John Wiley & Sons.

IPCC, 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.* Kanagawa: IGES, Japan..

Juanda, B., 2009. *Ekonometrika: Pemodelan dan Pendugaan.* Bogor: IPB Press.

Kementerian Pertanian RI, 2016. *Statistik Pertanian 2016.* Jakarta (ID): Pusdatin Kementan RI.

Lam, J. & Heedge, F. T., 2011. *Domestic Biogas Compact Course: Technology and Mass-Dissemination Experiences from Asia.* Oldenburg: Oldenburg University.

Parikesit, Takeouchi, K., Tsunekawa, A. & Abdoellah, O. S., 2005. Resource analysis of small-scale dairy production system in an Indonesian village - a case study. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Volume 105, pp. 541-554.

Sihombing, D., 2000. *Teknik Pengolahan Limbah Kegiatan/Usaha Peternakan.* Bogor: Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Lembaga Penelitian Institut Pertanian Bogor.

Widodo, T. W. & Hendriadi, A., 2005. Development of Biogas Processing for Small Scale Farm in Indonesia.. *Proceeding of International Seminar on Biogas Technology for Poverty Reduction and Sustainable Development*, pp. 1-7.

Widodo, T. W. & Takumoto, O., n.d. Suggestion on Utilization of Feces at Large Scale Cattle Farm and Improvment of Environment. pp. 1-11.

Wilkinson, K. G., 2011. Rewiew a comparison of the drivers influencing adoption of on-farm anaerobic digestion in Germany and Australia. *Biomass and Bioenergy*, Volume 32, pp. 1613-1622.