

## SUBMISSION 49

# Pemanfaatan Kandang Ternak Terpadu Sebagai Sumber Energi Terbarukan dari Biogas dan *Photovoltaic* untuk Masyarakat di Desa Terpencil

Muhammad Irsyad<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, 35145, Bandar Lampung, Indonesia

**Abstrak.** Energi listrik sudah menjadi kebutuhan yang tidak terelakkan dalam kehidupan manusia, namun masih ada masyarakat yang belum menikmati manfaat energi listrik khususnya di desa terpencil. Untuk memenuhi kebutuhan listrik dan meningkatkan rasio elektrifikasi perlu dibangun pembangkit listrik dari energi terbarukan berbasis potensi daerah. Potensi energi di desa terpencil yang bisa dikembangkan diantaranya bersumber dari kotoran ternak, matahari, air, dan angin. Pengembangan peternakan masyarakat dengan sistem kandang terpadu dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan biogas dari kotorannya dan energi listrik dari penggunaan photovoltaic pada atap. Penelitian ini mendisain pembangkit energi listrik dari energi terbarukan berbasis biogas dan photovoltaic. Rancangan pembangkit listrik untuk satu kelompok masyarakat dengan jumlah 20 rumah, dengan masing-masing rumah dialiri listrik 45 W dan fasilitas umum sebesar 190 W. Untuk waktu penggunaan dari jam 18:00 WIB – 06:00 WIB dengan beban bervariasi diperoleh konsumsi energi total adalah 8,36 kWh per hari. Kebutuhan energi ini dapat dipenuhi oleh sistem pembangkit listrik yang bersumber dari biogas dari 7 ekor sapi dan 18 buah PV kapasitas 100Wp. Energi listrik yang dihasilkan oleh genset berbahan bakar biogas 2 Hp per hari adalah 5,52 kWh. Sedangkan PV setiap hari dapat menghasilkan energi listrik sebesar 4,43 kWh. Dengan memaksimalkan pemasangan PV pada atap diperoleh energi listrik total per hari sebesar 18,54 kWh untuk setiap kandang.

**Kata kunci—***kandang ternak terpadu, biogas, photovoltaic, energi terbarukan, desa terpencil*

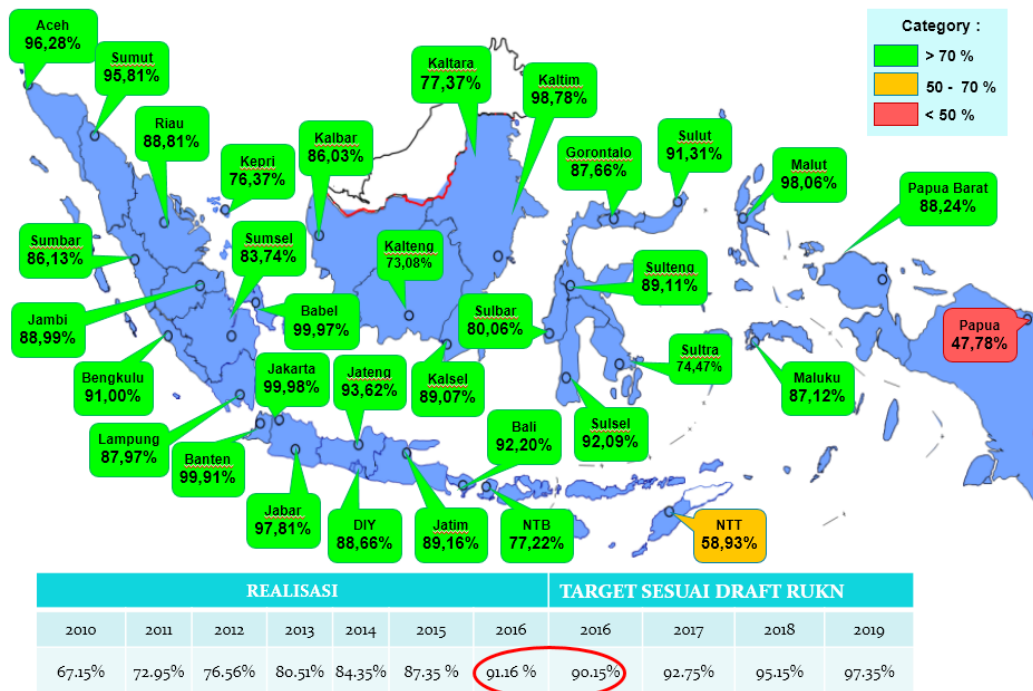
## 1. PENDAHULUAN

Rasio elektrifikasi rata-rata Indonesia setiap tahun terus meningkat. Pada tahun 2016 rasio elektrifikasi sudah mencapai 91,16%, seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Namun untuk daerah di luar Jawa rasio elektrifikasi masih dibawah rata-rata Indonesia. Hal ini disebabkan karena banyak perkampungan masyarakat di daerah terpencil. Pada daerah tersebut masyarakat tinggal secara berkelompok di areal pertanian/perekebunan, baik di daerah perbukitan, kaki gunung maupun di tepi hutan. Jarak antar perkampungan sangat jauh dan biasanya juga sangat jauh dari jaringan listrik PLN yang sudah ada. Kondisi ini sangat menyulitkan pemerintah atau PLN untuk membangun jaringan ke masing-masing kelompok masyarakat tersebut karena biaya membangun jaringan sangat besar dan tidak sebanding dengan jumlah pelanggan yang akan menggunakan. Kondisi ini bisa berlangsung lama apabila tidak ada sumber energi listrik yang lain. Pemenuhan kebutuhan listrik bagi daerah terpencil biasanya menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), namun biaya operasionalnya sangat tinggi karena mahalnya harga bakar akibat biaya transportasi. Oleh karena itu diperlukan pembangkit listrik yang menggunakan energi terbarukan berdasarkan potensi daerah setempat seperti: biogas, matahari, angin, air dan biomasa.

Daerah pedesaan yang terpencil memiliki potensi dalam bidang pertanian. Ketersediaan lahan yang cukup luas sangat potensial menghasilkan komoditi pertanian. Selain itu dengan adanya limbah pertanian, rumput dan tumbuhan lainnya yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, maka usaha peternakan juga sangat potensial untuk dikembangkan. Secara umum peternakan masih merupakan usaha sampingan masyarakat pedesaan. Ternak bagi masyarakat merupakan tabungan yang dapat digunakan pada saat membutuhkan. Model peternakan masih skala kecil dengan jumlah ternak 1 – 3 sapi, atau 2 – 5 kambing dengan posisi kandang berada dekat rumah. Alasan keamanan merupakan salah satu penyebab kandang dibangun dekat rumah pemilik ternak. Namun disisi lain hal ini dapat berpengaruh terhadap kebersihan, kesehatan dan

\* Corresponding author: [muhammad.irsyad@eng.unila.ac.id](mailto:muhammad.irsyad@eng.unila.ac.id)

keindahan lingkungan. Apabila kandang ternak dibuat terpadu menjadi satu kandang bersama, maka lingkungan menjadi bersih dan sehat serta mudah dalam menjaga keamanan.



Gambar 1. Rasio elektrifikasi di Indonesia tahun 2016 [1]

Kotoran ternak merupakan salah satu bahan baku yang dapat diolah menjadi energi dalam bentuk biogas. Biogas ini dapat dimanfaatkan masyarakat untuk keperluan sehari-hari seperti kompor, penerangan, maupun bahan bakar genset untuk menghasilkan listrik.

Selain potensi biogas dari kotoran ternak, desa terpencil memiliki potensi energi matahari. Indonesia merupakan negara tropis memiliki intensitas cahaya matahari yang cukup tinggi dengan rata-rata harian 4,8 kW/m<sup>2</sup> dengan durasi menerima penyinaran sekitar 8 - 10 jam/hari [2]. Sel surya atau photovoltaic (disingkat PV) dapat dimanfaatkan untuk merubah energi surya menjadi energi listrik.

Biogas dan energi matahari dapat menjadi sumber energi utama untuk memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat di desa terpencil. Energi listrik yang dihasilkan kedua sumber ini dapat digabung dalam sistem *smart grid* atau digunakan secara terpisah. Untuk memanfaatkan kedua potensi ini di desa terpencil perlu dilakukan kajian dengan melakukan perancangan sistem pembangkit listrik dari kedua sumber energi ini. Penelitian ini menghitung kebutuhan energi listrik minimal masyarakat perhari. Berdasarkan kebutuhan ini dirancang kandang ternak dengan kebutuhan ternak minimal dan pemasangan PV minimal di atapnya.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Energi terbaru merupakan solusi bagi desa terpencil untuk dapat menikmati energi listrik. Dua potensi yang memungkinkan dapat dikembangkan adalah kotoran ternak untuk menghasilkan biogas dan sinar matahari untuk menghasilkan energi listrik menggunakan PV. Hasil kajian dan potensi kedua sumber energi ini diuraikan pada bahasan berikut ini.

### a. Biogas dari Kotoran Ternak

Kotoran ternak dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan biogas dengan menggunakan reaktor biogas. Teknologi ini sudah lama dikembangkan dan sudah umum digunakan. Sistem ini juga memiliki teknologi yang sederhana sehingga sangat mudah untuk dioperasikan masyarakat umum. Potensi kotoran ternak dan biogas yang dapat dihasilkan cukup besar seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Produksi kotoran dan biogas berdasarkan jenis ternak [3]

Kotoran	Kg/hari	Produksi Gas Per Kg Kotoran (m <sup>3</sup> )
Sapi	10 – 25	0.023 – 0.040
Kerbau	10 – 25	0.023 – 0.040
Kambing	1.13	-
Ayam	0.18	0.065 – 0.116
Manusia	0,25 – 0,4	0.020 – 0.028

Bahan bakar utama yang terkandung dalam biogas adalah gas *methane*. Selain gas *methane* ada beberapa senyawa lain yang terkandung di dalamnya seperti diperlihatkan pada Tabel 2. Peningkatan kualitas biogas dapat dilakukan dengan cara pemurnian. Senyawa yang dapat dikurangi jumlahnya adalah CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S. Senyawa CO<sub>2</sub> dapat dikurangi dengan menggunakan karbon aktif dan zeolite. Dari hasil penelitian menunjukkan persentase CO<sub>2</sub> dapat diturunkan menjadi 20%. Sedangkan H<sub>2</sub>S dapat diturunkan menggunakan geram baja karbon. H<sub>2</sub>S mengeluarkan bau yang kurang sedap. Dengan penggunaan geram baja karbon ini biogas tidak berbau lagi.

Tabel 2. Komposisi senyawa kimia yang terkandung dalam biogas [4]

Senyawa	Simbol	Persentase
Methane	CH <sub>4</sub>	50- 70
Karbon dioksida	CO <sub>2</sub>	30 - 40
Hidrogen	H <sub>2</sub>	5 - 10
Nitrogen	N <sub>2</sub>	1 - 2
Kandungan air	H <sub>2</sub> O	0.3
Hidrogen sulfat	H <sub>2</sub> S	Sisa

Ada beberapa parameter yang perlu diketahui dalam pengoperasiannya yakni: rasio campuran kotoran ternak dan air, rasio C/N, pH campuran, dan temperatur campuran. Rasio kotoran dan air adalah 1:1. Rasio C/N adalah 25 -30. pH campuran kotoran dan air berkisar antara 6,8 – 8,5. Sedangkan temperatur dalam reaktor biogas berkisar antara 27 °C – 37°C [5].

Dimensi reaktor biogas yang dibuat terkandung dengan produksi kotoran setiap hari atau dari jumlah ternak yang dimiliki. Pada Tabel 3 diperlihatkan ukuran reaktor biogas berdasarkan jenis dan jumlah ternak.

Tabel 3. Ukuran reaktor biogas berdasarkan jenis dan jumlah ternak [6]

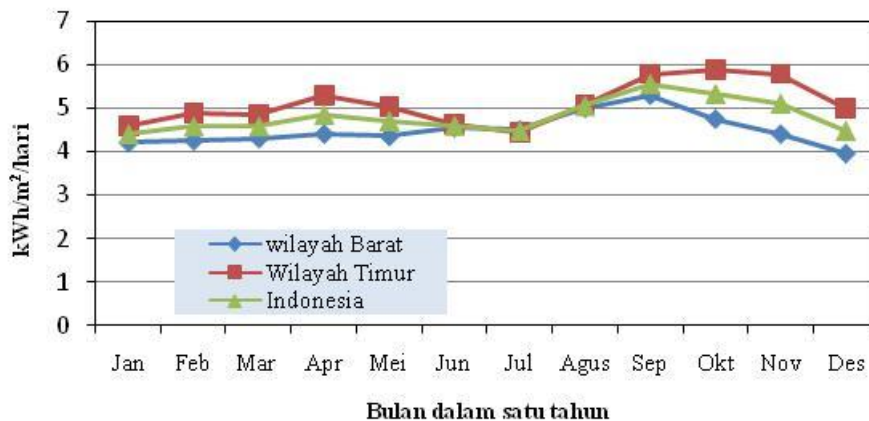
Jumlah ternak	Ukuran unit biogas			
	4,6 m <sup>3</sup>	8 m <sup>3</sup>	12 m <sup>3</sup>	16 m <sup>3</sup>
Sapi perah	2 ekor	3 ekor	5 ekor	7 ekor
Sapi pedaging	3 ekor	5 ekor	12 ekor	18 ekor
Kerbau	2 ekor	3 ekor	8 ekor	13 ekor
Babi	15 ekor	15 ekor	25 ekor	38 ekor

Nilai kalori dari 1 m<sup>3</sup> biogas adalah sekitar 6 kWh yang setara dengan setengah liter minyak diesel/minyak tanah, yang dapat dimanfaatkan :memasak makanan 3 kali untuk 4 orang ( $8,3 \times 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/s dengan tekanan 75 mmH<sub>2</sub>O), penerangan lampu petromak 7 jam ( $6,4 \times 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/s dengan tekanan 45 mmH<sub>2</sub>O), menjalankan genset 2 Hp selama 1 jam dan menghasilkan listrik setara 1.25 kWh [7].

Sistem *smart micro grid* digunakan pada pembangkit listrik dari energi terbarukan berfungsi menggabungkan energi listrik dari berbagai sumber dan mengontrol penggunaan. Penggunaan *inverter bidirectional* pada sistem *smart micro grid* sangat membantu mengatur penggunaan dan penyimpanan energi. Apabila input energi lebih besar dibandingkan penggunaan maka sebagian akan dimanfaatkan untuk mengisi baterai. Sedangkan apabila input lebih kecil dibandingkan penggunaan maka kekurangan energi disuplai dari baterai [8, 9]. Manajemen penggunaan energi dapat dilakukan dengan pengaturan secara manual.

### b. Potensi Photovoltaic di Indonesia

Indonesia terletak di jalur katulistiwa sehingga mendapatkan penyinaran matahari yang relatif sama sepanjang tahun. Selain itu intensitas matahari relatif tinggi sepanjang tahun dengan radiasi matahari rata-rata per hari di atas 4,8 kW/m<sup>2</sup>, seperti diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Radiasi matahari global Indonesia [10]

Kondisi ini sangat menguntungkan dalam penggunaan *photovoltaic*. Sistem ini dapat dioperasikan sepanjang tahun dengan fluktuasi produksi energi yang dihasilkan sedikit. Produksi energi berkurang pada saat musim hujan karena sinar matahari terhalang awan.

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan kajian perancangan kandang ternak terpadu untuk menghasilkan energi terbarukan berupa biogas dari kotoran ternak dan energi listrik dari PV untuk desa terpencil. Dalam perancangan ini jumlah rumah satu kelompok masyarakat adalah 20 rumah. Konsumsi energi listrik setiap rumah dihitung untuk memperoleh daya minimum yang dibutuhkan setiap rumah untuk penerangan. Pada siang hari diasumsikan masyarakat tidak menggunakan energi listrik. Jumlah ternak sapi disimulasikan untuk mendapatkan energi minimal yang dibutuhkan. Produksi biogas dihitung berdasarkan jumlah sapi dan kemudian dihitung energi listrik yang dihasilkan setiap harinya. Dari data ini dihitung ukuran kandang, sehingga diperoleh luas atap yang bisa digunakan untuk PV. Luas atap yang dipasang PV ditentukan dari kebutuhan energi yang harus disuplai oleh PV.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam perancangan pembangkit listrik, diawali dengan perhitungan kebutuhan energi tiap rumah. Untuk masyarakat pedesaan kebutuhan utama energi listrik adalah untuk penerangan. Untuk meminimalkan penggunaan daya listrik dipilih lampu *Light Emitting Diode* disingkat dengan LED. Kebutuhan listrik untuk setiap rumah adalah seperti diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kebutuhan energi listrik setiap rumah

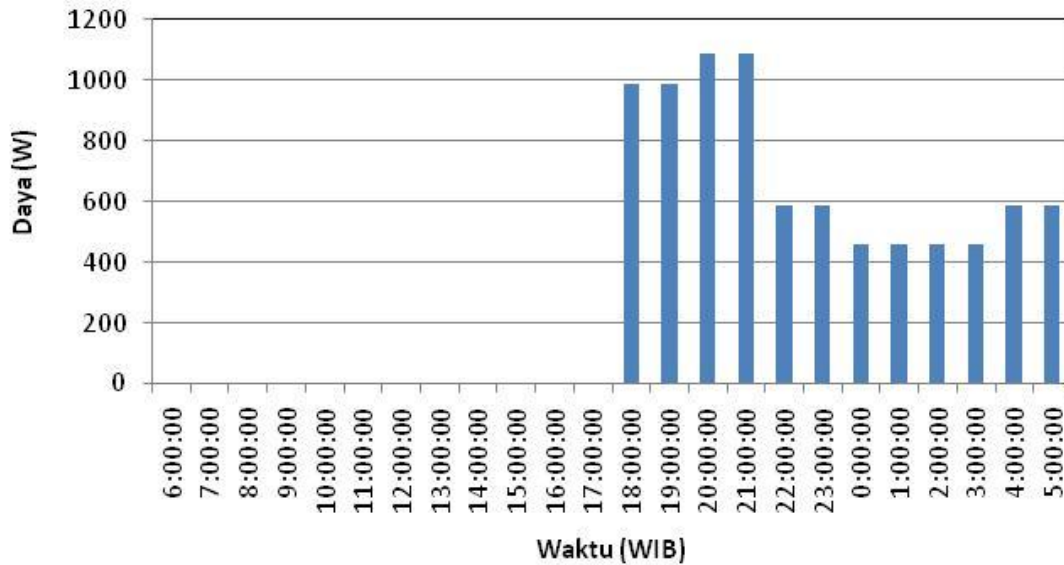
Ruangan	Lampu	Jumlah	Waktu penggunaan	Total (W)
Teras	5 W	1	18:00 – 06:00	5
Ruang tamu	10 W	1	18:00 – 22:00	10
Ruang keluarga	10 W	1	18:00 – 22:00	13
	3 W	1	18:00 – 06:00	
Kamar tidur	3 W	3	18:00 – 06:00	9
Dapur	5 W	1	18:00 – 22:00 04:00 – 06:00	5
Kamar mandi	3 W	1	18:00 – 06:00	3
Total daya minimal yang dibutuhkan				45

Selain penggunaan untuk masing-masing rumah energi listrik digunakan untuk fasilitas umum yakni: rumah ibadah, pos ronda, dan lampu jalan. Distribusi penggunaan daya diperlihatkan pada tabel 5. Penggunaan energi listrik secara penuh dari jam 18:00WIB – 06:00 WIB adalah lampu untuk penerangan jalan dan pos ronda.

Tabel 5. Kebutuhan energi listrik fasilitas umum

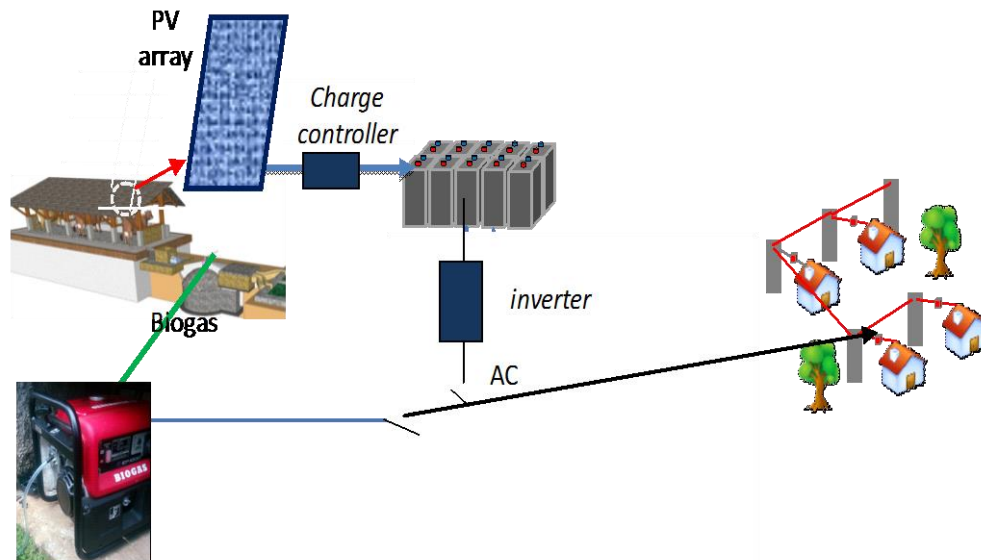
Ruangan	Lampu	Jumlah	Waktu penggunaan	Total (W)
Rumah ibadah	30 W	1	18:00 – 20:00 04:00 – 06:00	30
Pos ronda	Lampu	1	18:00 – 06:00	110
	Televisi (TV)	1	20:00 – 24:00	
Lampu penerangan	10 W	5	18:00 – 06:00	50
Total daya minimal yang dibutuhkan				190

Dari tabel 4 dan Tabel 5 diperoleh distribusi penggunaan daya listrik total untuk satu kampung setiap jamnya, seperti diperlihatkan pada Gambar 3. Penggunaan energi listrik puncak adalah pada jam 20:00 WIB – 22:00 WIB. Setelah jam 22:00 WIB listrik masih digunakan untuk TV dan penerangan di depan rumah dan jalan. Pada jam 4:00 kebutuhan listrik sedikit meningkat karena masyarakat sudah mulai beraktifitas kembali. Kebutuhan energi listrik yang kontiniu dari jam 18:00 WIB – 06:00 WIB adalah 460 W. Sedangkan total kebutuhan energi listrik minimal untuk 20 rumah tersebut setiap hari adalah 8,36 kWh.



Gambar 3. Distribusi kebutuhan energi harian

Kebutuhan energi listrik harian ini akan disuplai dari energi listrik yang dihasilkan oleh genset berbahan bakar biogas dan dari PV yang sudah disimpan dalam baterai. Perancangan kandang terpadu adalah berdasarkan kebutuhan energi dengan sistem *off grid*. Suplai energi dilakukan secara terpisah antara genset dan PV, seperti diperlihatkan pada Gambar 4. Suplai dari genset dipilih untuk kebutuhan dari 18:00 WIB – 22:00 WIB, yakni 4,16 kWh, dengan daya 1,2 kW. Sedangkan kebutuhan energi listrik dari jam 22:00 WIB – 06:00 WIB adalah dari baterai yang diisi oleh PV pada siang hari



Gambar 4. Sistem *off grid* pembangkit listrik PV dan biogas

Jumlah ternak sapi minimal yang dibutuhkan untuk sistem *off grid* adalah 7 ekor. Perhitungan energi listrik yang dihasilkan diperlihatkan pada Tabel 6. Dengan kapasitas produksi biogas ini setiap hari dapat menyimpan energi 5% sebagai cadangan.



Tabel 6. Energi listrik dari kotoran sapi

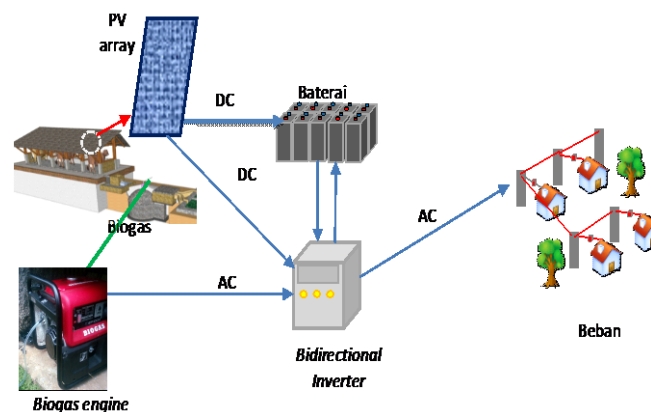
Uraian	Jumlah ternak sapi	
	1 ekor	7 ekor
Jumlah kotoran per /hari (kg)	20	140
Volume biogas (m <sup>3</sup> )	0,6	4,8
Energi listrik yang dihasilkan per hari (kWh)	0,75	5,25
Waktu genset 2 Hp dapat digunakan per hari (jam)	0,6	4,2

Untuk memenuhi kebutuhan dari jam 22:00 WIB – 06:00 WIB diperoleh energi listrik dari PV yang dipasang di atap kandang seperti diperlihatkan pada Tabel 7. Luas kandang untuk 7 ekor sapi potong dihitung berdasarkan ukuran standar untuk satu ekor sapi potong 1,5 m x 2 m [11]. PV yang dipasang adalah 100 Wp dengan ukuran panjang 1,085 m dan lebar 0,65 m [12]. Asumsi efisiensi PV yang digunakan adalah 7% dan berada dalam range efisiensi PV 6% - 20% [13].

Tabel 7. Energi listrik dari PV

Uraian	Besar
Kebutuhan energi per hari (kWh)	4,2
Jumlah ternak sapi (ekor)	7
Luas atap kandang yang bisa dipasang PV 100 Wp (m <sup>2</sup> )	39,55
Total energi dari atap PV per hari (kWh)	13,29
Jumlah total PV 100 Wp yang bisa dipasang	54
Jumlah PV minimal yang dibutuhkan	18
Total energi dari atap PV minimal per hari (kWh)	4.43

PV dengan jumlah 18 buah tersebut dipasang di atap kandang berjejer dalam satu baris. Untuk memenuhi peningkatan kebutuhan, penduduk dapat mengembangkan pemasangan PV pada baris kedua dan ketiga dengan penambahan per hari sebesar 8,86 kWh, sehingga satu kandang untuk 7 ekor sapi dapat menghasilkan total energi per hari sebesar 18,54 kWh.



Gambar 5. Pembangkit Listrik pada kandang terpadu dengan sistem *hybrid grid*

Pembangkit listrik pada kandang terpadu ini dapat dipasang dalam bentuk *hybrid grid* yang terhubung pada *inverter*, seperti diperlihatkan pada Gambar 5. Sistem ini dapat dibuat *smart grid* dengan menggunakan pengaturan *on/off* untuk suplai energi secara otomatis. Keuntungan penggunaan sistem ini adalah, kelebihan energi dapat disimpan, dan tegangan listrik relatif stabil. Namun penggunaan sistem ini membutuhkan investasi lebih besar.

## 5. KESIMPULAN

Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat desa terpencil dapat memanfaatkan kandang terpadu untuk pembangkit listrik dari biogas dan *photovoltaic*. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik 20 rumah per hari sebesar 8,36 kWh dengan jam pemakaian dari 18:00 WIB – 06:00 WIB dibutuhkan 7 ekor sapi dan 18 buah PV 100Wp. Energi listrik yang dihasilkan oleh genset berbahan bakar biogas 2 Hp per hari adalah 5,52 kWh. Sedangkan PV dapat menghasilkan energi listrik perhari sebesar 4,43 kWh. Dengan memaksimalkan pemasangan PV pada atap diperoleh total energi listrik perhari sebesar 18,54 kWh untuk setiap kandang.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Laporan Kinerja Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Tahun 2016
- [2] M. Irsyad, M. D. Susila, M. Hartanto, Pengaruh Pemasangan Photovoltaic pada Dinding Bangunan Terhadap Temperatur Ruang, Prosiding Seminar Nasional – XII Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri Kampus ITENAS, Bandung, 23 – 28 (2013).
- [3] A. C. Adityawarman, Salundik, C. Lucia, 2015, Pengolahan Limbah Ternak Sapi Secara Sederhana di Desa Pattalassang Kabupaten Sinjai Sulawesi Selatan, Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan, **03**, 3, 171 – 177 (2015).
- [4] T. Al-Seadi, D. Rutz, H. Prassl, M. Köttner, T. Finsterwalder, S. Volk, R. Janssen, Biogas Handbook, University of Southern Denmark Esbjerg, Niels Bohrs Vej 9-10, DK-6700 Esbjerg, Denmark (2008)
- [5] T. W. Widodo, Teknologi Biogas dan Aplikasinya untuk Masyarakat Pedesaan. Makalah disampaikan Pada Temu Komunikasi Dan Praktek Pemecahan Masalah Sektor Peternakan. Jakarta: Badan Litbang Partanian Departemen Pertanian (2007).
- [6] D. Fadli, M. Irsyad, M. D. Susila, Kaji Eksperimental Sistem Penyimpanan Biogas dengan Metode Pengkompresian dan Pendinginan pada Tabung Gas Sebagai Bahan Bakar Pengganti Elpij, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, **1**, 4., 42 – 48 (2013)
- [7] Suyitno, A. Sujono, Dharmanto, Teknologi Biogas: Pembuatan, Operasional, dan Pemanfaatan, Graha Ilmu, Yogyakarta (2010)
- [8] D. Novitasari, Y. S. Indartono, J. E. Harjono, M. Irsyad, T. D. Rachmildha, I. K. Reksowardojo, Study of Micro Grid Hybrid System of Photovoltaic and Diesel Engine, MATEC Web of Conferences, **70**. 03001, 1 – 5 (2016)
- [9] D. Novitasari, Y. S. Indartono, T. D. Rachmidha, I. K. Reksowardojo, M. Irsyad, Design and Optimization of Smart Grid System Based on Renewable Energy in Nyamuk Island, Karimunjawa District, Central Java, AIP Conference Proceedings, **1818**, 020036, 1 – 6 (2017)
- [10] A. Prastawa, R. Dalimi, A. Rezavidi, Single Hidden Layer Artificial Neural Network Technique for Solar Energy Potential Prediction in Indonesia, Isesco Journal of Science and Technology, **10**, 17, 2 – 10 (2014)
- [11] F. Sukmawati, Kaharudin, Petunjuk Praktis Perkandangan Sapi, Kementerian Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian NTB (2010)
- [12] Panel Surya 100 WP Shinyoku Polycrystalline, <http://panelsuryajakarta.com/panel-surya-100-wp-shinyoku-polycrystalline/>
- [13] S. Dubey, J. N. Sarvaiya, B. Seshadri, Temperature Dependent Photovoltaic (PV) Efficiency and Its Effect on PV Production in the World – A Review, Energy Procedia, **33**, 311 – 321 (2013)