

# BIOGAS

Renewable Energy

PRENADAMEDIA GROUP

Sanksi Pelanggaran Pasal 113 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, sebagaimana yang telah diatur dan diubah dari Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2002, bahwa:

**Kutipan Pasal 113**

- (1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000,- (seratus juta rupiah).
- (2) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,- (lima ratus juta rupiah).
- (3) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,- (satu miliar rupiah).
- (4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,- (empat miliar rupiah).

# BIOGAS

Renewable Energy

Dr. Lelya Hilda, M.Si.

Dra. Rosimah Lubis, M.Pd.

Dra. Replita, M.Si.



**BIOGAS: RENEWABLE ENERGY**

Edisi Pertama  
Copyright © 2020

ISBN 978-623-218-578-4  
13 x 19 cm  
viii, 94 hlm  
Cetakan ke-1, Agustus 2020

**Kencana. 2020.1283**

**Penulis**

Dr. Lelya Hilda, M.Si.  
Dra. Rosimah Lubis, M.Pd.  
Dra. Replita, M.Si.

**Desain Sampul**

Irfan Fahmi

**Tata Letak**

Suwito & Laily Kim

**Penerbit**

K E N C A N A

Jl. Tandra Raya No. 23 Rawamangun · Jakarta 13220  
Telp: (021) 478-64657 Faks: (021) 475-4134

Divisi dari PRENADAMEDIA GROUP  
e-mail: [pmg@prenadamedia.com](mailto:pmg@prenadamedia.com)  
[www.prenadamedia.com](http://www.prenadamedia.com)  
INDONESIA

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi buku ini dengan cara apa pun,  
termasuk dengan cara penggunaan mesin fotokopi, tanpa izin sah dari  
penerbit.



# KATA PENGANTAR

---

Puji syukur kehadiran Allah Swt. yang telah memberikan waktu dan kesempatan kepada penulis dalam menyelesaikan buku hasil pengabdian berbasis riset ini. Salawat dan salam kepada Rasulullah saw., sebagai uswatun hasanah kepada umatnya. Buku dengan judul *Biogas: Renewable Energy*, sebagai hasil dari pengabdian berbasis penelitian.

Di sini penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada Rektor dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M) Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Padangsidempuan yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk ikut dalam kegiatan penelitian ini, dan juga tim *reviewer* yang memberikan kelayakan kepada judul penelitian untuk dapat dilaksanakan. Dan kepada semua pihak yang telah membantu terselesainya penelitian ini.

Demikianlah hasil pengabdian ini yang dimuat dalam bentuk buku, mungkin masih banyak kekurangan, dan kami harap saran yang disampaikan dapat meneruskan tujuan yang disampaikan dalam pengabdian ini, serta untuk

perbaikan pada edisi berikutnya. Mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi pengabdian selanjutnya dan bagi pembaca.

Padangsidempuan, Januari 2020

Penulis,

**Dr. Lelya Hilda, M.Si.**

**Dra. Rosimah Lubis, M.Pd.**

**Dra. Replita, M.Si.**

PRENADAMEDIA GROUP



# DAFTAR ISI

---

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR DAN TABEL	
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Permasalahan Mitra.....	6
C. Rumusan Masalah.....	10
D. Tujuan Pelaksanaan Pengabdian.....	10
E. Manfaat Pengabdian.....	10
BAB 2 LANDASAN TEORI	11
A. Energi.....	11
B. Energi Terbarukan.....	16
C. Biogas.....	30
D. Participation Action Research (PAR).....	40
E. Penelitian terdahulu.....	47
BAB 3 METODOLOGI	49
A. Jenis Pengabdian.....	49
B. Prosedur Pelaksanaan Pengabdian.....	51

C. Keterlibatan Stakeholder .....	52
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>55</b>
A. Diskusi Tim Pengabdian.....	56
B. Diskusi kelompok tani dengan Tim pengabdian dalam Pelaksanaan Pengabdian .....	57
C. Peneliitan Terdahulu .....	58
D. Penyuluhan .....	66
E. Pelaksanaan FGD I (Focus Group Discussion).....	67
F. Pembangunan Lokasi Pengolahan Biogas Untuk Dimanfaatkan Masyarakat .....	68
G. Pelaksanaan FGD 2.....	76
<b>BAB 5 PENUTUP</b>	<b>85</b>
A. Kesimpulan .....	85
B. Saran .....	86
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>87</b>
<b>PARA PENULIS</b>	<b>93</b>



# DAFTAR GAMBAR DAN TABEL

---

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Kondisi Sapi dalam Kandang .....	5
Gambar 2.	Kondisi Sapi dan Kotoran yang Digembalakan .....	6
Gambar 3.	Kondisi Masyarakat Sijungka .....	7
Gambar 4.	Kondisi Pembuatan Kompos.....	9
Gambar 5.	Memasak dengan Kayu Bakar .....	9
Gambar 6.	Proyeksi Emisi CO2 Dari Sektor Energi Indonesia Hingga Tahun 2025 .....	24
Gambar 7.	Pemanfaatan Biogas yang dihasilkan .....	51
Gambar 8.	Prosedur Pelaksanaan Penelitian .....	51
Gambar 9.	Prosedur Pembuatan Biogas.....	52
Gambar 10.	Diskusi Tim Pengabdian.....	57
Gambar 11 .	Diskusi dalam Pelaksanaan Pengabdian .....	58
Gambar 12.	Hasil Biogas.....	59
Gambar 13.	Grafik Penghasilan Biogas.....	61
Gambar 14.	Pelaksanaan Penyuluhan .....	67
Gambar 15.	Pelaksanaan FGD .....	68
Gambar 16.	Pembangunan Instalasi Pembuatan Biogas.....	68
Gambar 17.	Rancangan Bangunan untuk Sapi.....	69
Gambar 18.	Hasil Rancangan Pengembangan Sapi Pembentuk Produksi Biogas.....	69

Gambar 19. Instalasi Biogas .....	70
Gambar 20. Instalasi Biogas 1 .....	70
Gambar 21. Instalasi Biogas .....	71
Gambar 22. Limbah Cair .....	73
Gambar 23. Instalasi Biogas dengan Kandang Sapi .....	74
Gambar 24. Sumur sebagai Sumber Air untuk Pencampur Kotoran .....	75
Gambar 25. Pelaksanaan FGD.....	76
Gambar 26. Instalasi Pembuatan Biogas.....	77
Gambar 27. Gas yang Dihasilkan .....	81
Gambar 28. Gas yang Dihasilkan Dihubungkan ke Kompos Gas.....	83

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komponen-komponen Biogas.....	35
Tabel 2. Pemanfaatan Biogas .....	39
Tabel 3. Keterlibatan Stakeholder .....	53
Tabel 4. Resources.....	53
Tabel 5. Biogas yang Dihasilkan .....	59
Tabel 6. Perbandingan Penggunaan Biogas, Kayu Bakar dan Minyak Tanah .....	78
Tabel 7. Nilai Kesetaraan Biogas dan Energi .....	78
Tabel 8. Pemanfaatan Biogas .....	80





# Bab 1

## PENDAHULUAN

---

### A. LATAR BELAKANG

Negara Indonesia salah satu penghasil bahan bakar dan gas yang aktivitas penggunaannya semakin meningkat, sedangkan persediaan bahan bakar tersebut semakin menipis. Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB), menyatakan bahwa minyak bumi, gas alam dan batu bata sebagai sumber bahan bakar fosil, yang dapat menyebabkan efek rumah kaca karena bahan bakar tersebut merupakan penyumbang karbondioksida ke atmosfer bumi dan berpengaruh dalam pemanasan global.

Energi merupakan komponen penting dalam memenuhi kebutuhan manusia yang menunjang berbagai aktivitas dan usaha produktif dalam menghasilkan barang dan jasa. Berbagai sumber energi seperti energi fosil, air, angin atau energi dari sumber daya hayati (*bioenergi*) sangat bermanfaat saat ini. Energi fosil misalnya minyak bumi sebagai sumber energi yang tidak dapat diperbarui yang ketersedi-

aannya semakin menipis dan harga semakin mahal. Ketersediaan yang semakin menipis tetapi kebutuhan akan bahan bakar tersebut semakin meningkat. (Wahyuni, 2013: 34).

Kebutuhan energi sebagai penggerak pembangunan nasional baik dalam kegiatan industri, transportasi, jasa maupun rumah tangga. Efek negatif penggunaan bahan bakar fosil dapat menyebabkan terhadap lingkungan seperti efek rumah kaca (pemanasan global) sehingga harus dicari alternatif untuk mengurangi efek yang ditimbulkannya.

Kebutuhan akan energi yang semakin meningkat tetapi persediaan semakin menipis telah menuntun ditemukannya sumber energi yang terbarukan sebagai hasil inovasi yang dapat dijangkau dan tidak menimbulkan efek negatif terhadap lingkungan. Salah satu energi terbarukan tersebut adalah biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi kotoran ternak, sampah organik serta bahan-bahan lainnya yang termasuk golongan limbah organik dengan bantuan bakteri metanogenik dalam kondisi anaerob (tanpa oksigen), (Wahyuni, 2013: 8).

Kelangkaan dan semakin menurunnya produksi minyak dunia menyebabkan harga minyak cenderung naik. Inovasi yang dilakukan untuk mengurangi penggunaan minyak yang mempermudah masyarakat membuat dan menggunakannya, misalnya pembuatan biogas. Biogas sebagai sumber energi terbarukan yang dihasilkan tanpa menggunakan materiel, memiliki manfaat termasuk biogas. Biogas termasuk energi yang ramah lingkungan yang tidak merusak keseimbangan karbondioksida yang diakibatkan dari penggundulan hutan (*deforestation*) dan





perusakan tanah. Selain ramah lingkungan juga bermanfaat untuk keperluan rumah tangga sebagai sumber energi dan menghemat pengeluaran (Rahmawati, dkk., 2017).

Biogas sebagai sumber energi *renewal* yaitu energi yang terlibat sebagai sumber energi. Sebagai sumber energi, biogas merupakan bahan nonfossil yang ramah lingkungan dan dapat diperbarui. Sebagai pembanding yaitu gas alam yang tidak diperhitungkan sebagai *renewal* energi (Hariati, 2006: 160). Selain itu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan yaitu biodiesel dan pengganti bahan bakar diesel yang dihasilkan dari sumber dapat diperbarui seperti minyak nabati dan lemak hewan. Lemak dan minyak tersebut direaksikan dengan alkohol melalui reaksi transesterifikasi (Sivaramakrishnan & Ravikumar, 2011 dan Faizal, Maftuchah & Auriyani, W.A., 2013).

Kompos yang dihasilkan dari kotoran ternak selama ini tidak mengurangi hasil yang diperoleh bahkan dapat menambah nilai dengan menghasilkan sumber energi alternatif yaitu biogas. Pada proses pembuatan biogas menghasilkan metana ( $\text{CH}_4$ ) yang dibuat dengan memanfaatkan kotoran ternak yang sudah diproses dan dikembalikan ke kondisi semula. Gas yang dihasilkan tersebut dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Pemanfaatan kotoran ternak sebagai sumber biogas masih dapat diproses menjadi pupuk organik dengan memindahkan ke tempat lebih kering, dan bila sudah kering dapat disimpan dalam karung untuk penggunaan selanjutnya (Rahayu, dkk., 2009: 151).

Desa Sijungkkang yang berada di daerah Angkola Timur, Tapanuli Selatan, terdiri dari 200 kepala keluarga, dengan jumlah penduduk sekitar 600 orang. Penduduk usia muda yang berpendidikan tidak kembali ke desa, te-



tapi bekerja di luar desa, yang tidak memiliki pekerjaan atau pendidikan maka merekalah yang terus menyambung kehidupan dengan meneruskan sawah, kebun dari warisan orangtuanya. Yang lebih memprihatinkan sawah maupun kebun peninggalan orangtua semakin sedikit karena beban hidup yang terus bertambah maka peninggalan tersebut mulai dijual ke orang luar, sehingga penduduk tetap berada dalam keterpurukan.

Desa Sijungkgang pada tahun 2017 dari dana APBN dapat bantuan sapi sebanyak 16 ekor dan dana APBD sebanyak 8 ekor. Bantuan sapi ini dikelola oleh 2 (dua) kelompok tani di daerah Sijungkgang dengan pola pemeliharaan secara bersama (dalam satu kandang). Selain itu terdapat juga 15 ekor sapi yang dimiliki masyarakat dengan pola pemeliharaan dengan cara digembalakan.

Tim pengabdian dengan partisipasi masyarakat desa Sijungkgang akan memanfaatkan limbah kotoran sapi untuk biogas, pupuk organik, sehingga kebutuhan masyarakat akan bahan bakar dapat disahuti, karena selama ini para keluarga memasak menggunakan kayu bakar.

Kondisi sapi yang dikandangkan dan tidak dikandangkan dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.

Kritis energi yang dialami Indonesia saat ini dapat diatasi salah satunya dengan pengembangan biogas. Ketersediaan bahan bakar berupa minyak bumi yang semakin menipis, maka Indonesia dalam mengurangi ketergantungan dengan cara mengembangkan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan terbarukan (*renewable*). Biogas sebagai salah satu energi yang cocok untuk mengatasi masalah kelangkaan energi dengan beberapa kelebihan-nya. Keuntungan bioenergi sebagai sumber energi terba-





**Gambar 1. Kondisi Sapi dalam Kandang**

rukan bersifat ramah lingkungan, dapat terurai dan mampu mengeliminasi efek rumah kaca dan kontinuitas bahan baku yang cukup terjamin. Budi daya tanaman dan memanfaatkan limbah yang ada disekitar kita sebagai bahan pembuat biofuel yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar atau penghasil energi (Widaningsih, 2014: 29).



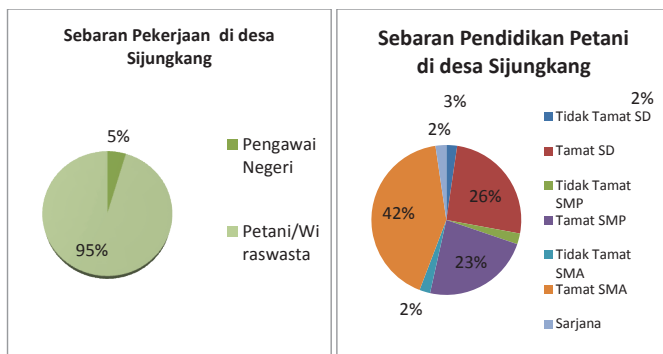


Gambar 2. Kondisi Sapi dan Kotoran yang Digembalakan

## B. PERMASALAHAN MITRA

Penduduk Desa Sijungkring selain bersawah juga banyak yang berkebun misalnya karet, kopi, dan aren. Sawah hanya bisa panen 2 atau 3 kali dalam setahun, karet dalam 2 tahun ini juga harganya tidak menentu dan rendah, sedangkan kopi kurang terawat dan rusak sehingga hasilnya sedikit. Hasil yang diperoleh dari bertani, berkebun rata-rata 1-2 juta perbulan, sehingga pemuda desa tersebut banyak bekerja di luar sebagai buruh, tukang becak dan lainnya. Hal ini terlihat kurang berkembangnya desa tersebut dari segi kesejahteraan. Sehingga kondisi masyarakat masih dalam kekurangan atau dapat dikatakan masih miskin. Sebaran pekerjaan dan tingkat pendidikan masyarakat desa Sijungkring dapat dilihat pada Gambar 3.





**Gambar 3. Kondisi Masyarakat Sijung kang**

Hasil yang tidak menentu dari pertanian membuat petani banyak menambah penghasilan dengan bekerja di luar desa sebagai buruh bangunan, tukang becak atau mengerjakan kebun/sawah orang. Beralihnya pekerjaan dari mengusahakan milik sendiri, seperti sawah, kebun kopi, dan aren disebabkan pendapatan dari kegiatan tersebut tidak menentu, sebagai contoh, pendapatan dari sawah dengan muatan 120 kaleng (istilah di kampung untuk menunjukkan luas areal tanam) memberikan penghasilan maksimal sebesar Rp 5.120.000,-,00 (lima juta seratus dua puluh ribu rupiah) untuk 1 kali panen. Ditambah penghasilan dari aren gula merah Rp 1.200.000,-,00 (satu juta dua ratus ribu rupiah) setiap bulan dan ditambah penghasilan dari kopi untuk 0.5 ha lahan Rp 4.000.000,-,00 (empat juta rupiah) untuk satu tahun. Total penghasilan per tahun sebesar  $Rp\ 5.120.000 \times 2 + 1.200.000 \times 12 + 4.000.000$  adalah Rp 28.640.000,00 (dua puluh delapan juta enam ratus empat puluh ribu rupiah) setara dengan



Rp 2.387.000,00 (dua juta tiga ratus delapan puluh tujuh rupiah) setiap bulannya atau Rp 80.000 (delapan puluh ribu rupiah) per hari. Penghasilan ini adalah penghasilan maksimal yang dapat diperoleh oleh penduduk Sijungkgang yang bekerja sebagai wiraswata dibidang pertanian.

Namun, jika terjadi kegagalan panen baik untuk usaha tani sawah, kebun kopi dan gula merah, maka akan terjadi guncangan ekonomi masyarakat. Oleh karena itu pilihan sebagai buruh tani dengan gaji Rp 50.000,00 (lima puluh ribu rupiah) per hari menjadi pilihan utama, sedangkan untuk usaha tani sawah dan lainnya menjadi tambahan penghasilan, sehingga produksi maksimal dari usaha tani sangat rendah, sementara peluang untuk mendapatkan pendapatan yang lebih tinggi cukup besar. Rendahnya kualitas sumber daya manusia yang ada dan informasi yang sampai ke masyarakat menjadi alasan utama, rendahnya produksi dari usaha tani yang dilakukan.

Bantuan sapi tahun 2017 telah menambah kegiatan di Desa Sijungkgang. Bantuan sapi yang diperoleh masyarakat desa Sijungkgang, saat ini sudah berkembang biak, sebanyak 5 ekor anak sapi, dan beberapa di antaranya sedang hamil, dan sapi ini makin lama akan bertambah, tetapi pemanfaatan limbah belum dilakukan optimal, hanya dibuat untuk kompos saja, sedangkan dari kotoran yang dihasilkan banyak hal yang dapat dilakukan untuk menambah *income* dari masyarakat.<sup>1</sup>

Hasil observasi tim kelokasi menunjukkan bahwa limbah dari kotoran hewan tersebut menimbulkan aroma tidak nyaman walaupun lokasinya jauh dari rumah pen-

---

<sup>1</sup> Observasi, Desa Sijungkgang 15 September 2018.



duduk, karena lokasi Sijung kang sudah menjadi jalan alternatif ke Sipirok.



**Gambar 4. Kondisi Pembuatan Kompos**

Masyarakat Sijung kang dalam kesehariannya memasak makanan dengan menggunakan kayu bakar. Hal ini untuk mengurangi pemakaian minyak tanah bila menggunakan kompor dan untuk memakai gas terlalu mahal dengan kondisi masyarakat di desa Sijung kang.



**Gambar 5. Memasak dengan Kayu Bakar**



Permasalahan dan kondisi masyarakat inilah yang mendorong tim pengabdian ikut serta dalam pengembangan kesejahteraan masyarakat dengan memanfaatkan sumber daya yang telah ada di desa tersebut.

### **C. RUMUSAN MASALAH**

1. Bagaimanakah komposisi terbaik dalam menghasilkan biogas?
2. Bagaimanakah pemberdayaan masyarakat desa Sijungking dalam pembuatan biogas?

### **D. TUJUAN PELAKSANAAN PENGABDIAN**

Dari latar belakang yang diuraikan, maka tujuan pelaksanaan pengabdian ini adalah:

1. Pembuatan biogas dari limbah kotoran sapi sebagai sumber energi yang ramah lingkungan.
2. Pemberdayaan masyarakat desa Sijungking dalam pembuatan biogas.

### **E. MANFAAT PENGABDIAN**

1. Menjadi penggerak dinamika pembangunan pedesaan.
2. Dengan pengolahan limbah yang kontinu maka akan mengurangi pencemaran air, tanah, dan udara dengan mengolah menjadi biogas dan pupuk organik.







## Bab 2

# LANDASAN TEORI

---

## A. ENERGI

Kebutuhan energi sebagai kebutuhan dasar manusia semakin meningkat. Kebutuhan akan energi tersebut yang berasal dari bahan bakar fosil merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbarui (*nonrenewable*), selama ini merupakan sumber energi andalan bagi memenuhi kebutuhan manusia. Peningkatan kebutuhan manusia akan energi semakin meningkat dengan tingkat kebutuhannya. Kebutuhan energi bahan bakar minyak (BBM) memegang posisi yang sangat dominan. Konsumsi energi tingkat nasional saat ini dengan komposisi sebagai berikut: kebutuhan BBM: 52,50%; Batu Bara: 21,52%; Gas: 19,04%; Air: 3,73%; Panas Bumi: 3,01%; dan Energi Baru: 0,2% (Imam Kholiq, 2015).

Indonesia seperti negara di dunia tidak mungkin lagi hanya mengandalkan energi yang ada di perut bumi (energi konvensional) dalam memenuhi kebutuhan dan pembangunan serta pertumbuhan ekonomi nasional. Kekayaan

alam yang berupa energi fosil dengan pemakaian yang semakin tinggi akan berkurang persediaannya dan akan habis suatu saat dengan pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat baik itu batu bara, minyak, dan gas bumi (Ade Hendraputra, 2017: 3).

### Model Penyediaan Energi

Pengalokasian berbagai sumber energi primer digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi yang diasumsikan penting dan dimasukkan ke dalam model penyediaan energi adalah:

- ▶ Kebutuhan atas pasokan gas bumi didasarkan buku Neraca Gas Indonesia 2012-2025 (Kementerian ESDM), sedangkan pada tahun 2026-2030 berdasarkan *trend gas delivery*. Untuk buku Neraca Gas Indonesia mengenai ekspor gas bumi yang mempertimbangkan adanya impor gas sampai tahun 2030.
- ▶ Cadangan batu bara dan minyak bumi dapat ditemukan dalam data dari Kementerian ESDM dari Januari 2012, sedangkan cadangan batu bara yang adalah cadangan tertambang dan cadangan terukur.
- ▶ Harga minyak mentah berdasarkan tahun 2013 sebesar 105 \$/barel dengan harga saat ini (*current price*): yang diasumsikan naik secara linier menjadi 126\$/barel pada 2035.
- ▶ Untuk data IATMI (Ikatan Ahli Teknik Perminyakan Indonesia) pengembangan CBM yang dipresentasikan dalam *The 5th International Indonesia CBM 2014*.
- ▶ Teknologi *coal to liquid* (CTL) yang dipertimbangkan: proses *indirect coal liquefaction* dengan kapasitas produksi 50 ribu barel/hari.



- ▶ Peta Infrastruktur kilang dari Direktorat Jenderal Migas berupa penambangan kilang minyak baru. Pada 2012 Kementerian ESDM yang terdiri atas kilang minyak Plaju II, Balongan II, dan Tuban yang terdiri dengan kapasitas 300 ribu barel/hari.
- ▶ Untuk PLTU batubara 1000 MW di wilayah Jawa Pembangkit listrik *super-critical boiler* dimanfaatkan mulai tahun 2018.
- ▶ Mempertimbangkan LNG *receiving* terminal.
- ▶ Keekonomian yang mendasari biaya produksi pembangkit listrik.
- ▶ Mempertimbangkan pemanfaatan teknologi yang efisien dilakukan untuk konservasi energi di sisi kebutuhan maupun di sisi penyediaan (Imam Kholiq, 2015).

Pengurangan penggunaan BBM baik di sektor transport maupun sektor industri merupakan dukungan terhadap energi alternatif yang dimanfaatkan untuk substitusi BBM dalam pengembangan energi. Proses biodiesel sebagai sumber energi atau bahan bakar pengganti solar, pengembangan perkebunan energi berbasis kelapa sawit, prospek CNG sebagai bahan bakar pengganti bensin dan prospek pengembangan bioetanol (Imam Kholiq, 2015).

Indonesia sebagai negara yang memiliki wilayah dengan luas dan jumlah penduduk yang tinggi, dengan kondisi geografis yang beragam dan penduduk yang tersebar. Selain itu Indonesia juga masih menghadapi tantangan berupa pemenuhan energi untuk semua warga. Kebutuhan energi yang semakin tinggi dan ketersediaan yang terbatas tercatat pada 2016 Indonesia masih memiliki 7 juta rumah tangga atau sekitar 28 juta penduduk Indonesia yang be-



lum mendapatkan akses listrik.

Ketersediaan sumber energi yang berbeda membuat akses listrik di Pulau Jawa dan di luar Pulau Jawa terjadi kesenjangan cukup tinggi, dengan rasio elektrifikasi DKI Jakarta mencapai hampir 100 persen, sedangkan provinsi di luar pulau Jawa, khususnya Indonesia bagian timur, seperti pulau Nusa Tenggara Timur dan Papua, masih dibawah 70 persen. Hal ini menunjukkan pemenuhan energi di Indonesia belum merata.

Kebutuhan listrik, yang semakin meningkat di Indonesia dan ketersediaan yang terbatas akan memengaruhi kebutuhan sehari-hari masyarakat dan masih banyak penduduk Indonesia yang masih terbatas akan akses tersebut. Ketersediaan bahan bakar juga belum tentu tersedia sepanjang waktu, sedangkan penggunaan tungku dapat menghasilkan asap yang mengganggu kesehatan.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) menyatakan bahwa Indonesia memiliki potensi energi bersih dan terbarukan yang tinggi dan luar biasa besarnya yang berdasarkan data dari potensi sumber daya. Situasi ini dapat menunjukkan persediaan energi yang terbarukan dan bersih, dari data yang diamati bahwa pemakaian energi terbarukan dan bersih di Indonesia baru mencapai kisaran 6 persen dari kebutuhan energi nasional. Berdasarkan potensi energi terbarukan, maka penggunaan energi dapat memanfaatkan energi lokal (Yusuf Saefulhak, 2017: 3).

Penggunaan energi primer atau bahan fosil telah menyebabkan kerusakan lingkungan yaitu pencemaran, degradasi dan efek rumah kaca sehingga akan memicu terhadap kesehatan manusia. Penduduk dunia pada 2040, akan diperkirakan memiliki 9-10 miliar orang dan harus dise-



diakan kebutuhan atas energi. Peningkatan pertumbuhan populasi dunia menyebabkan permintaan akan kebutuhan energi semakin dekat, maka penggunaan energi yang berasal dari minyak bumi sebagai energi tidak terbarukan semakin meningkat yang berasal dari minyak mentah yang berasal dari bahan fosil. Penggunaan energi tertinggi mencapai 90 persen yang didominasi untuk pembangkit energi dan transportasi. Hal ini menyebabkan menipisnya ketersediaan bahan bakar fosil dan juga terjadinya degradasi lingkungan. Kenyataan ini membuat harus dicari alternatif bahan bakar yang terbarukan dan berkelanjutan. Realitas ini telah mendorong untuk mencari alternatif terbarukan dan berkelanjutan untuk bahan bakar fosil. Minyak dan gas alam dapat mendorong perekonomian saat ini menuju sumber energi terbarukan alternatif. Salah satu dari alternatif terbarukan dan berkelanjutan adalah biogas. Biogas adalah sumber energi yang tersedia secara signifikan mengurangi emisi gas rumah kaca dibandingkan dengan emisi gas *landfill* ke atmosfer. Dengan meningkatnya ukuran dan konsentrasi regional dari operasi pemberian makan hewan terbatas (CAFO), ada kekhawatiran publik yang meningkat atas dampak potensial terhadap kualitas (Aremu and Agarry, 2012).

Abubakar Lubis (2007) menyatakan bahwa pengembangan energi terbarukan untuk mengganti energi fosil yang semakin menipis dan penyebab degradasi lingkungan harus segera dilakukan secara nasional.

Hal ini menyebabkan ancaman serius, yaitu:

- (1) Bila tidak ditemukan sumber minyak baru maka cadangan minyak bumi semakin menipis.
- (2) Laju permintaan yang semakin meningkat tidak diim-



bangi persediaan maka akan menyebabkan kenaikan/ketidakstabilan harga.

- (3) Pembakaran bahan bakar fosil menyebabkan meningkatnya pencemar gas  $\text{CO}_2$  yang berdampak terhadap efek rumah kaca.

Pembakaran dari bahan bakar fosil menyebabkan pencemaran  $\text{CO}_2$  semakin tinggi yang saat ini yang tertinggi selama 125.000 tahun belakangan (Service, 2005). Bila ilmuwan masih memperdebatkan besarnya cadangan minyak yang masih bisa dieksplorasi, efek negatif pencemaran gas  $\text{CO}_2$  terhadap pemanasan global telah diketahui bersama yang akan menimbulkan ancaman serius bagi kehidupan makhluk hidup di muka bumi. Untuk mengatasi hal ini maka perlu pengembangan dan implementasi bahan bakar terbarukan yang ramah lingkungan.

## B. ENERGI TERBARUKAN

Perubahan iklim dunia merupakan tantangan yang paling serius yang dihadapi pada abad ke-21. Sebagian besar pakar lingkungan sepakat bahwa terjadinya perubahan iklim merupakan salah satu dampak dari pemanasan global. Meskipun masih belum sepenuhnya dimengerti dengan pasti, peningkatan konsentrasi gas rumah kaca terutama karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), methane ( $\text{CH}_4$ ), dinitroksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ), perfluorocarbon (PFC), hydrofluorocarbon (HFC) dan sulphur hexafluoride ( $\text{SF}_6$ ) di atmosfer bumi diyakini menjadi penyebab timbulnya pemanasan global. Pemanasan global dapat terjadi karena adanya efek rumah kaca.

Gas rumah kaca yang berada di atmosfer bumi dapat



disamakan dengan tabir kaca pada pertanian yang menggunakan rumah kaca. Panas matahari yang berupa radiasi gelombang pendek masuk ke bumi dengan menembus tabir gas rumah kaca tersebut. Sebagian panas diserap oleh bumi dan sisanya dipantulkan kembali ke luar angkasa sebagai radiasi gelombang panjang. Namun, panas yang seharusnya dipantulkan kembali ke luar angkasa menyentuh permukaan tabir dan terperangkap di dalam bumi. Seperti proses dalam pertanian rumah kaca, sebagian panas akan ditahan di permukaan bumi dan menghangatkan bumi. Tanpa efek rumah kaca ini maka suhu di permukaan bumi akan lebih rendah dari yang ada sekarang sehingga tidak memungkinkan adanya kehidupan. (Agus Sugiyono, 2006).

Isu pemanasan global ini sedang hangat dibicarakan di dunia, apalagi dengan adanya fenomena musim dingin yang hangat di tahun 2006-2007. Rata-rata temperatur global tahun 2006  $1,2^{\circ}\text{C}$  lebih hangat dari pada rata-rata temperatur di abad ke-20. Hasil pengamatan ilmuwan dari berbagai negara yang tergabung dalam Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) yang menunjukkan bahwa ternyata selama tahun 1990-2005 telah terjadi peningkatan suhu merata di seluruh bagian bumi, yaitu antara  $0,15 - 0,3^{\circ}\text{C}$ . Hal ini menimbulkan berbagai masalah, antara lain tenggelamnya pulau-pulau kecil akibat naiknya permukaan air laut sebagai dampak dari mencairnya es di Greenland dan Antartika ( $\pm 1$  meter pertahun). Berdasarkan penelitian para ilmuwan yang tergabung dalam Lembaga Survei Antartika (BIA) baru-baru ini, lebih dari 1 juta hektar bongkahan es di wilayah bagian barat antartika atau lingkaran kutub selatan terancam meleleh atau



pecah. Hal ini merupakan indikator kondisi antartika yang berubah cepat, akibat peningkatan suhu bumi. PBB sangat mengkhawatirkan kondisi ini, karena ini merupakan acaman terbesar yang melanda dunia kedepannya. Jika peningkatan suhu itu terus berlanjut, diperkirakan pada tahun 2040 (33 tahun dari sekarang) lapisan es di kutub-kutub bumi akan habis meleleh. Luapan air laut makin lama makin luas, sehingga akhirnya menelan seluruh pulau (Vivi Triana, 2008).

Di beberapa belahan dunia telah terjadi kenaikan suhu antara  $1,4^{\circ}\text{C}$ -  $5,8^{\circ}\text{C}$  dan kenaikan suhu  $4^{\circ}\text{C}$  telah terjadi di Alaska, Siberia dan sebagian Kanada bahkan di kota New York suhu telah mencapai  $14^{\circ}\text{C}$ , di Manhattan pada bulan Juli 2000 masih  $10^{\circ}\text{C}$  dan di bulan Januari 2001 telah mencapai  $18^{\circ}\text{C}$ . jadi pemanasan global sudah melanda di daerah-daerah dingin. Bahkan di kutub utara dan kutub selatan bongkahan-bongkahan es sudah mulai meleleh. Semua ini disebabkan konsentrasi CO dan  $\text{CO}_2$  sudah sangat meningkat. Bertambahnya panasnya suhu bumi di atas telah menyebabkan bertambahnya air di permukaan bumi menguap. Kegiatan-kegiatan manusia penyebab fenomena di atas telah terjadi sejak abad 18 ketika di mulainya revolusi industri antara lain dibuatnya pabrik-pabrik, pembangkit listrik, kendaraan transportasi dan pertanian. limbah sisa-sisa pemakaiannya. Sisa makanannya di buang sebagai kotoran manusia. Sisa kegiatan sehari-hari dibuang sebagai sampah. Setelah mengambil oksigen dari udara, manusia mengembalikan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) ke udara.

Demikian pula manusia mengeluarkan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dalam jumlah besar sebagai hasil dari pembakar-





an bahan bakar di pabrik-pabrik dan kendaraan bermotor. Semua limbah itu diterima oleh lingkungan dan diolah oleh alam menjadi zat-zat berguna. Kotoran manusia dan hewan ternak didekomposisi dan menjadi pupuk yang menyuburkan tanah untuk memproduksi makanan lagi bagi manusia. Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) diserap oleh tumbuh-tumbuhan yang dengan bantuan klorofil dan sinar matahari diubah menjadi karbohidrat yang berupa gula, pati, serat, dan keju. Benda-benda yang dihasilkan itu digunakan untuk makanan, pakaian, perumahan, dan bahan bakar bagi manusia (Mohammad Ramlan, 2002).

Keamanan energi di Indonesia berada di ambang batas dan akan menghadapi krisis energi dalam waktu dekat. Salah satu upaya untuk meningkatkan keamanan energi nasional jangka panjang adalah melalui pengurangan ketergantungan terhadap energi fosil yang tidak terbarukan, khususnya minyak dan gas bumi, dengan mensubstitusinya ke sumber energi baru dan terbarukan (EBT), khususnya bahan bakar nabati (biodiesel, bioethanol, biomassa, dan biogas).

Oleh karena itu, diperlukan paradigma baru dalam pengelolaan energi dengan mengedepankan diversifikasi, intensifikasi, konservasi, dan budaya hemat energi. Sebagai dasar untuk mensubstitusi penggunaan energi ke sumber energi yang baru, dapat dilihat bahwa cadangan terbukti minyak bumi nasional pada 2010 hanya sekitar 7,99 miliar barel dan dengan tingkat produksi minyak sekitar 346 juta barel per tahun, maka cadangan tersebut akan habis dalam waktu 23 tahun. Adapun, cadangan terbukti gas bumi hanya sekitar 159,64 TSCF (Trillion Standard Cubic Feet) dengan tingkat produksi pada 2010 sebesar 2,9 TSCF, maka



cadangan tersebut akan habis dalam waktu 55 tahun.

Hal ini berbanding terbalik dengan penggunaan bahan bakar nabati, di mana potensi lahan perkebunan yang dapat dimanfaatkan untuk tanaman sumber bahan bakar nabati mencapai 83,06 juta hektar dan baru dimanfaatkan sekitar tujuh juta hektar. Selama kurun waktu 40 tahun ke depan (2010-2050), kebutuhan energi nasional diprediksikan meningkat sebesar 3,21 persen per tahun dari 1.082,33 juta SBM (Setara Barel Minyak) pada 2010, menjadi 3.289,44 juta SBM pada 2050. Agar kebutuhan energi yang selalu meningkat tersebut dapat terpenuhi, sementara cadangan energi berbahan fosil dipastikan menurun, maka dibutuhkan adanya strategi substitusi ke sumber energi baru dan terbarukan yang potensinya sangat besar di Indonesia. Oleh karena itu, peningkatan investasi di bidang energi baru dan terbarukan sangat diperlukan sesegera mungkin agar tidak ketinggalan langkah dalam mengantisipasi krisis energi berbahan fosil.

Industri peternakan merupakan industri yang menghasilkan limbah padat dan cair dalam jumlah yang besar dengan konsentrasi karbon antara 8.000-10.000 mg (Mahajoeno, 2009), sehingga industri tersebut berpotensi mencemari lingkungan, jika tidak dilakukan pengelolaan. Limbah peternakan khususnya ternak sapi merupakan bahan buangan dari usaha peternakan sapi yang selama ini juga menjadi salah satu sumber masalah dalam kehidupan. Manusia sebagai penyebab menurunnya mutu lingkungan melalui pencemaran lingkungan, mengganggu kesehatan manusia dan juga sebagai salah satu penyumbang emisi gas efek rumah kaca. Pada umumnya limbah peternakan hanya digunakan untuk pembuatan pupuk organik. Untuk



itu sudah selayaknya perlu adanya usaha pengolahan limbah peternakan menjadi suatu produk yang bisa dimanfaatkan manusia dan bersifat ramah lingkungan.

Pengolahan limbah peternakan melalui proses anaerob atau fermentasi perlu digalakkan karena dapat menghasilkan biogas yang menjadi salah satu jenis bioenergi. Pengolahan limbah peternakan menjadi biogas ini diharapkan tiga dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar minyak yang mahal dan terbatas, mengurangi pencemaran lingkungan dan menjadikan peluang usaha bagi peternak karena produknya terutama pupuk kandang banyak dibutuhkan masyarakat.

Kebijakan penghapusan subsidi BBM pada 2005 merupakan momentum yang tepat bagi pemerintah untuk mengembangkan batu bara sebagai energi alternatif yang prospeknya cukup menjanjikan. baik dilihat dari cadangan yang melimpah maupun dari harga yang relatif lebih murah dibanding BBM. Sebagai contoh bila digunakan di sektor listrik, batu bara lebih murah dibanding BBM.

Pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yang menggunakan solar, harga listrik mencapai Rp 500 per KWh. Sementara menggunakan batu bara biayanya hanya sekitar Rp 50 per KWh. Jadi bisa menghemat biaya kurang lebih Rp 30 miliar per tahun. Bila digunakan di sektor rumah tangga pun untuk keperluan memasak atau sektor industri untuk bahan bakar, batu bara sangatlah hemat. Setiap satu liter minyak tanah dapat digantikan dengan 0.6 kg briket batu bara (Soedjoko dalam Warta, 2003).

Berdasarkan pada hitungan konversi energi ini, kita dapat mengambil contoh penghematan yang akan diperoleh. Pada 2003. harga batu bara sekitar Rp 222.27 per



kg. sementara minyak tanah Rp 700 per liter. Pada 2003 hasil perhitungan Firdaus Akmal, Dirut PT Indonesian Power rata-rata pemakaian minyak tanah di sektor rumah tangga sekitar 179 liter pertahun. Maka biaya yang harus dikeluarkan untuk membeli minyak tanah adalah Rp 125.300 per rumah tangga. Adapun, jika menggunakan batu bara, maka besarnya biaya yang harus dikeluarkan hanya Rp 23.872. Dengan demikian ada penghematan sebesar Rp 101.428 per rumah tangga. Dengan merujuk pada data BPS yang menyebutkan bahwa jumlah rumah tangga tahun 2003 sebanyak 56.625.000. jadi sebenarnya ada potensi penghematan yang bisa dilakukan untuk pengeluaran energi di sektor rumah tangga sebesar Rp 5.74 triliun. Dengan harga minyak tanah yang mencapai Rp 2.000 perliter pada tahun 2005. maka tentu saja penghematan ini akan jauh lebih besar lagi.

Masalah lingkungan dan ekonomi merupakan alasan di balik dorongan yang cepat akan pemanfaatan energi terbarukan di seluruh dunia. Selain untuk mengatasi hambatan secara ekonomi dan komersial, pemanfaatan sumber energi terbarukan sesuai dengan tujuan atau *goal* yang ditetapkan oleh sebagian negara yang ingin memaksimalkan potensi energi terbarukan di wilayahnya dengan biaya murah. Energi listrik merupakan salah satu energi primer yang tidak dapat dilepaskan penggunaannya dalam kehidupan sehari-hari, baik di sektor rumah tangga, instansi pemerintah maupun industri. Semakin meningkatnya jumlah penduduk dan bertambahnya penggunaan peralatan yang menggunakan listrik mengakibatkan kebutuhan energi listrik meningkat pesat (Juwito, dll., 2012).

Upaya penghematan energi untuk bahan bakar seha-



rusnya telah digerakkan sejak dahulu karena pasokan bahan bakar yang berasal dari minyak bumi, gas, maupun batu bara adalah sumber energi fosil yang tidak dapat diperbarui (*unrenewable*), sedangkan permintaan terus naik, demikian pula dengan harganya sehingga tidak ada stabilitas keseimbangan antara permintaan dan penawaran. Salah satu jalan untuk menghemat bahan bakar minyak dan sumber energi yang *unrenewable* adalah dengan mencari sumber energi alternatif yang dapat diperbarui (*renewable*).

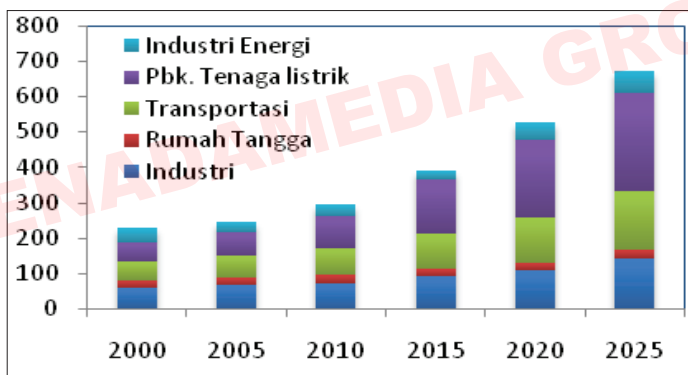
Berdasarkan data radiasi sinar matahari, debit air sungai dan limbah biomassa yang dihasilkan perkebunan kelapa sawit per hektar di desa Margajaya, model sistem pembangkit *hybrid* dirancang untuk mensimulasikan dan menentukan sistem yang paling optimal untuk menyediakan energi listrik untuk beban listrik pada pemukiman penduduk. Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Merancang Desa Mandiri Energi berbasis energi terbarukan di desa Margajaya.
2. Merancang sistem model *Grid Connected* dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari, aliran sungai, dan limbah sisa perkebunan kelapa sawit.
3. Menentukan konfigurasi sistem yang paling optimal, dilihat dari biaya produksi energi, dan ketersediaan sumber energi terbarukan, dan keandalan sistem.
4. Menganalisis karakteristik daya keluaran yang dihasilkan oleh model sistem yang optimal, berdasarkan hasil konfigurasi sistem yang optimal oleh Homer. (Juwito, dll., 2012).

Pemanfaatan energi fosil selama ini menimbulkan



dampak negatif terutama meningkatnya kadar gas rumah kaca di atmosfer, sehingga memicu terjadinya pemanasan secara global dan perubahan iklim. Ketika atmosfer semakin kaya akan gas-gas rumah kaca ini, ia semakin menjadi insulator yang menahan lebih banyak panas dari bumi (gelombang panjang) menuju atmosfer. Peningkatan konsentrasi GRK di atmosfer menyebabkan meningkatnya radiasi yang terperangkap di atmosfer. Akibatnya, suhu rata-rata di seluruh permukaan bumi meningkat. Konsumsi berlebih bahan bakar seperti minyak, batu bara, dan gas alam yang terbuat dari sisa-sisa tanaman dan binatang purba oleh manusia menjadi penyebabnya.



**Gambar 6. Proyeksi emisi CO<sub>2</sub> dari sektor energi Indonesia hingga tahun 2025**

Sumber: NSS on CDM in Indonesia, 2001.

Penyebab utama inefisiensi dalam pemanfaatan energi adalah kebijakan harga energi murah yang diterapkan oleh Pemerintah Indonesia. Menurut Tambunan (2006) kebijakan harga energi murah dengan memberikan subsidi



di yang besar membawa dampak negatif: *Pertama*, tingginya ketergantungan pada sumber energi minyak mentah. Sinyal harga yang rendah menjadi disinsentif bagi usaha diversifikasi maupun konservasi (penghematan) energi. *Kedua*, subsidi BBM di APBN mengancam keberlangsungan fiskal pemerintah. *Ketiga*, tidak optimalnya pemanfaatan sumber energi lain, seperti gas alam dan batu bara yang cadangannya jauh lebih besar dari minyak mentah maupun energi baru dan terbarukan. *Keempat*, maraknya penyelundupan BBM ke luar negeri, sehingga tingkat permintaan lebih tinggi dibandingkan dengan kebutuhan nyata. *Kelima*, maraknya kegiatan pengoplosan BBM yang merugikan negara dan konsumen umum. Dan *keenam*, sinyal harga mendistorsi kelayakan investasi di sektor hilir migas (Elinur, dkk. 2010).

Energi merupakan kebutuhan dasar manusia, yang terus meningkat sejalan dengan tingkat kehidupannya. Bahan bakar minyak (BBM) memegang posisi yang sangat dominan dalam pemenuhan kebutuhan energi nasional. Komposisi konsumsi energinasional saat ini adalah BBM: 52,50%; Gas: 19,04%; Batu Bara: 21,52%; Air: 3,73%; Panas Bumi: 3,01%; dan Energi Baru: 0,2%. Kondisi demikian terjadi sebagai akibat dari kebijakan subsidi masa lalu terhadap bahan bakar minyak dalam upaya memacu percepatan pertumbuhan ekonomi. Suatu kenyataan yang tidak dapat dipungkiri bahwa produksi minyak bumi Indonesia mengalami penurunan akibat adanya penurunan secara alamiah dan semakin menipisnya cadangan. Menurunnya produksi minyak mentah kita dan tingginya harga minyak mentah dunia sangat berpengaruh terhadap kemampuan anuggran pembangunan. Selama ini bahan bakar minyak



di Indonesia masih disubsidi oleh negara (melalui APBN), sehingga menjadi beban yang sangat berat bagi pemerintah. Untuk mengurangi beban subsidi tersebut pemerintah berusaha mengurangi ketergantungan kepada energi bahan bakar minyak, dengan mencari dan mengembangkan sumber energi lain yang murah dan mudah didapat.

Harus disadari bahwa saat ini Indonesia telah mengimpor minyak mentah maupun BBM untuk memenuhi kebutuhan konsumsi dalam negeri. Hingga saat ini sumber energi minyak bumi masih menjadi sumber energi utama di dalam penggunaannya terutama dalam bidang kelistrikan, industri, dan transportasi. Di tengah krisis energi saat ini timbul pemikiran untuk penganekaragaman energi (diversifikasi energi) dengan mengembangkan sumber energi lain sebagai energi alternatif untuk penyediaan konsumsi energi domestik. Indonesia memiliki beraneka ragam sumber daya energi, seperti minyak dan gas bumi, panas bumi (geothermal), batu bara, gambut, energi air, biogas, biomassa, matahari, angin, gelombang laut, dan lain lain. Potensi sumber daya energi tersebut tersebar diseluruh daerah di Indonesia menurut karakteristik dan kondisi geologinya. Secara umum dalam pemakaian/konsumsi energi di Indonesia masih mengandalkan dan bergantung pada sumber daya energi minyak bumi. Kondisi real menunjukkan bahwa sumber daya energi minyak bumi akan habis dan memiliki keterbatasan baik persediaan dalam bentuk cadangannya.

Di sisi lain permintaan sumber daya energi tersebut semakin meningkat menyebabkan harga minyak semakin tinggi, sehingga mempunyai potensi pasar ekspor yang tinggi. Seharusnya minyak bumi dapat diandalkan sebagai





sumber pemasukan bagi pendapatan negara dan hanya sebagai energi untuk keperluan tertentu yang secara teknologi harus menggunakan bahan bakar minyak. Energi listrik sebagai energi sekunder sangat populer digunakan diseluruh sektor kegiatan. PT Perusahaan Listrik Negara (Perseero) sebagai badan usaha milik negara, menyelenggarakan tugas negara melakukan penyediaan dan pelayanan tenaga listrik, dalam membangkitkan tenaga listrik masih banyak menggunakan sumber daya energi minyak bumi. Suatu kondisi bahwa, perkembangan teknologi menunjukkan bahwa hampir seluruh peralatan rumah tangga, perkantoran, perhotelan dan peralatan lainnya menggunakan energi listrik yang kesemua tersebut bergantung padabahan bakar minyak.

Sementara teknologi konversi energi untuk pembangkit listrik telah banyak ditemukan dengan berbagai skala dan kapasitas seperti energi sumber daya air (PLTA), energi sumber daya nuklir (PLTN), energi sumber daya panas bumi (Geothermal), energi biodisel, dan lain sebagainya. Ketergantungan pemanfaatan kepada minyak bumi ini tidak dapat dibiarkan, karena kebutuhan energi terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan jumlah penduduk, meningkatnya industrialisasi dan perkembangan teknologi yang serba canggih dan mutakhir seperti pada saat sekarang ini. Komposisi penggunaan energi yang terlalu bersandar pada bahan bakar minyak harus segera dipikirkan dengan jalan menganekaragamkan penggunaan sumber daya energi (diversifikasi energi) yang berbasis pada potensi dan kebutuhan yang ada pada saat ini.

Dalam upaya tersebutperlu diketahui besaran penggunaan energi persektor kegiatan, jenis sumber daya energi



yang dapat digunakan, jenis pemanfaatan dan penggunaan energi, teknologi penggunaan energi, lokasi/penyebaran kegiatan penggunaan energi (Imam Kholiq, 2015).

Produk Domestik Bruto dan Penduduk Jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2012 mencapai 245 juta jiwa atau meningkat rata-rata sebesar 1,51 persen pertahun sejak tahun 2000. Pada saat ini sekitar 54 persen penduduk tinggal di wilayah perkotaan. Adapun produk domestik bruto (PDB) pada tahun 2012 mencapai 2.619 triliun rupiah (harga konstan tahun 2000) dengan laju pertumbuhan PDB rata-rata selama 12 tahun terakhir mencapai 5,4 persen. Pada 2012, pertumbuhan ekonomi nasional mencapai sebesar 6.3 persen per tahun yang lebih rendah dari pertumbuhan pada 2011 yakni sebesar 6.5 persen. Pendapatan per kapita meningkat dari 6,7 juta rupiah per kapita pada tahun 2000 menjadi 34,1 juta rupiah per kapita pada 2012. Berdasarkan kriteria Bank Dunia, Indonesia pada 2012 termasuk Negara berpendapatan menengah bawah dengan pendapatan sebesar 3,592 dolar per kapita (Imam Khaliq).

Masalah lingkungan dan ekonomi merupakan alasan di balik dorongan yang cepat akan pemanfaatan energi terbarukan di seluruh dunia. Selain untuk mengatasi hambatan secara ekonomi dan komersial, pemanfaatan sumber energi terbarukan sesuai dengan tujuan atau goal yang ditetapkan oleh sebagian negara yang ingin memaksimalkan potensi energi terbarukan di wilayahnya dengan biaya murah. Energi listrik merupakan salah satu energi primer yang tidak dapat dilepaskan penggunaannya dalam kehidupan sehari-hari, baik di sektor rumah tangga, instansi pemerintah maupun industri. Semakin meningkatnya jumlah penduduk dan bertambahnya penggunaan peralat-



an yang menggunakan listrik mengakibatkan kebutuhan energi listrik meningkat pesat. Walau menjadi kebutuhan primer, namun hingga saat ini penyediaan listrik masih belum merata di Indonesia. Masih banyak desa-desa yang belum terjangkau aliran listrik. Walau menjadi kebutuhan primer, namun hingga saat ini penyediaan listrik masih belum merata di Indonesia. Masih banyak desa-desa yang belum terjangkau aliran listrik (A. F. Juwito, dkk., 2012).

Berdasarkan data radiasi sinar matahari, debit air sungai dan limbah biomassa yang dihasilkan perkebunan kelapa sawit per hektar di desa Margajaya, model sistem pembangkit *hybrid* dirancang untuk mensimulasikan dan menentukan sistem yang paling optimal untuk menyediakan energi listrik untuk beban listrik pada pemukiman penduduk. Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut: 1) merancang desa mandiri energi berbasis energi terbarukan di Desa Margajaya; 2) merancang sistem model *grid connected* dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari, aliran sungai dan limbah sisa perkebunan kelapa sawit; 3) menentukan konfigurasi sistem yang paling optimal, dilihat dari biaya produksi energi, dan ketersediaan sumber energi terbarukan, dan keandalan sistem; dan 4) menganalisis karakteristik daya keluaran yang dihasilkan oleh model sistem yang optimal, berdasarkan hasil konfigurasi sistem yang optimal oleh Homer.

Optimisasi sistem energi terbarukan yang dirancang, disimulasikan dalam rentang waktu satu tahun dengan data keluaran berupa daya yang dihasilkan oleh masing-masing komponen sistem dan besar beban listrik yang disuplai. Data yang dihasilkan adalah data perubahan daya yang merupakan output dari sistem dan beban listrik seti-



ap jamnya dalam rentang waktu satu tahun (A. F. Juwito, dkk., 2012).

### C. BIOGAS

Peningkatan peradaban manusia ditandai dengan meningkatnya aktivitas manusia akan kebutuhan bahan bakar tetapi persediaannya semakin menipis. Persediaan bahan bakar tersebut tidak sebanding lagi dengan besarnya permintaan walaupun saat ini Indonesia termasuk salah satu negara penghasil minyak bumi dan gas. Bahan Bakar Minyak (BBM) nasional. Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB), Panel antar-pemerintah tentang perubahan iklim, menyebutkan bahwa penggunaan bahan bakar fosil berupa minyak bumi merupakan penyebab utama dari kerusakan alam berupa pemanasan global atau efek rumah kaca karena penyebab pencemaran CO<sub>2</sub>.

Perkembangan pembangunan nasional tidak lepas dari ketersediaan energi yang berperan sangat strategis dan krusial. Kebutuhan energi dalam setiap lini kehidupan yaitu untuk kegiatan sektor industri, transportasi, jasa dan rumah tangga. Penggunaan bahan bakar minyak yang berlebihan akan berdampak negatif kepada lingkungan dan penghapusan subsidi secara bertahap, usaha untuk mengatasi harus segera dilakukan untuk menghindari krisis ekonomi yang berkepanjangan.

Energi merupakan kebutuhan vital yang harus tersedia untuk meningkatkan peradabannya. Tanpa energi manusia akan sulit menjalani roda kehidupan ini. Karena dapat dikatakan semua aktivitas manusia membutuhkan energi, transportasi, memasak, penerangan, dan lain sebagainya.



Kebutuhan akan energi diperoleh dari pasokan energi global yang tidak dapat diperbarui atau terbatas. Sehingga persediaan energi di bumi semakin menipis, selain itu juga pencemaran yang diakibatkannya seperti *global warning*.

Harga bahan bakar mengalami kenaikan baik itu minyak (terutama minyak tanah) dan gas elpiji untuk rumah tangga maupun industri. Persediaan bahan bakar minyak ini sering langka walaupun Indonesia termasuk sumber minyak bumi karena diketahui merupakan sumber bahan bakar yang tidak dapat diperbarui. Peningkatan kebutuhan BBM yang langka di beberapa tempat di Indonesia, atau berkurangnya cadangan minyak, penghapusan subsidi yang diterapkan pemerintah menyebabkan harga minyak labil dan juga menyebabkan kualitas lingkungan menurun akibat penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan.

Untuk penduduk dekat hutan banyak menggunakan kayu sebagai alternatif bahan bakar. Hal ini menyebabkan tekanan terhadap hutan akan meningkat dan perlu mendapatkan perhatian. Padahal, alam telah menyediakan banyak energi alternatif selain kayu. Efek negatif yang disebabkan minyak bumi harus segera dicari energi alternatif yang terbarukan dan ramah lingkungan. Biogas adalah salah satu bahan bakar alternatif yang dapat dikembangkan. Bahan bakar ini diperoleh dari dari pengolahan limbah rumah tangga, kotoran hewan (ayam, sapi, babi), atau sampah organik. Bahan ini dapat diperoleh sekitar kita dan dapat diperbanyak tanpa mengganggu kelestarian alam sehingga biogas merupakan salah satu pilihan tepat sebagai sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan.

Penggunaan limbah sebagai sumber energi belum begitu lazim digunakan karena membutuhkan limbah yang



cukup besar dalam mengolahnya. Kotoran yang diolah menjadi biogas dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Pemanfaatan limbah sebagai sumber energi alternatif belum merupakan cara yang umum dilakukan, terutama limbah yang bersumber dari kegiatan peternakan dengan kapasitas yang besar sebab limbah yang dibuang ke lingkungan mempunyai sifat dan karakteristik tertentu dan cukup potensial menimbulkan dampak yang merugikan lingkungan, sehingga perlu dilakukan penanganan kembali. Biogas yang dihasilkan dari kotoran ternak sapi sebagai energi alternatif memiliki keuntungan, yaitu dapat dimanfaatkan dalam rumah tangga dan dampaknya terhadap lingkungan hal itu terbukti dari nilai penghematan yang diperoleh dari pemanfaatan energi biogas sebesar 2,50 m<sup>3</sup> (Latifah Hanum Damanik, 2014).

Biogas adalah gas yang diproduksi melalui penguraian bahan organik tanpa oksigen atau bersifat anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan yang dapat terbiodegradasi seperti biomassa, kotoran ternak, limbah, limbah kota, limbah hijau, bahan tanaman, dan tanaman. Biogas juga dihasilkan dengan mengubah kotoran sapi melalui pencernaan anaerob menjadi biogas metana. Satu sapi dapat menghasilkan pupuk yang cukup dalam satu hari untuk menghasilkan tiga kilowatt jam listrik, sedangkan hanya 2,4 kilowatt jam listrik diperlukan untuk menyalakan seratus watt bola lampu per hari. Di beberapa bagian dunia, seperti Nepal, biogas adalah sumber listrik pedesaan yang andal. Juga, dengan mengubah kotoran sapi menjadi biogas metana dengan membiarkannya membusuk, gas penyebab pemanasan global dapat dikurangi dengan 99 juta metrik ton atau 4 persen. Selanjutnya, biogas dapat digunakan untuk



menghasilkan listrik pada pekerjaan pembuangan limbah dengan gabungan panas dan mesin listrik (CHP), di mana limbah panas dari mesin mudah digunakan untuk memanaskan digester, memasak, memanaskan ruang, memanaskan air, dan memproses pemanas. Jika dikompresi, dapat digunakan sebagai bahan bakar di mesin pembakaran internal atau sel bahan bakar (Ipeghan, *et. al.*, 13).

Biogas sangat cocok digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan pengganti minyak tanah, LPG, batu bara maupun bahan-bahan lain yang berasal dari fosil. Biogas banyak mengandung pengotor sehingga mempengaruhi karakteristik dari biogas tersebut. Jika biogas dibersihkan dari pengotor secara baik akan memiliki karakteristik yang sama dengan gas alam. Komponen pengotor berupa air ( $H_2O$ ), hidrogen sulfide ( $H_2S$ ), karbondioksida ( $CO_2$ ) dan beberapa partikulat harus dihilangkan untuk mencapai gas kualitas pipeline (Wahyudi, *et. all.*, 2012).

Biogas merupakan gas yang mudah terbakar (*flamable*) yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob. Biogas yang berasal dari limbah rumah tangga, kotoran hewan (sapi, babi, ayam), dan sampah organik. Menurut beberapa literatur sejarah keberadaan biogas sendiri sebenarnya sudah ada sejak kebudayaan Mesir, China, dan Romawi Kuno. Masyarakat pada waktu itu diketahui telah memanfaatkan gas alam ini yang dibakar untuk menghasilkan panas. Namun, orang pertama yang mengaitkan gas bakar ini dengan proses pembusukan bahan sayuran adalah Alessandro Volta (1776), sedangkan Willam Henry pada 1806 mengidentifikasi gas yang dapat terbakar tersebut sebagai met-



han. Becham (1868), murid Louis Pasteur dan Tappeiner (1882), memperlihatkan asal muasal mikrobiologis dari pembentukan metan (Krisno dan Muizuddin, 2012, 2).

Biogas merupakan bahan bakar yang bersih karena tidak menghasilkan asap (seperti halnya kayu, arang). Biogas dapat digunakan untuk mengganti minyak atau termasuk gas alami. Pembuatan biogas lebih bagus pada suhu 32-37°C (Elizabeth, t.th.).

Proses pembentukan biogas dipengaruhi tiga kelompok bakteri, yaitu:

1. Kelompok bakteri fermentatif yaitu Steptococci, Bacteriodes, dan beberapa jenis Enterobactericeae.
2. Kelompok bakteri asetogenik berupa Desulfovibrio.
3. Kelompok bakteri metana yaitu Mathanobacterium, Mathanobacillus, Methanosacaria, dan Methanococcus (Krisno dan Muizuddin, 2012: 5).

Pembicaraan tentang bahan bakar sangat menarik untuk dibicarakan, mengingat kebutuhan semakin meningkat tetapi persediaan semakin menipis dan harga yang semakin melonjak. Untuk mengatasi hal tersebut maka harus ada cara mencari alternatif pengganti, yaitu dengan pemanfaatan *renewable energy* atau energi yang dapat diperbarui dan digunakan untuk menggantikan pemakaian bahan bakar minyak atau gas alam (*fossil fuels*).

Pemanfaatan limbah dari peternakan salah satu alternatif yang biasa digunakan. Limbah akan bernilai ekonomis bila diolah dengan baik. Selama ini pengolahan limbah dilakukan untuk membuat pupuk organik tetapi belum dapat menghasilkan lingkungan yang sehat karena akan menimbulkan bau dan gangguan pernapasan. Bau yang





menyengat yang ditimbulkan dari kotoran ternak akan mengganggu pernapasan yang menyebabkan gangguan kesehatan (Aditywaman, dkk., 2015: 171) .

Biogas merupakan campuran gas yang tidak berwarna dan sifatnya mudah terbakar dan diperoleh secara anaerobik dari bahan limbah organik, yang terdiri dari metana berkisar 50-70 persen, karbon dioksida 30-40 persen dan jejak gas lainnya. Peningkatan permintaan dan penggunaan bahan bakar untuk transportasi dan pembangkit listrik di banyak negara. Bahan bakar fosil yang digunakan selama ini tidak ramah lingkungan dan juga mahal. Mengatasi hal tersebut digunakan sumber energi alternatif dan ramah lingkungan seperti biogas (F. C. Onwuliri, dkk., 2013: 1).

Tabel 1. Komponen-komponen biogas

No	Nama gas	Rumus kimia	Jumlah
1	Gas metan	CH <sub>4</sub>	54 % - 70 %
2	Karbondioksida	CO <sub>2</sub>	27 % - 45 %
3	Nitrogen	N <sub>2</sub>	3 % - 5 %
4	Hidrogen	H <sub>2</sub>	1 % - 0 %
5	Karbon monoksida	CO	0.1 %
6	Oksigen	O <sub>2</sub>	0.1 %
7	Hidrogen sulfida	H <sub>2</sub> S	Sedikit

Sumber: Widarto dan Sudarto, 1997.

Bahan bakar fosil menyediakan sebagian besar sumber energi utama dunia. Bahan bakar ini adalah sumber daya alam yang tidak terbarukan dengan pemakaian yang terus-menerus, pasokan bahan bakar fosil (terutama minyak dan gas) akan segera habis sepenuhnya. Selain itu, meningkat-



nya biaya minyak dan produk-produk terkait telah memicu kebutuhan untuk mengembangkan sumber energi alternatif, salah satunya adalah produksi biogas (Adiotomreand and Ukrakpor, 2015: 52). Biogas merupakan campuran gas yang tidak berwarna dan mudah terbakar yang diperoleh dari pencernaan anaerobik dari bahan limbah organik. Ini adalah sumber energi alternatif. Komposisi utama biogas adalah metana ( $\text{CH}_4$ ) 50-70%. Ini dapat digunakan untuk memasak dan pembangkit listrik, sedangkan residu dari proses digunakan sebagai pupuk (F. C. Onwuliri, dkk., 2013: 1).

Kritis energi dan lemahnya kemampuan pemerintah untuk menyediakan subsidi, maka kita dituntut melakukannya inovasi agar keamanan pasokan energi dalam negeri terjamin, sehingga tidak menimbulkan keresahan dan gejolak di masyarakat. Salah satu jenis bahan bakar alternatif yang dimaksud adalah bioenergi. Bioenergi selain bisa diperbarui bersifat ramah lingkungan, dapat terurai, mampu mengeliminasi efek rumah kaca dan kontinuitas bahan baku cukup terjamin (Widaningsih, 2014: 29).

Prasetio dalam Muhammad (2016) menyatakan sampai saat ini pemanfaatan limbah kotoran ternak sebagai sumber bahan bakar dalam bentuk biogas ataupun bioarang sangat kurang karena teknologi dan produk tersebut merupakan hal yang baru di masyarakat. Padahal biogas merupakan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan terbarukan, dapat dibakar seperti gas elpiji (LPG) dan dapat digunakan sebagai sumber energi penggerak generator listrik. Prospek pengembangan teknologi biogas ini sangat besar terutama di daerah pedesaan di mana sebagian besarnya masyarakat bekerja di bidang peternakan



dan pertanian. Pada umumnya masyarakat yang berprofesi sebagai petani mempunyai hewan ternak seperti unggas, kambing, sapi, kerbau, dan lain-lain. Selama ini limbah kotoran ternak hanya dimanfaatkan sebagai pupuk itu pun kurang optimal. Limbah kotoran ternak yang menumpuk menimbulkan efek pencemaran seperti pencemaran terhadap air tanah, pencemaran terhadap udara, dan memicu timbulnya efek rumah kaca.

Kotoran ternak yang tidak tepat pembuangannya maka dapat menyebabkan masalah lingkungan dan kesehatan seperti: kontaminasi patogen, bau, amonia udara, efek rumah kaca, dan lain-lain. Kotoran sapi dalam jumlah besar dihasilkan dari peternakan penggemukan meningkat setiap tahun, sebagian besar dibuang ke *landfill* atau ke tanah tanpa perawatan. Pengolahan secara anaerobik merupakan alternatif untuk mengolah limbah tersebut menjadi biogas. Biogas yang dihasilkan mengandung terutama metana dan karbon dioksida, dan dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan (Abubakar and Ismail, 2012: 169).

Pemanfaatan limbah sebagai sumber energi alternatif belum merupakan carayang umum dilakukan, terutama limbah yang bersumber dari kegiatan peternakan dengan kapasitas yang besar. Untuk itu, limbah yang dibuang ke lingkungan mempunyai sifat dan karakteristik tertentu dan cukup potensial menimbulkan dampak merugikan pada lingkungan sehingga perlu dilakukan penanganan kembali.

Manfaat limbah kotoran sapi sebagai energi alternatif, yaitu:

- (a) Persetujuan dalam Protokol Kyota perlu menurunkan emisi CO.



- (b) Peningkatan kebutuhan bahan bakar pada negara-negara berkembang, Indonesia, China, dan India semakin pesat sedangkan pada kenyataan bahwa produksi bahan bakar minyak dunia telah mencapai titik.
- (c) Dimulainya konflik politik dan militer yang dipicu oleh karena perebutan sumber minyak (Hariati, 2006: 161).

Satu ekor sapi menghasilkan kotoran berupa padatan sebanyak 6-7,5 kg per hari dan cairan sebanyak 5-10 liter per hari. Kotoran sapi baik padatan dan cairan belum dimanfaatkan secara maksimal, masyarakat baru menggunakan sebagai bahan pupuk kompos (hayati).

Ada tiga kelompok bakteri yang berperan dalam proses pembentukan biogas, yaitu:

1. Kelompok yang termasuk bakteri fermentatif yaitu *stptococci*, *bacteriodes*, dan beberapa jenis *enterobacteriaceae*.
2. Kelompok bakteri *asetogenik*: *desulfovibrio*.
3. Kelompok bakteri yang termasuk bakteri metana yaitu *mathanobacterium*, *mathanobacillus*, *methanosacarrria* dan *methanococus* (Krista dan Muizuddin, 2012: 5).

Kelompok bakteri metana: *mathanobacterium*, *mathanobacillus*, *methanosacaria*, dan *methanococcus*. Bakteri methanogen secara alami dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti: air bersih, endapan air laut, sapi, kambing, lumpur (*sludge*) kotoran anaerob ataupun TPA (Tempat Pembuangan Akhir). Biokonversi limbah organik ini melibatkan proses fermentasi. Proses biokonversi seperti ini dikenal pula sebagai proses pencernaan anaerob. Secara kimiawi, proses terbentuknya biogas berupa metana dan karbondioksida



sebagai berikut:

1. Untuk substrat berupa selulosa  
 $(C_6 H_{10} O_5)_n + n H_2O \longrightarrow 3n CO_2 + 3n CH_4$
2. Untuk substrat berupa senyawa kompleks seperti lignin, tanin, dan polimer aromatic
3.  $C_6 H_5 COOH + 18 H_2 O \longrightarrow 15 CH_4 + CO_2$   
 (Krisno dan Muazuddin, 2014)

### Pemanfaatan Biogas

Biogas dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi pada kompor gas, lampu petromak, menggerakkan motor bakar (energi mekanis/listrik) dengan kebutuhan biogas seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Pemanfaatan Biogas

Pemanfaatan Biogas	Referensi	Hasil Pengukuran
- Lampu penerangan (m <sup>3</sup> / jam)	0,11 – 0,15 (penerangan setara dengan 60 watt	0,15 – 0,3 Tekanan = 30 – 60 mmH <sub>2</sub> O
- Kompor gas (m <sup>3</sup> / jam)	lampu bohlam ≅100 candle power ≅ 620 lumen).	0,2 – 0,4 Tekanan = 60 – 85 mm H <sub>2</sub> O
- Energi listrik	Tekanan: 70 – 85 mm H <sub>2</sub> O	0,55 m <sup>3</sup> biogas/kwh
Algen gas generator (700 W)		0,40 m <sup>3</sup> biogas/kwh
Algen gas generator (1.500 W)	0,2 – 0,45	100 ml solar,
Modifikasi diesel engine 6HP(3000 W)	0,3 m <sup>3</sup> /orang/hari Tekanan: 75 – 90 mmH <sub>2</sub> O 0,5 m <sup>3</sup> biogas/kwh 0,35 m <sup>3</sup> biogas/kwh perbandingan solar: biogas = 10 : 9	0,39 m <sup>3</sup> biogas/kwh



## D. PARTICIPATION ACTION RESEARCH (PAR)

*Participatory Action Research* (PAR) adalah istilah yang memuat seperangkat asumsi yang mendasari paradigma baru ilmu pengetahuan dan bertentangan dengan paradigma pengetahuan tradisional atau kuno. Asumsi-asumsi baru tersebut menggaris bawahi arti penting proses sosial dan kolektif dalam mencapai kesimpulan-kesimpulan mengenai “apa kasus yang sedang terjadi” dan “apa implikasi perubahannya” yang dipandang berguna oleh orang-orang yang berbeda pada situasi problematis, dalam mengantarkan untuk melakukan penelitian awal (Agus Afandi, dkk., 2016: 90).

Pada dasarnya, PAR merupakan penelitian yang melibatkan secara aktif semua pihak-pihak yang relevan (*stakeholders*) dalam mengkaji tindakan yang sedang berlangsung (di mana pengalaman mereka sendiri sebagai persoalan) dalam rangka melakukan perubahan dan perbaikan ke arah yang lebih baik. Untuk itu, mereka harus melakukan refleksi kritis terhadap konteks sejarah, politik, budaya, ekonomi, geografis, dan konteks lain-lain terkait.

Menurut Yoland Wadworth, *Participatory Action Research* (PAR) adalah istilah yang memuat seperangkat asumsi yang mendasari paradigma baru ilmu pengetahuan dan bertentangan dengan paradigma pengetahuan tradisional atau kuno. Asumsi-asumsi baru tersebut menggaris bawahi arti penting proses sosial dan kolektif dalam mencapai kesimpulan-kesimpulan mengenai “apa kasus yang sedang terjadi” dan “apa implikasi perubahannya” yang dipandang berguna oleh orang-orang yang berbeda pada situasi problematis, dalam mengantarkan untuk melaku-



kan penelitian awal.

Pada dasarnya, PAR merupakan penelitian yang melibatkan secara aktif semua pihak-pihak yang relevan (*stakeholders*) dalam mengkaji tindakan yang sedang berlangsung (di mana pengalaman mereka sendiri sebagai persoalan) dalam rangka melakukan perubahan dan perbaikan ke arah yang lebih baik. Untuk itu, mereka harus melakukan refleksi kritis terhadap konteks sejarah, politik, budaya, ekonomi, geografis, dan konteks lain-lain yang terkait. Yang mendasari dilakukannya PAR adalah kebutuhan kita untuk mendapatkan perubahan yang diinginkan (LPM IAIN Sunan Ampel Surabaya, 2008: 27).

Strategi PAR, sebagai berikut:

- a) Memulai dengan tindakan mikro yang memiliki konteks makro/global.
- b) Mengembangkan penguasaan pengetahuan teknis masyarakat.
- c) Membangun kembali kelembagaan masyarakat.
- d) Pengembangan kesadaran masyarakat melalui pendidikan yang transformatif.
- e) Meningkatkan partisipasi masyarakat dalam menentukan penguasaan dan pengelolaan serta kontrol terhadap sumber daya alam dan manusia (terutama sumber daya ekonomi).
- f) Pengembangan sektor ekonomi strategis sesuai dengan kondisi lokal (daerah).
- g) Mengembangkan pendekatan kewilayahan/kawasan yang lebih menekankan pada kesamaan dan perbedaan potensi yang dimiliki.
- h) Membangun jaringan ekonomi strategis yang berfungsi untuk mengembangkan kerja sama dalam mengatasi



keterbatasan-keterbatasan baik dalam bidang produksi, pemasaran, teknologi, dan permodalan (LPM IAIN Sunan Ampel Surabaya, 2008: 30-31).

*Participatory Action Research* (PAR) adalah istilah yang memuat seperangkat asumsi yang mendasari paradigma baru ilmu pengetahuan dan bertentangan dengan paradigma pengetahuan tradisional atau kuno. Asumsi-asumsi baru tersebut menggarisbawahi arti penting proses sosial dan kolektif dalam mencapai kesimpulan-kesimpulan mengenai “apa kasus yang sedang terjadi” dan “apa implikasi perubahannya” yang dipandang berguna oleh orang-orang yang berbeda pada situasi problematis, dalam mengantarkan untuk melakukan penelitian awal (Agus afandi, dkk., 2013: 41).

Terdapat 16 prinsip kerja PAR yang menjadi karakter utama dalam implementasi kerja PAR bersama komunitas. Adapun 16 prinsip kerja tersebut adalah terurai sebagai berikut:

1. Sebuah praktik untuk meningkatkan dan memperbaiki kehidupan sosial dan praktik-praktiknya, dengan cara mengubahnya dan melakukan refleksi dari akibat perubahan-perubahan itu untuk melakukan aksi lebih lanjut secara berkesinambungan.
2. Secara keseluruhan merupakan partisipasi yang murni (autentik) membentuk sebuah siklus (lingkaran) yang berkesinambungan dimulai dari: analisis sosial, rencana aksi, aksi, evaluasi, refleksi (teoretis pengalaman) dan kemudian analisis sosial kembali begitu seterusnya mengikuti proses siklus lagi. Proses dapat dimulai dengan cara yang berbeda.





3. Kerja sama untuk melakukan perubahan: melibatkan semua pihak yang memiliki tanggung jawab (*stakeholder*) atas perubahan dalam upaya-upaya untuk meningkatkan kemampuan mereka dan secara terus-menerus memperluas dan memperbanyak kelompok kerja sama untuk menyelesaikan masalah dalam persoalan yang digarap.
4. Melakukan upaya penyadaran terhadap komunitas tentang situasi dan kondisi yang sedang mereka alami melalui pelibatan mereka dalam berpartisipasi dan bekerja sama pada semua proses *research*, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, evaluasi, dan refleksi. Proses penyadaran ditentukan pada pengungkapan relasi sosial yang ada di masyarakat yang bersifat mendominasi, membelenggu, dan menindas.
5. Suatu proses untuk membangun pemahaman situasi dan kondisi sosial secara kritis yaitu, upaya menciptakan pemahaman bersama terhadap situasi dan kondisi yang ada di masyarakat secara partisipatif menggunakan nalar yang cerdas dalam mendiskusikan tindakan mereka dalam upaya untuk melakukan perubahan sosial yang cukup signifikan.
6. Merupakan proses yang melibatkan sebanyak mungkin orang dalam teoretisasi kehidupan sosial mereka. Dalam hal ini masyarakat dipandang lebih tahu terhadap persoalan dan pengalaman yang mereka hadapi untuk pendapat-pendapat mereka harus dihargai dan solusi-solusi sedapat mungkin harus diambil dari mereka sendiri berdasarkan pengalaman mereka sendiri.
7. Menempatkan pengalaman, gagasan, pandangan dan asumsi sosial individu maupun kelompok untuk diuji.



Apapun pengalaman, gagasan, pandangan, dan asumsi tentang institusi-institusi sosial yang dimiliki oleh individu maupun kelompok dalam masyarakat harus siap sedia untuk dapat diuji dan dibuktikan keakuratan dan kebenarannya berdasarkan fakta-fakta, bukti-bukti dan keterangan-keterangan yang diperoleh di dalam masyarakat itu sendiri.

8. Mensyaratkan dibuat rekaman proses secara cermat. Semua yang terjadi dalam proses analisis sosial, harus direkam dengan berbagai alat rekam yang ada atau yang tersedia untuk kemudian hasil rekam-rekam itu dikelola dan diramu sedemikian rupa, sehingga mampu mendapatkan data tentang pendapat, penilaian, reaksi dan kesan individu maupun kelompok sosial alam masyarakat terhadap persoalan yang sedang terjadi secara akurat, untuk selanjutnya analisis kritis yang cermat dapat dilakukan terhadapnya.
9. Semua orang harus menjadikan pengalamannya sebagai objek riset. Semua individu dan kelompok-kelompok dalam masyarakat didorong untuk mengembangkan dan meningkatkan praktik-praktik sosial mereka sendiri berdasarkan pengalaman-pengalaman sebelumnya, yang telah dikaji secara kritis.
10. Merupakan proses politik dalam arti luas diakui bahwa riset aksi ditujukan terutama untuk melakukan perubahan sosial di masyarakat. Karena itu mau tidak mau hal ini akan mengancam eksistensi individu maupun kelompok masyarakat yang saat itu sedang memperoleh kenikmatan dalam situasi yang membelenggu, menindas, dan penuh dominasi. Agen perubahan sosial harus mampu menghadapi dan meyakinkan mereka



secara bijak, bahwa perubahan sosial yang akan diupayakan bersama adalah demi kepentingan mereka sendiri di masa yang akan datang.

11. Mensyaratkan adanya analisis relasi sosial secara kritis. Melibatkan dan memperbanyakan kelompok kerja sama secara partisipatif dalam mengurai dan mengungkap pengalaman-pengalaman mereka dalam berkomunikasi, membuat keputusan dan menemukan solusi, dalam upaya menciptakan kesepahaman yang lebih baik, lebih adil, dan lebih rasional terhadap persoalan-persoalan yang sedang terjadi di masyarakat, sehingga relasi sosial yang ada dapat diubah menjadi relasi sosial yang lebih adil, tanpa dominasi, dan tanpa belenggu.
12. Memulai isu-isu kecil dan mengaitkan dengan relasi-relasi yang lebih luas. Penelitian sosial berbasis PAR harus memulai penyelidikannya terhadap sesuatu persoalan yang kecil untuk melakukan perubahan terhadapnya betapa pun kecilnya, untuk selanjutnya melakukan penyelidikan terhadap suatu persoalan berskala yang lebih besar dengan melakukan perubahan yang lebih besar pula dan seterusnya. Kemampuan dalam meneliti dan melakukan perubahan dalam suatu persoalan betapa pun kecilnya merupakan indikator kemampuan awal seorang fasilitator dalam menyelesaikan persoalan yang lebih besar.
13. Memulai dengan siklus proses yang kecil (analisis sosial, rencana aksi, aksi, evaluasi, refleksi, analisis sosial, dan seterusnya). Melalui kajian yang cermat dan akurat terhadap suatu persoalan berangkat dari hal yang terkecil akan diperoleh hasil-hasil yang merupakan



pedoman untuk melangkah selanjutnya yang dapat digunakan untuk menyelesaikan persoalan-persoalan yang lebih besar.

14. Memulai dengan kelompok sosial yang kecil untuk berkolaborasi dan secara lebih luas dengan kekuatan-kekuatan kritis lain. Dalam melakukan proses PAR peneliti harus memperhatikan dan melibatkan kelompok kecil di masyarakat sebagai *partner* yang ikut berpartisipasi dalam semua proses penelitian meliputi analisis sosial, rencana aksi, aksi evaluasi dan refleksi dalam rangka melakukan perubahan sosial. Selanjutnya partisipasi terus diperluas dan diperbanyak melalui melibatkan dan kerja sama dengan kelompok-kelompok masyarakat yang lebih besar untuk mengkritisi terhadap proses-proses yang sedang berlangsung.
15. Mensyaratkan semua orang mencermati dan membuat rekaman proses. PAR menjunjung tinggi keakuratan fakta-fakta, data-data dan keterangan-keterangan langsung dari individu maupun kelompok masyarakat mengenai situasi dan kondisi pengalaman mereka-mereka sendiri, karena itu semua bukti-bukti tersebut seharusnya direkam dan dicatat mulai awal sampai akhir oleh semua yang terlibat dalam proses perubahan sosial untuk mengetahui proses perkembangan dan perubahan sosial yang sedang berlangsung, dan selanjutnya melakukan refleksi terhadapnya sebagai landasan untuk melakukan perubahan sosial berikutnya.
16. Mensyaratkan semua orang memberikan alasan rasional yang mendasari kerja sosial mereka. PAR adalah suatu pendekatan dalam penelitian yang mendasarkan dirinya pada fakta-fakta yang sungguh-sungguh terjadi



di lapangan. Untuk itu proses pengumpulan data harus dilakukan secara cermat untuk selanjutnya proses refleksi kritis dilakukan terhadapnya, dalam upaya menguji seberapa jauh proses pengumpulan data tersebut telah dilakukan sesuai dengan standar baku dalam penelitian sosial (Agus afandi, dkk., 2013, 50-53).

## E. PENELITIAN TERDAHULU

1. Penelitian yang dilakukan Onwuliri, dkk., dengan 4 perlakuan, dan perlakuan yang memberikan air kapur dan disimpan pada suhu kamar memberikan hasil yang lebih baik, dibanding dengan pemanasan pada suhu tertentu, pemanasan di panas matahari, dan suhu lebih rendah (F. C. Onwuliri, 2013: 2).
2. Penelitian yang dilakukan Adiotomreand dan. Ukrakpor, membuat biogas dari sampah dapur dan kotoran sapi, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sampah dapur menghasilkan biogas yang sama baik dengan kotoran sapi (Adiotomreand Ukrakpor, 2015; 52).
3. Efektivitas kotoran sapi untuk produksi biogas menggunakan skala laboratorium 10L bioreaktor bekerja dalam mode batch dan semi-kontinyu pada 53°C, menetapkan bahwa kotoran sapi memproduksi biogas yang tertinggi (Abubakar dan Ismail, 2012; 169).
4. Penelitian yang dilakukan Widaningsih (2014; 28), menyatakan bahwa partisipasi masyarakat dalam pembentukan desa mandiri energi ini kerja sama dengan pemerintah desa yaitu melakukan sosialisasi, pembentukan tenaga terampil biogas, meningkatkan kerja sama dengan pihak luar diantaranya kerja sama dengan perguruan tinggi dalam hal penyuluhan pengelolaan instalasi



biogas, kerja sama dengan PLN dalam hal bantuan geset untuk listrik di desa dan lembaga-lembaga swadaya masyarakat bidang pengembangan energi alternatif serta pengembangan jaringan kerja sama dengan Desa Mandiri Energi di daerah lain. Peneliti memberikan beberapa saran, sebagai berikut: meningkatkan potensi kelompok peternak, meningkatkan peranan Lembaga Keuangan Mikro (LKM-USaha Peternakan) yang ada dikelompok peternak sapi, serta meningkatkan ikatan sosial antar-sesama anggota masyarakat dengan cara pembangunan Bengkel Kerja Biogas yang dikelola oleh masyarakat (RTM dan Remaja Putus Sekolah/Korban PHK) yang mampu menghasilkan kebutuhan instalasi biogas.





## Bab 3

# METODOLOGI

---

## A. JENIS PENGABDIAN

*Participatory Action Research* (PAR) adalah istilah yang memuat seperangkat asumsi yang mendasari paradigma baru ilmu pengetahuan dan bertentangan dengan paradigma pengetahuan tradisional atau kuno. Asumsi-asumsi baru tersebut menggarisbawahi arti penting proses sosial dan kolektif dalam mencapai kesimpulan-kesimpulan mengenai “apa kasus yang sedang terjadi” dan “apa implikasi perubahannya” yang dipandang berguna oleh orang-orang yang berbeda pada situasi problematis, dalam mengantarkan untuk melakukan penelitian awal (Agus Afandi, dkk., 2016, 41-42).

*Participatory action research* adalah “penelitian oleh, dengan, dan untuk orang” bukan “penelitian terhadap orang”. PAR (*Participatory Action Research*) adalah partisipatif dalam arti bahwa ini adalah sebuah kondisi yang diperlukan di mana orang memainkan peran kunci di dalamnya dan memiliki informasi yang relevan tentang sistem sosial (komunitas) yang tengah berada di bawah peng-

kajian, dan bahwa mereka berpartisipasi dalam rancangan dan implementasi rencana aksi itu didasarkan pada hasil penelitian (Agus Afandi, dkk., 2016: 57).

Pelaksanaan pengabdian dilakukan atas masalah yang terdapat di Desa Sijungking yaitu kehidupan yang masih kategori miskin, kotoran sapi yang dihasilkan hanya dimanfaatkan untuk kompos yang masih menimbulkan bau dan pemanfaatan yang tidak optimal. Dari masalah yang muncul maka tim pengabdian bersama masyarakat (kelompok tani), kepala desa dan perangkat desa untuk memanfaatkan kotoran sapi menjadi biogas yang akan menjadi sumber energi alternatif yang akan dimanfaatkan dapat memenuhi kebutuhan desa, karena selama ini pada umumnya masyarakat desa masih memasak menggunakan kayu bakar dan penggunaan listrik juga sangat terbatas, sehingga walau malam penerangan di dalam rumah masih redup karena keterbatasan ekonomi.

Adapun kegiatan-kegiatan yang dilakukan adalah pendampingan, penyuluhan, dan pemanfaatan biogas yang dihasilkan.

1. Penyuluhan akan dampak negatif limbah kotoran sapi yang dihasilkan selama ini, baik dari segi bau yang ditimbulkan dan juga untuk kesehatan.
2. Pendampingan kelompok tani dalam pembuatan biogas dan kompos yang memiliki nilai tambah untuk peningkatan pendapatan.
3. Bersama-sama membuat biogas dari pembuatan kompos yang dilakukan. Selama ini hanya menghasilkan kompos saja, tetapi dengan pendampingan, maka akan dihasilkan juga biogas.
4. Pemanfaatan biogas yang dihasilkan.

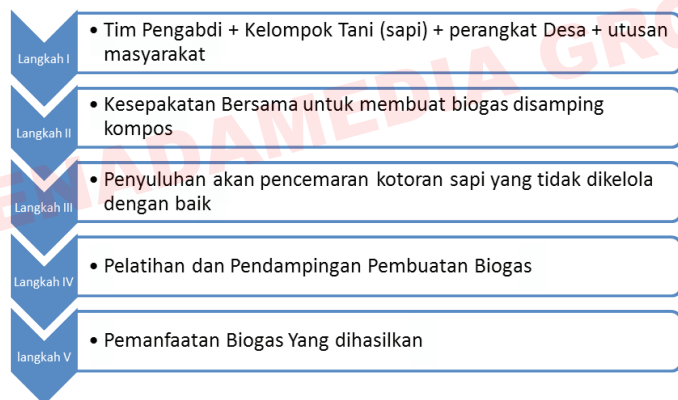






Gambar. 7. Pemanfaatan Biogas yang dihasilkan

## B. PROSEDUR PELAKSANAAN PENGABDIAN



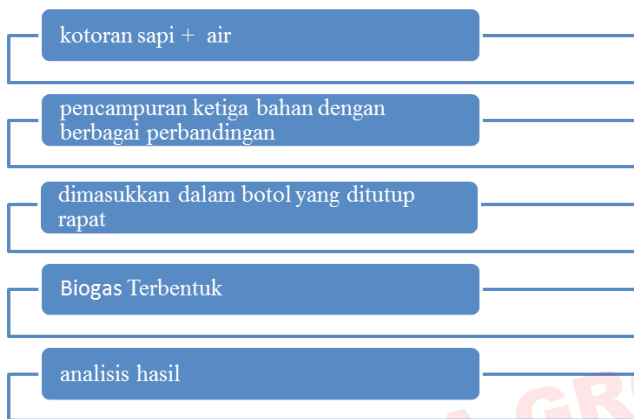
Gambar. 8. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

### Pembuatan Biogas

Bahan-bahan yang dibutuhkan adalah kotoran sapi, cairan rumen perut sapi, dan air, sedangkan peralatan yang digunakan adalah botol plastik, gelas ukur, selang



plastik, karet penutup botol, klip penjepit, boks air plastik, kawat, statif, dan klem.



**Gambar. 9. Prosedur Pembuatan Biogas**

Untuk pembuatan biogas akan dilakukan penelitian terdahulu, dengan mencampurkan kotoran sapi, dan air dengan berbagai perbandingan. Perbandingan yang tertinggi menghasilkan biogas akan dipakai untuk pembuatan biogas selanjutnya.

### **C. KETERLIBATAN STAKEHOLDER**

Pelaksanaan kegiatan akan melibatkan pemerintah daerah dalam hal ini dengan kepala desa, penyuluh pertanian, tokoh adat, dinas peternakan. Sebelum dilakukan kegiatan masyarakat telah menyampaikan masalah-masalah di Desa Sijungkgang, keadaan perekonomian, bantuan sapi yang mereka peroleh, bagaimana untuk menghasilkan uang tanpa menjual sapi bantuan tersebut. Dari pertemuan



yang dilakukan dengan masyarakat (masyarakat kelompok tani ternak sapi, kepala desa, dan perangkat desa) maka untuk meningkatkan pendapatan dan pemanfaatan secara maksimal kotoran sapi disepakati untuk membuat biogas, sedangkan dalam pelaksanaan penyuluhan dan pelatihan akan melibatkan dinas peternakan, penyuluh dan tim pengabdian sendiri juga akan mengundang pemerintah daerah di desa Si Jungkang, Tapanuli Selatan.

**Tabel 3. Keterlibatan Stakeholder**

No	Stakeholder	Keterlibatan
1	Pemerintah Daerah (kepala desa)	Sebagai wadah perantara masyarakat dalam menjawab permasalahan-permasalahan yang terjadi
2	Tokoh adat, hatobangon, dan tokoh agama	Diharapkan sebagai perangkul masyarakat untuk ikut program pengabdian ini
3	Dinas Peternakan	Membantu dalam penyuluhan-penyuluhan yang dilakukan
3	Penyuluh	Membantu tim untuk memasyarakatkan program yang akan dilaksanakan
4	Petani	Sebagai pasar untuk pupuk kompos yang dihasilkan
5	Masyarakat Sijungkang	Sebagai penerima manfaat dari pembuatan biogas

**Tabel 4. Resources**

Nama Lengkap	:	Dr. Lelya Hilda, M.Si.
Jabatan	:	Ketua Tim
Fakultas	:	Tarbiyah dan Ilmu Keguruan
Bidang Keahlian	:	Sains dan Teknologi
Tugas dalam Kegiatan	:	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identifikasi permasalahan masyarakat</li> <li>▪ Mengoordinasi semua kegiatan dan tahapan kegiatan</li> <li>▪ Partisipasi dalam pelatihan dan penyuluhan</li> <li>▪ Membimbing pelatihan terhadap masyarakat pembuatan biogas</li> </ul>



Nama Lengkap	:	Dra. Rosimah Lubis, M.Pd.
Jabatan	:	Anggota Pengusul 1
Fakultas	:	Tarbiyah dan Ilmu Keguruan
Bidang Keahlian	:	Manajemen Pendidikan
Tugas dalam Kegiatan	:	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Identifikasi permasalahan masyarakat</li><li>▪ Mengoordinasi semua kegiatan dan tahapan kegiatan</li><li>▪ Membimbing pelatihan terhadap masyarakat</li><li>▪ Membantu ketua dalam proses pelaksanaan pengabdian</li></ul>

PRENADAMEDIA GROUP





## Bab 4

# HASIL DAN PEMBAHASAN

---

Secara umum pembangkit listrik berbasis energi terbarukan masih menghadapi beberapa hambatan dalam perkembangannya di antaranya karena faktor:

1. Masih menemui kendala keekonomian karena beberapa komponennya belum diproduksi massal secara nasional, kandungan lokalnya masih minim, sehingga komponen-komponen yang ada memiliki harga yang mahal dan tentunya memiliki biaya investasi yang tinggi pula.
2. Harga jual tarif pembangkit listrik ET kemasayarakat masih tergolong tinggi jika dibandingkan dengan energi fosil, misalnya minyak bumi, solar, dan batu bara, di Indonesia masih tergolong rendah.
3. Banyak teknologi untuk pembangunan dan pengelolaan ET yang belum dikuasai oleh tenaga ahli di Indonesia.
4. Beberapa pembangkit listrik ET memiliki keterbatasan untuk mengimbangi pertumbuhan beban listrik yang cepat dan besar seperti PLTS dan PLT Bioenergi.
5. Masih terbatasnya studi dan penelitian yang dilakukan

untuk mengembangkan teknologi ET. Selain itu penelitian tersebut juga terkendala oleh biaya dan sumber daya manusia.

6. Hal lain yang menguntungkan namun menjadi kelemahan Indonesia adalah khususnya potensi panas bumi, wilayah *ring of fire* yang membentang dari Sumatera, Jawa sampai Sulawesi memiliki medan yang cukup sulit untuk ditempuh dan dijangkau serta memerlukan waktu yang lama untuk membuka jalan dalam memproduksi energi terbarukan.
7. Kondisi letak geografis Indonesia yang membawa keuntungan dalam hal energi pun disisi lain juga membawa kelemahan dalam hal pengembangan dikarenakan Indonesia terdiri dari ribuan pulau yang terpisahkan oleh laut dan selat. Ini dapat menyebabkan pembangunan infrastruktur produksi dan distribusi energi menjadi lebih sulit di karenakan harus terpartisi di setiap daerah yang berbeda.
8. Kondisi sosial masyarakat setempat yang terkadang menjadi penghalang dalam pembangunan sumber energi terbarukan (Wiwaha, 2015).

## A. DISKUSI TIM PENGABDI

Sebelum dilakukan pengabdian kerja sama dengan masyarakat peternak sapi di Desa Sijunggang terlebih dulu Tim Pengabdi merencanakan kegiatan apa yang akan dilakukan dari pertemuan dengan peternak sapi dan masyarakat, penyuluhan, pelaksanaan pengabdian, dan FGD.





Gambar 10. Diskusi Tim Pengabdian

## B. DISKUSI KELOMPOK TANI DENGAN TIM PENGABDI DALAM PELAKSANAAN PENGABDIAN

Pelaksanaan pertemuan yang dilakukan oleh masyarakat dengan tim pengabdian dengan membicarakan apa yang akan terjadi bila limbah-limbah tersebut tidak dikelola dengan baik. Membicarakan manfaat lain yang dihasilkan dari kotoran sapi selain kompos yang telah dikerjakan selama ini walaupun belum maksimal. Pengabdian yang dilakukan tanpa mengurangi pupuk baik dari kotoran padatan maupun cairan dapat dihasilkan biogas sebagai bahan bakar. Biogas dapat dimanfaatkan untuk pengganti kayu bakar sebagai bahan bakar untuk memasak dan juga untuk pembangkit listrik.

Pada umumnya memasak di Desa Sijung kang menggunakan kayu bakar, sedangkan penerangan menggunakan listrik tetapi sering mati dan harganya dianggap mahal bagi masyarakat yang ekonominya sebagai petani.





Gambar 11 . Diskusi dalam Pelaksanaan Pengabdian

### C. PENELITIAN TERDAHULU

Penelitian terdahulu dilakukan untuk menghasilkan komposisi campuran pembuatan biogas dan lamanya waktu dalam menghasilkan biogas maksimal. Hasil penelitian terdahulu dengan mencampurkan kotoran sapi dengan rumen kemudian dengan air menghasilkan biogas tertinggi pada campuran 1:3. Dari hari ke-3 sudah menghasilkan produksi tetapi belum bisa digunakan karena kandungan CO dan CO<sub>2</sub> sangat tinggi, hasil pada hari ke-10 sudah bisa digunakan dan produksi biogas tertinggi pada hari ke-15-16 menghasilkan 5 liter biogas dari kotoran sapi 110 kg dengan kandungan air 220 kg. Hasil semakin kecil tetapi masih menghasilkan sampai hari ke-30.

Hasil penelitian digunakan perbandingan kotoran sapi : air/kotoran sapi : rumen = 1:1, 1: 2, dan 1:3. Dari hasil yang digunakan diperoleh hasil tertinggi pada perbandingan 1: 3, tetapi kandungan CO dan CO<sub>2</sub> tinggi menyebabkan tidak dapat terbakar dengan baik. Adapun 1:2 menghasil-





kan biogas No. 2 tertinggi tetapi kandungan CO dan CO<sub>2</sub> rendah sehingga proses pembakaran baik dan yang terakhir perbandingan 1:1 hasil biogas maksimal yang diperoleh dibutuhkan waktu yang lebih lama akibatnya dapat mengalami kegagalan karena bakterinya mati karena media bakteri biogas terlalu padat.



Gambar 12. Hasil Biogas

Tabel 5. Biogas yang dihasilkan

Hari	1:1	1:2	1:3
1	0.2	0.1	0.1
2	0.3	0.3	0.5
3	0.5	0.6	1.4
4	0.7	0.9	1.8
5	1	1.4	2.5
6	1.2	1.7	2.9

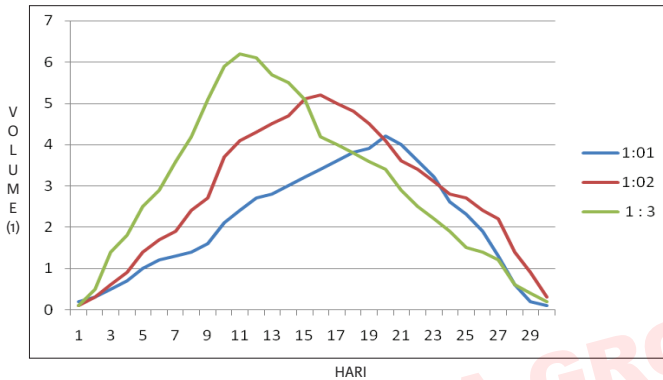


Hari	1:1	1:2	1:3
7	1.3	1.9	3.6
8	1.4	2.4	4.2
9	1.6	2.7	5.1
10	2.1	3.7	5.9
11	2.4	4.1	6.2
12	2.7	4.3	6.1
13	2.8	4.5	5.7
14	3	4.7	5.5
15	3.2	5.1	5.1
16	3.4	5.2	4.2
17	3.6	5	4
18	3.8	4.8	3.8
19	3.9	4.5	3.6
20	4.2	4.1	3.4
21	4	3.6	2.9
22	3.6	3.4	2.5
23	3.2	3.1	2.2
24	2.6	2.8	1.9
25	2.3	2.7	1.5
26	1.9	2.4	1.4
27	1.3	2.2	1.2
28	0.6	1.4	0.6
29	0.2	0.9	0.4
30	0.1	0.3	0.2

Limbah dari kotoran sapi dapat dimanfaatkan sebagai biodiesel untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan untuk memfasilitasi pengembangan pasokan energi yang berkelanjutan. Produksi biogas menghasilkan energi terbarukan yang serba guna, karena metana dapat digunakan untuk penggantian bahan bakar fosil, baik dalam pembangkit listrik maupun panas dan sebagai bahan bakar kendaraan. Peningkatan dan pemanfaatan biogas gas



sebagai bahan bakar kendaraan terbaru atau injeksi ke jaringan gas alam semakin menarik karena gas dapat digunakan dengan cara yang lebih efisien (Weiland, 2010).



Gambar 13. Grafik Penghasilan Biogas

Keseimbangan energi bergantung pada hasil biogas, efisiensi pemanfaatan, dan nilai energi pengganti bahan bakar fosil. Hasil penelitian Poschl dkk., menunjukkan bahwa peningkatan biogas menjadi biometana untuk injeksi ke jaringan gas alam berpotensi meningkatkan input energi primer untuk pemanfaatan biogas hingga 100 persen; efisiensi energi dari sistem biogas meningkat hingga 65 persen ketika gas alam diganti bukannya listrik. Juga ditemukan bahwa, efisiensi energi sistem dapat ditingkatkan lebih lanjut sebesar 5,1-6,1 persen melalui pemulihan sisa biogas dari unit penyimpanan digestate tertutup. (Pöschl, *et. al.*, 2010).

Limbah segar memiliki kadar air yang tinggi (sekitar 80 persen), menjadikannya tidak cocok untuk kebanyakan proses termodinamika dan komposisi yang bervariasi



dan kandungan yang tinggi bahan lingo-selulosa membuatnyatidak menarik untuk fermentasi menjadi etanol atau produk lainnya. Pencernaan anaerob, proses konversi biologis, memiliki sejumlah keunggulan untuk konversi limbah. Pencernaan anaerob adalah proses mikroba yang terjadi tidak adanya oksigen. Dalam proses tersebut akan dihasilkan bahan organik, yaitu metana dan karbon dioksida. Pencernaan anaerob juga memiliki beberapa keuntungan dari sudut pandang pengolahan limbah. Meskipun kandungan total nitrogen dan fosfor tidak berubah secara substansial oleh pencernaan anaerob, efluen dapat diterima untuk perawatan lebih lanjut untuk menghilangkannya. Juga, bakteri coliform, patogen lain, telur serangga, dan parasit internal dihancurkan atau dikurangi ke tingkat yang dapat diterima dalam proses anaerob. Suhu memiliki efek yang signifikan pada laju pencernaan dengan sebagian besar proses terjadi pada suhu dalam kisaran suhu mesofilik 75-100°F, tetapi pencernaan anaerob juga dapat dilakukan pada suhu termofilik (125-140°F). Telah diketahui bahwa termofilik lebih efisien daripada mesofilik dalam hal waktu retensi, laju pemuatan, dan produksi biogas nominal tetapi membutuhkan input energi yang lebih tinggi, teknologi yang lebih mahal, dan sensitivitas yang lebih besar terhadap variabel operasi dan lingkungan, yang membuat prosesnya lebih bermasalah daripada pencernaan mesofilik. Pencernaan anaerob lebih lambat daripada proses pengolahan limbah aerobik, biasanya membutuhkan waktu retensi 10-30 hari untuk pencernaan mesofilik. Hasil biogas berada dalam kisaran 3-8 SCF/lb VS, dan kandungan metana dari biogas biasanya adalah 60-70 persen, dengan keseimbangan sebagian besar CO<sub>2</sub>. Sejumlah ke-



cil hidrogen sulfida ( $H_2S$ ), yang beracun dan korosif, juga diproduksi. Menurut Shamsul dan Naimul Haque (2006), sebuah keluarga beranggotakan 5-8 orang membutuhkan 4-6 sapi untuk menjalankan produksi biogas dalam memenuhi kebutuhan energi memasak sehari-hari. Hal ini dapat membantu mengatasi krisis bahan bakar memasak dan juga, sebagai sumber pupuk organik (Aremu and Agarry, 2012).

Pada umumnya kenaikan kadar air akan meningkatkan produksi biogas, Molekul-molekul air dibutuhkan pada saat tahapan hidrolisis dan asetogenesis. Pada tahapan hidrolisis, dengan bantuan mikroba hidrolitik mendegradasi senyawa organik kompleks yang berupa polimer menjadi monomernya yang berupa senyawa tak terlarut dengan berat molekul yang lebih ringan. Pada tahapan asetogenesis adalah tahapan di mana hasil dari tahapan sebelumnya yaitu asidogenesis, diubah menjadi asam asetat. Etanol, asam propionate, dan asam butirrat diubah menjadi asam asetat oleh bantuan bakteri asetogenik.

Pada proses perubahan asam-asam organik menjadi asam asetat dibutuhkan molekul-molekul air yang eksek maka dengan penambahan air yang lebih banyak akan meningkatkan pembentukan asam asetat yang nantinya akan diubah menjadi gas metana pada tahapan selanjutnya (metanogenesis). Dengan demikian adanya penambahan semakin banyak air dalam sistem, produksi biogas akan meningkat (Saputro, dkk., 2009).

Selama 3 hari pertama pengamatan, biogas berkurang produksi dan terutama karena fase lag mikroba pertumbuhan. Padahal, dalam kisaran 4 hingga 6 hari pengamatan; produksi biogas meningkat secara substansial untuk



pertumbuhan metanogen eksponensial. Biogas tertinggi tingkat produksi 3,4 L diukur pada hari ke-6. Pada tanggal dimulainya pencernaan semi-berkelanjutan, biogas produksi diamati menurun secara signifikan dan, ini mungkin karena daerah pH yang tidak diatur digunakan, yang secara bersamaan menyebabkan peningkatan konsentrasi amonia nitrogen yang mungkin dianggap menghambat proses (Abubakar, dan Ismail, 20-12).

Penelitian Ukpai dan Nabuchi (2012) menunjukkan bahwa pembuatan biogas dari kotoran sapi dengan air menghasilkan biogas kumulatif tertinggi 124,3 L/total massa bubur (TMS). perubahan pH menunjukkan bahwa pada pH netral, puncak tertinggi produksi gas dicapai dan pada kisaran pH sedikit asam, tidak ada produksi gas. Hasil ini menunjukkan bahwa limbah ini dapat menjadi sumber gas terbaru jika dikelola dengan benar karena masing-masing limbah lamban melanjutkan produksi gas setelah 30 hari waktu retensi.

Biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi terdiri dari: CH<sub>4</sub> (55-75%), CO<sub>2</sub> (25-45%), H<sub>2</sub> (1-5%), N<sub>2</sub> (0-0,3%), O<sub>2</sub> (0,1-0,5%), dan H<sub>2</sub>S (0-3%). Jika biogas dibersihkan dari pencemar dengan baik maka biogas akan hilang memiliki karakteristik yang sama dengan gas alam. Komponen air pencemar (H<sub>2</sub>O), hidrogen dan sebagai sulfida (H<sub>2</sub>S), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan beberapa partikulat seharusnya dieliminasi untuk mencapai gas berkualitas pipa. Untuk memahami bagaimana pengaruh level CO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> dari karakteristik pembakaran metana. Pengamatan dilakukan secara eksperimental dengan membakar campuran stoikiometri (gas metana dan udara) dengan persentase CO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> dalam ruang transparan berbentuk persegi



bahan bakar dengan dimensi 500 x 200 x 10 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar CO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> mempengaruhi proses pembakaran, hal itu menyebabkan api biru menjadi pudar. Ini menunjukkan pembakaran tidak sempurna dan kadar CO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> menghambat reaksi tabrakan antara molekul gas metana dan molekul udara. Hasil juga menunjukkan bahwa CO<sub>2</sub> mengurangi kecepatan nyala api ((Wahyudi, *et. all.*, 2012).

Produksi biogas berlangsung dalam empat langkah dasar: hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis dan metanogenesis. Proses pertama hidrolisis, opolimer ukuran besar seperti lemak, karbohidrat, dan protein dipecah menjadi asam lemak, gula sederhana, dan asam amino. Proses kedua ini dilakukan oleh bakterisida. Hidrolisis diikuti oleh asidogenesis di mana alkohol rendah dan asam organik diproduksi melalui fermentasi. Ini termasuk asam lemak volatil (asam asetat, asam butirat, dan propionat), gas-gas seperti karbon dioksida, amonia dan hidrogen dan Aldehida. Pada langkah ketiga (asetogenesis), produk dari asidogenesis dikonversi menjadi asam asetat, hidrogen dan karbon dioksida oleh bakteri asetogenik. Metanogenesis adalah tahap akhir di mana bakteri methanogen dikonversi hidrogen, asam asetat dan karbon dioksida menjadi metana dan karbon dioksida (Matheri *et. all.*, 2016).

Hasil penelitian Latinwoa and Agarryb (2015) menunjukkan bahwa co-pencernaan kotoran sapi dengan kulit pisang sebagai co-substrat mengurangi waktu mulai untuk menghasilkan biogas dan meningkatkan hasil biogas sebesar 18 persen dibandingkan dengan kotoran sapi saja.

Menurut Aremu and Agarry (2012) limbah hewan dan tanaman yang melimpah dapat dihasilkan biogas sebagai



pengganti bahan bakar fosil. Biogas yang dihasilkan dari kotoran hewan (kotoran sapi dan kotoran babi) menghasilkan sumber daya energi yang dapat dimurnikan dan disimpan dalam tabung gas dan digunakan secara efisien untuk konversi panas langsung. Proses ini juga menciptakan residu yang sangat baik yang mempertahankan nilai pupuk dari produk limbah asli. Meningkatnya biaya bahan bakar konvensional mengharuskan eksplorasi sumber energi lainnya. Selain itu, pencarian sumber energi alternatif seperti biogas harus diintensifkan sehingga bencana ekologis seperti penggundulan hutan dan erosi dapat dihindar.

#### D. PENYULUHAN

Pelaksanaan penyuluhan tentang biogas dan kompos yang selama ini tidak dimanfaatkan maksimal oleh masyarakat hanya bau atau polusi yang ada. Dengan narasumber Syafiruddin, M.P. Pelaksanaan penyuluhan dihadiri oleh 40 orang peternak sapi, tokoh masyarakat, dan kepala desa.

Hasil dari pembuatan biogas dapat dijadikan sumber energi serta keluaran yang dihasilkan (*sludge*) dapat dijadikan produk sampingan seperti pupuk sehingga dapat menambah penghasilan. Sumber energi biogas memiliki keunggulan dibandingkan dengan sumber energi lainnya. Selain ramah lingkungan, biogas juga termasuk energi yang memiliki sifat *renewable*. Artinya, biogas dapat diperbarui dan mudah untuk diperbanyak. Solusi yang tepat untuk menjadi alternatif bagi sumber energi lain yang memang tidak dapat diperbarui. Biogas juga tidak memiliki resiko meledak, sehingga tidak berbahaya untuk digunakan (Wahyudi dan Iskandar, 2013).







Gambar 14. Pelaksanaan Penyuluhan

### E. PELAKSANAAN FGD I (FOCUS GROUP DISCUSSION)

Setelah menghasilkan gas dari penelitian terdahulu dan penyuluhan yang telah dilakukan, dengan menjelaskan manfaat dan bahaya dari limbah kotoran tersebut baik bagi kesehatan dan lingkungan hidup. Maka untuk membuat instalasi biogas dilakukan FGD yang dihadiri peternak sapi sebagai subjek, tokoh masyarakat dan kepala desa dan dihadiri juga mahasiswa sebagai peserta yang membantu masyarakat dalam pembuatan instalasi tersebut, lihat Gambar 15.

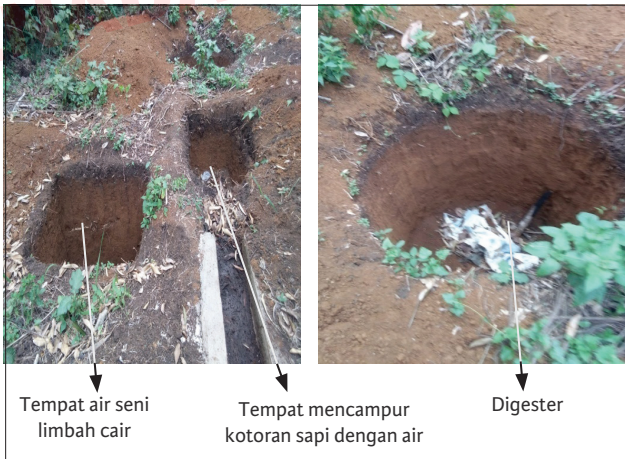
Dari FGD ini dijelaskan instalasi dan langkah-langkah pembuatannya.





Gambar 15. Pelaksanaan FGD

## F. PEMBANGUNAN LOKASI PENGOLAHAN BIOGAS UNTUK DIMANFAATKAN MASYARAKAT



Gambar 16. Pembangunan Instalasi Pembuatan Biogas





Gambar 17. Rancangan Bangunan untuk Sapi



Gambar 18. Hasil Rancangan Pengembangan Sapi  
Pembentuk Produksi Biogas





Keterlibatan masyarakat dalam pembuatan instalasi biogas

Gambar 19. Instalasi Biogas



Pemasangan digester dan tempat penampungan biogas

Gambar 20. Instalasi Biogas 1







**Gambar 21. Instalasi Biogas**

Biodigester yang dipergunakan untuk menghasilkan biogas umumnya disebut digester atau biodigester, karena di tempat inilah bakteri tumbuh dengan mencerna bahan-bahan organik. Biogas yang dihasilkan dalam jumlah dan kualitas tertentu, maka digester perlu diatur suhu, kelembapan, dan tingkat keasaman supaya bakteri dapat berkembang dengan baik. (Suyitno, dkk., 2010: 1).

Sebelum dipakai perlu dilakukan pengujian kebocoran terhadap alat. Dan sebelum mulai mengoperasikan instalasi biogas, kita perlu mengetahui hal-hal yang mempengaruhi proses pembentukan biogas. Hal ini penting sebagai pedoman dalam pengoperasian alat dan kegiatan harian



yang harus dilakukan agar diperoleh hasil gas yang memenuhi syarat.

Komponen utama biogas adalah gas metan, di samping gas-gas lain. Metan merupakan senyawa kimia dengan rumus molekuler  $CH_4$ . Metan termasuk golongan alkana sederhana dan komponen utama dari gas alami. Gas metan tidak berwarna dan tidak berbau pada temperatur ruang dan tekanan standar. Sebagai gas, gas metan bersifat mudah terbakar dengan konsentrasi 5-15 persen di udara namun metan tidak beracun (Sukmana, 2011: 56). Jenis bahan organik yang digunakan dapat berpengaruh terhadap lama waktu fermentasi oleh bakteri. Pasalnya, masing-masing jenis bahan memiliki total padatan yang berbeda. Secara umum urutan kandungan bahan organik berdasarkan lamanya waktu penguraian yaitu gula, protein, lemak, hemiselulosa, dan lignin (Wahyuni, 2011b: 24)

Pemilihan jenis biodigester disesuaikan dengan kebutuhan dan kemampuan pembiayaan/finansial. Dari segi konstruksi, biodigester dibedakan menjadi: *Fixed dome*—Biodigester ini memiliki volume tetap sehingga produksi gas akan meningkatkan tekanan dalam reaktor (biodigester). Karena itu, dalam konstruksi ini gas yang terbentuk akan segera dialirkan ke pengumpul gas di luar reaktor. *Floating dome*—pada tipe ini terdapat bagian pada konstruksi reaktor yang bisa bergerak untuk menyesuaikan dengan kenaikan tekanan reaktor. Pergerakan bagian reaktor ini juga menjadi tanda telah dimulainya produksi gas dalam reaktor biogas. Pada reaktor jenis ini, pengumpul gas berada dalam satu kesatuan dengan reaktor tersebut (Krisno dan Muazzidin, 2014).





**Gambar 22. Limbah Cair**

Daur ulang limbah ternak mempunyai peranan penting dalam mencegah terjadinya pencemaran lingkungan. Limbah ternak sebagai hasil akhir dari usaha peternakan memiliki potensi untuk dikelola menjadi pupuk organik seperti kompos yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan daya dukung lingkungan, meningkatkan produksi tanaman, meningkatkan pendapatan petani dan mengurangi dampak pencemaran terhadap lingkungan. Pemberian berbagai jenis kompos limbah padat kotoran ternak dapat memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah Vertisol dan meningkatkan daya dukungnya lingkungan sehingga pemanfaatannya sebagai lahan pertanian akan dapat meningkatkan produksi tanaman. (Suwahyono, 2011 dan Mulyono, 2015).



Penyediaan pupuk organik penting untuk diupayakan untuk menjaga keseimbangan pemakaian pupuk anorganik dan organik. Beberapa manfaat pupuk organik bagi tanah adalah meningkatkan kesuburan tanah, memperbaiki struktur dan porositas tanah. Selain itu, pupuk organik juga dapat merangsang pertumbuhan mikro-organisme tanah yang menguntungkan, bagi tanaman, pupuk organik bermanfaat dalam meningkatkan produksi tanaman serta dapat mengendalikan penyakit tanaman. Penggunaan pupuk organik juga aman bagi manusia dan lingkungan.



**Gambar 23. Instalasi Biogas dengan Kandang Sapi**

Limbah cair/kotoran cair yang digunakan sebagai pupuk organik lebih mudah terserap oleh tanaman karena senyawa kompleks yang terkandung di dalamnya sudah terurai dan dalam bentuk cair, sehingga mudah diserap oleh akar maupun daun. Pupuk cair diperoleh dari proses fermentasi dari padatan terlebih dahulu, dilanjutkan





dengan proses ekstrak dan fermentasi cair secara aeraob. Pada proses fermentasi peranan mikroorganismenya sangat penting. Penambahan mikroorganismenya pada awal sebagai *activator* untuk membantu proses degradasi bahan organik menjadi bahan yang sederhana yang mudah diserap oleh tanaman (Yulia A. Hadayati, dkk., 2011).



**Gambar 24. Sumur sebagai sumber air untuk pencampur kotoran**

Kadar air yang terkandung dalam bahan yang digunakan harus tepat. Jika hasil biogas harus sesuai dengan persyaratan yang berlaku, maka bahan yang digunakan berbentuk kotoran sapi kering diperlukan penambahan air. Air berperan sangat penting di dalam proses biologis. Penambahan air jangan terlalu banyak (berlebihan) juga jangan terlalu sedikit (kekurangan). Peletakan posisi digester dimungkinkan berpengaruh dalam proses biologis dan tekanan gas yang dihasilkan, dikarenakan adanya per-



bedaan luas permukaan *slurry* yang ada di dalam digester (Achmad Sholeh, dkk., 2012).

## G. PELAKSANAAN FGD 2

Pemanfaatan biogas yang dihasilkan dan penggunaannya bagi masyarakat. Sebagai pengganti gas LPG yang dipakai selama ini berdasarkan hitungan menunjukkan bahwa:

1 ekor = 10-15 kg kotoran/hari

1 kg = 0,023 – 0,04 m<sup>3</sup> biogas

15 kg = 0,04 x 15 = 0,6 m<sup>3</sup> biogas

data....1m<sup>3</sup> = 0,48 lt minyak tanah

0,6 m<sup>3</sup> = 0,36 lt minyak tanah

1 kel (4 orang) = 0,75 lt/hari

Jadi jumlah sapi = 0,75/0,36 = 2 ekor sapi



Gambar 25. Pelaksanaan FGD

Perubahan temperatur akan mengakibatkan bakteri yang terdapat dalam digester menjadi tidak optimal atau bahkan mati. Adapun penggunaan penampung gas secara *floating drum* yakni dimaksudkan agar dapat diamati pro-



duksi biogas yang dihasilkan, dengan dihitung kenaikan penampung gas yang diakibatkan oleh tekanan gas yang berada dalam penampung gas tersebut. Instalasi yang dibangun meliputi saluran inlet, digester, saluran outlet dan penampung gas. Untuk mencegah timbulnya kerak pada dasar digester dan lapisan atas *slurry*, maka dibuat sebuah pengaduk manual. Hal ini dikarenakan lapisan kerak dapat mencegah gas yang akan keluar dari digester. Lapisan kerak tersebut dapat mempengaruhi perkembangan mikro-organisme yang erat hubungannya dengan produksi biogas. Pengadukan juga memberikan kondisi temperatur yang homogen dalam digester. Pengadukan pada 72 Instalasi biogas kotoran sapi digester dapat meningkatkan produksi gas sebesar 10 – 15 persen dibandingkan dengan yang tidak diaduk. Untuk menghilangkan  $H_2O$  yang ikut dalam aliran gas maka perlu adanya *water trap*. Perangkat  $H_2O$  biogas akan dilewatkan melalui pipa T yang terhubung dengan tabung air. Uap air yang ikut bersama biogas diharapkan turun melalui pipa ke tabung penampung air (Krisno dan Muaizuddin, 2014).



Gambar 26. Instalasi Pembuatan Biogas



Pada penelitian Mirah (2016) menunjukkan perbandingan pemakaian biogas, kayu bakar dan minyak tanah terlihat pada tabel berikut:

**Tabel 6. Perbandingan Penggunaan Biogas, Kayu Bakar dan Minyak Tanah**

Jenis Bahan Bakar	Volume Air	Waktu (menit)	Volume Bahan Bakar	Harga (Rp)
Biogas	2 liter	15	95.066,64 ml	-
Kayu bakar	2 liter	15	280 ml	1.800
Minyak Tanah	2 liter	11	0,5kg	4.200

Tabel 6 di atas menunjukkan bahwa untuk memasak dua liter air, menggunakan biogas dan minyak tanah membutuhkan waktu yang sama, tetapi volume bahan bakar yang digunakan untuk ketiga bahan bakar biogas paling sedikit, sehingga pemakaian biogas lebih irit.

**Tabel 7. Nilai Kesetaraan Biogas dan Energi**

Nilai Kesetaraan Biogas dan Energi yang Dihasilkannya Aplikasi	1 m <sup>3</sup> Biogas Setara Dengan
Penerangan	60-100 watt lampu bohlam selama 6 jam
Memasak	Memasak 3 jenis makanan untuk 5-6 orang
Pengganti bahan bakar	0,7 kg minyak tanah
Tenaga	Menjalankan 1 motor tenaga kuda selama 2 jam
Pembangkit tenaga listrik	Menghasilkan 1,25 kwh listrik

Sumber: Kristoferson dan Bokalders, 1991.

Dari penelitian Kristoper menunjukkan bahwa biogas sebagai sumber energi terbarukan banyak yang dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar.

Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian di



Serpong telah mengkaji pemanfaatan energi biogas dari kotoran sapi untuk lampu penerangan dankompors gas. Ternyata biogas layak secara teknis dan ekonomis. Biogas juga telah dikaji untuk pembangkit listrik (Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian Situgadung, 2007). Jumlah ternak sapi yang dimiliki oleh Peternakan *BBG* adalah 223 ekor. Terdiri dari sapi perah, jantan, dan pedet. Namunkarena limbah padat tidak hanya diolah dengan digester menjadi biogas tetapi juga dikomposkan maka yang selama ini berjalan adalah dengan kapasitas digester 4 m<sup>3</sup> hanya terisi 2 arko atau 132 kg kotoran dari sapi perah saja yang diolah menjadi biogas.

Biogas yang dihasilkan pun hanya untuk memenuhi kebutuhan sebagai bahan bakar kompor gas saja dan tidak dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik pada lampu penerangan dan mesin yang menggunakan energi listrik lainnya. Menurut informan petugas biogas yang ada biogas yang dihasilkan pernah diaplikasikan sebagai sumber energi lampu penerangan kandang sebelum mengalami kemacetan dan kerusakan pada digester akibat penyumbatan di dalam digester akibat kandungan feses yang mengandung bungkil kelapa sawit yang masa jenisnya lebih berat sehingga tidak dapat terangkat dan mengendap ditangki. Sampai dengan sekarang belum diaplikasikan kembali biogas sebagai sumber energi lampu penerangan kandang (Fianda Revina Widyastuti).

Penelitian Ipaghan. dkk., menunjukkan bahwa dengan memvariasikan jumlah debu gergaji yang dicampur dengan kotoran sapi dan *hyacinth* air dalam air sangat penting untuk menghasilkan jumlah biogas maksimum dalam periode 64 hari dengan suhu lingkungan rata-rata 30°C.



Hasil menunjukkan bahwa ada keberadaan bakteri penghasil biogas dan bahwa kondisi untuk produksi biogas tercapai dalam periode percobaan yang diberikan (Ipeghap, 2013).

**Tabel 8. Pemanfaatan Biogas**

Pemanfaatan Biogas	Referensi	Hasil pengukuran
- Lampu penerangan (m <sup>3</sup> / jam)	0,11 – 0,15 (penerangan setara dengan 60 watt	0,15 – 0,3 Tekanan = 30 – 60 mmH <sub>2</sub> O
- Kompor gas (m <sup>3</sup> / jam)	lampu bohlam ≅ 100 candle power ≅ 620 lumen).	0,2 – 0,4 Tekanan = 60 – 85 mmH <sub>2</sub> O
- Energi listrik Algen gas generator (700 W)	Tekanan: 70 – 85 mm H <sub>2</sub> O	0,55 m <sup>3</sup> biogas/kwh
Algen gas generator (1.500 W)	H <sub>2</sub> O	0,40 m <sup>3</sup> biogas/kwh
Modifikasi diesel engine 6HP (3000 W)	0,2 – 0,45 0,3 m <sup>3</sup> /orang/hari Tekanan: 75 – 90 mmH <sub>2</sub> O	100 ml solar, 0,39 m <sup>3</sup> biogas/kwh
	0,5 m <sup>3</sup> biogas/kwh	
	0,35 m <sup>3</sup> biogas/kwh	
	perbandingan solar : biogas = 10 : 90	

Hasil biogas dari substrat apa pun sangat tergantung pada rasio C/N dari bahan, konsentrasi, pH, dan suhu. Biogas yang terdiri dari metana (CH<sub>4</sub>) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan mungkin memiliki sejumlah kecil hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), uap air dan beberapa gas lainnya. Gas metana, hidrogen, dan karbon monoksida (CO) yang dihasilkan, dapat terbakar atau teroksidasi dengan oksigen. Energi yang dilepaskan ini memungkinkan biogas untuk digunakan sebagai bahan bakar. Biogas dapat digunakan sebagai bahan bakar di negara mana pun untuk tujuan pemanasan apa pun, seperti memasak (Dioha, *et. al.*, 2013).





Gambar 27. Gas yang dihasilkan

Gas yang dapat dihasilkan dari fermentasi *faeces* (kotoran) ternak sapi, dalam suatu ruangan yang disebut digester. Komponen utama biogas adalah gas metan, disamping gas-gas lain. Sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar. Pengumpulan feses ternak ke dalam suatu tangki kedap udara yang disebut digester (pencerna). Di dalam gester tersebut, kotoran dicerna dan difermentasi oleh bakteri yang menghasilkan gas metan serta gas-gas lain. Gas yang timbul dari proses ini ditampung di dalam digester. Penumpukan produksi gas akan menimbulkan tekanan sehingga dapat dihasilkan gas yang telah disediakan penampung atau bahkan dapat dialirkan melalui pipa ke rumah-rumah. Gas yang dihasilkan tersebut dapat dipakai untuk memasak dengan menggunakan kompor gas atau untuk penerangan dengan menggunakan lampu petromaks sesuai dengan bahan bakar gas tadi. Gas yang dihasilkan ini sangat baik untuk pembakaran karena mampu meng-





hasilkan panas yang cukup tinggi, apinya berwarna biru, tidak berbau dan tidak berasap.

Di sisi lain juga lonjakan harga minyak dunia akan memberikan dampak yang besar bagi pembangunan bangsa Indonesia. Konsumsi BBM yang mencapai 1,3 juta/barel tidak seimbang dengan produksinya yang nilainya sekitar 1 juta/barel sehingga terdapat defisit yang harus dipenuhi melalui impor. Menurut data ESDM (2006) cadangan minyak Indonesia hanya tersisa sekitar 9 miliar barel. Apabila terus dikonsumsi tanpa ditemukannya cadangan minyak baru, diperkirakan cadangan minyak ini akan habis dalam dua dekade mendatang.

Jika dilihat dari alasan-alasan di atas biogas sangat tepat di gunakan di Indonesia seperti dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional untuk Mengembangkan Sumber Energi Alternatif Sebagai Pengganti Bahan Bakar Minyak. Kebijakan tersebut menekankan pada sumber daya yang dapat diperbarui sebagai alternatif pengganti bahan bakar minyak.

Prinsip pembuatan biogas adalah adanya dekomposisi bahan organik secara anaerobik (tertutup dari udara bebas) untuk menghasilkan gas yang sebagian besar adalah berupa gas metan (yang memiliki sifat mudah terbakar) dan karbon dioksida, gas inilah yang disebut biogas. Proses dekomposisi anaerobik dibantu oleh sejumlah mikroorganisme, terutama bakteri metan. Suhu yang baik untuk proses fermentasi adalah 30-55°C, di mana pada suhu tersebut mikroorganisme mampu merombak bahan organik secara optimal.







Gambar 28. Gas yang dihasilkan dihubungkan ke Kompos Gas



Pembuatan biogas dari kotoran ternak tidak menghilangkan manfaat lain sebagai pupuk kandang. Sebaliknya pupuk yang dihasilkan justru menaikkan kandungan bahan organik sehingga pupuk kandang yang dihasilkan lebih baik. Pupuk tersebut terbentuk dari sisa proses fermentasi *faeces* tadi yang memang harus dikeluarkan secara berkala agar tidak terjadi endapan padat yang dapat mengganggu proses pembentukan biogas. Di samping itu, untuk menjaga proses fermentasi dapat berjalan dengan baik, maka setiap hari harus dilakukan pengadukan.

Pemanfaatan biogas memegang peranan penting dalam manajemen limbah karena metana merupakan gas rumah kaca yang lebih berbahaya dalam pemanasan global bila dibandingkan dengan karbon dioksida. Karbon dioksida dalam biogas merupakan karbon yang diambil dari atmosfer oleh fotosintesis tanaman, sehingga bila dilepaskan lagi ke atmosfer tidak akan menambah jumlah karbon di atmosfer bila dibandingkan dengan pembakaran bahan bakar fosil.

Jika biogas dibersihkan dari pengotor secara baik, ia akan memiliki karakteristik yang sama dengan gas alam. Jika hal ini dapat dicapai, produsen biogas dapat menjualnya langsung ke jaringan distribusi gas. Akan tetapi gas tersebut harus sangat bersih untuk mencapai kualitas pipeline. Air ( $H_2O$ ), hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) dan partikulat harus dihilangkan jika terkandung dalam jumlah besar di gas tersebut. Jika biogas harus digunakan tanpa pembersihan yang ekstensif, biasanya gas ini dicampur dengan gas alam untuk meningkatkan pembakaran. Biogas yang telah dibersihkan untuk mencapai kualitas pipeline dinamakan gas alam terbaru.





## Bab 5

# PENUTUP

---

### A. KESIMPULAN

Pelaksanaan pengabdian berbasis riset di desa Sijung-kang menghasilkan biogas yang dapat digunakan sebagai sumber energi yang terbarukan. Dari puluhan sapi dan yang akan bertambah setiap tahunnya sangat efektif digunakan sebagai sumber biogas di samping dapat menghasilkan kompos dan pupuk cair sebagai pupuk organik yang akan menggantikan keberadaan pupuk anorganik yang efeknya dapat merusak tanah.

Keikutsertaan masyarakat dalam pembuatan biogas diharapkan untuk dapat melanjutkan pembuatan di lokasi-lokasi lain dan dengan penambahan sapi dan kotorannya. Penambahan *income* masyarakat akan lebih terasa dengan pemanfaatan maksimal dari limbah yang ada. Selain kelestarian lingkungan akan tercapai, juga akan dapat menambah penghasilan dari masyarakat. Antusias masyarakat dalam mengikuti berbagai kegiatan yang dilaksanakan baik diskusi/pertemuan, penyuluhan, FGD dan juga pembuatan

instalasi biogas dilaksanakan bersama-sama dengan masyarakat.

Biogas yang dihasilkan dengan perbandingan terbaik antara kotoran sapi dengan air adalah 1:2. Perbandingan ini yang diteruskan untuk pembuatan biogas. Kegiatan pengabdian yang berbasis riset yang dilakukan hari ini diharapkan akan terus berlanjut dengan kesadaran masyarakat akan pencegahan lingkungan untuk kesehatan dan juga untuk menambah pendapatan.

## **B. SARAN**

Dari beberapa hasil yang diamati, maka disarankan untuk peneliti atau pengabdian selanjutnya untuk:

1. Melanjutkan pembuatan pupuk kompos dan pupuk cair yang bernilai guna dan dapat dipasarkan komersial.
2. Membuat kompos dari sumber limbah lain misalnya sisa makana atau sayur-sayuran busuk dan lainnya.



## DAFTAR PUSTAKA

---

- Abubakar, B.S.U.I., & Ismail, N. 2012. Anaerobic Digestion of Cow Dung for Biogas Production. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 7(2), 169-172.
- Ade Hendraputra, dkk. 2017. *Membangun Energi Baru Terbarukan*. Jakarta: Sustaining Panership.
- Agus Afandi, dkk. 2016. *Modul Participatory Action Research, (PAR)*. (UIN Sunan Ampel Surabaya: Lembaga Pengabdian Masyarakat (LPM).
- Achmad Sholeh, Sunyoto, Dony Hidayat Al-Janani. 2012. Analisis Komposisi Campuran Air dengan Limbah Kotoran Sapid an Peletakan Posisi Digeter Terhadap Gas yang Dihasilkan. *Journal of Mechanical Engineering Learning*. JMEL 1 (1) (2012).
- Agus Sugiyono, Penanggulangan Pemanan Global di Sektor Penggunaan Energi, *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, Vol. 7, No. 2, 2006: 15-19.
- Akbar Wahyudi, Iskandar. 2013. "Pengaruh Komposisi Air dalam Pembentukan Biogas dan Eceng Gondok Pembentukan Biogas dari Eceng Gongok Waduk X Kota Padang Panjang dan Feses Sapi." *Teknik A*. Vol. 20 No. 1

- April 2013, 7-11.
- Anonim. 2011. "Biogas Pembuatan Kontruksi, Operasional dan Pemeliharaan Instalasinya." *Agroinovasi. Badan Litbang Pertanian*. No. 3408 Tahun XLI.
- Aremu, M.O. and Agarry. 2012. "Comparison of Biogas production from Cow dung and Pig dung under Mesophilic condition." *International Refereed Journal of Engineering and Science (IRJES)*, Vol. 1, No. 4, 16-21.
- Arie Dp. Mirah, dkk. 2016. "Feses Ternak Sapi Sebagai Penghasilan Biogas (Beef Cattle Feces as Producing Biogas)." *Jurnal LPPM Bidang Sains dan Teknologi*. Vol.3 No. 1, 1-9.
- A.F. Juwita, dkk. "Optimalisasi Energi Terbarukan pada Pembangkit Tenaga Listrik dalam Menghadapi Desa Mandiri Energi di Marga (Renewable Energy Optimization of Electrical Power Generation toward the Energy Self Sufficient Village in Margajaya)", Jaya, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, Vol. 15, No. 1, 22-34.
- Djoko Wahyudi1), ING Wardana2), Nurkholis Hamidi2, Pengaruh Kadar Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan Nitrogen (N<sub>2</sub>) Pada Karakteristik Pembakaran Gas Metana, *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol. 3, No. 1 Tahun 2012 : 241.
- Faizal, M., Maftuchah, U., & Auriyani, W. A. 2013. "Pengaruh Kadar Metanol, Jumlah Katalis, dan Waktu Reaksi Pada Pembuatan Biodiesel dari Lemak Sapi Melalui Proses Transesterifikasi". *Jurnal Teknik Kimia*, 19(4).
- Imam Kholiq. 2015. "Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan untuk Mendukung Substitusi BBM", *Jurnal IPTEK*, Vol. 19 No. 2, 75-91.
- Ipeghan J. Otaraku and Evelyn. V. Ogedengbe. Biogas Production from Sawdust Waste, Cow Dung and Water



- Hyacinth-Effect of Sawdust Concentration, *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEEM)* Vol. 2, No. 6, Tahun 2013.
- Kristoferson dan Bokalders. 1991. *Penanganan dan pemanfaatan limbah padat*. Penerbit
- Latifah Hanum Damanik, dkk. 2014. *Pemanfaatan Feses Ternak Sapi Sebagai Energi Alterhatif Biogas Bagi Rumah Tangga dan Dampaknya terhadap Lingkungan*. Vol 4 No. 1, 22 Desember 2014, 54-63.
- Latinwo, G.K. and Agarry, S.E. (2015). Modelling the Kinetics of Biogas Production from Mesophilic Anaerobic Co-Digestion of Cow Dung with Plantain Peels. *International Journal of Renewable Energy Development* 4(1) 2015: 55-63.
- LPM IAIN Sunan Ampel Surabaya. 2008. *Modul Pelatihan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Transformatif IAIN Sunan Ampel Surabaya*, Surabaya : LPM IAIN Sunan Ampel.
- Lubis, A.2007. “Energi Terbarukan dalam Pembangunan Berkelanjutan”. *J. Tek.Ling*. Vol. 8 No. 2, 155-162.
- Matheri, A.N. Belaid, M., Seodigeng, T., and Ngila, C. J. (2016). The Kinetic of Biologi Biogas Rate from Cow Dung and Grass Clippings.
- M. A. Krisno Bidiando dan Muazuddin. 2014. *Instalasi Biogas Kotoran Sapi*. Malang: UPT Penerbitan Universitas Muhammadiyah Malang.
- Mohammad Ramlan. “Pemanasan Global (Global Warming)”, *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol. 3, No. 1 Januari 2002: 30-32.
- Poschl, M., Ward, S., & Owende, P. 2010. *Evaluation of Energy Efficiency of Various Biogas Production and Utilization Pathways*. *Applied energy*, 87 (11), 3305-3321.



- Rizki Amalia Rachmawati, Wahjoedi, Sri Umi Mintarti Widjaja, “Makna Biogas Sumber Energi Rumah Tangga”, *Jurnal Pendidikan*, Vol. 2 No: 4 Bulan April Tahun 2017: 487-493.
- Saputro, R. R., Putri, D. A., & Artanti, D. 2009. *Pembuatan Biogas dari Limbah Peternakan*. <http://eprints.undip.ac.id/3215/>.
- Sivaramakrishnan, K., & Ravikumar, P. 2011. *Determination of Higher Heating Value of Biodiesels*. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 3(11), 7981-7987.
- Sri Wahyuni. 2013. *Biogas*. Jakarta: PT Agro Media Pustaka.
- Sugi Rahayu, Dyah Purwaningsih, dan Pujiyanto. 2009. “Pemanfaatan Kotoran Ternak Sapi sebagai Sumber Energi Alternatif Ramah Lingkungan Beserta Aspek Sosio Kulturalnya”, *Inotek*, Vol. 13, No. 2, Agustus 2009.
- Sukmana, R.W., dan Anny Muljatiningrum. 2011. *Biogas dari Limbah Ternak*. Bandung: Nuansa..
- Suwahyono, U. 2011. *Petunjuk Praktis Penggunaan Pupuk Organik Secara Efektif dan Efisien*. Penebar Swadaya. Depok.
- Suyitno, Muhammad Nizam dan Dharmanto. 2010. *Teknologi Biogas, Pembuatan, Operasional dan Pemanfaatan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Roosganda Elizabeth dan S. t.th. Rusdiana. *Efektif Pemanfaatan Biogas sebagai Sumber Bahan Bakar dalam Mengatasi Biaya Ekonomi dalam Keluarga di Pedesaan*, 220-234.
- Tuti Hariati. 2006. “Biogas: Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif”. *Jurnal Wartazoa*, Vol. 16, No. 3, 2006.





- Ukpai, P. A., & Nnabuchi, M.N. 2012. *Comparative Study of Biogas Production From Cow Dung, Cow Pea and Cassava Peeling Using 45 Litres Biogas Digester*. *Advances in Applied Science Research*, 3(3), 1864-1869).
- Vivi Triana, Pemanasan Global, *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*, Vol. 2, No. 2, 2008.
- Yulia A. Hadayati, dkk. 2011. “Kualitas Pupuk Cair Hasil Pengolahan Feses Sapi Potong Menggunakan *Sacharomyces cereviceae* (Liquid Fertilizer Quality Produced by Beef Cattle Feses Fermentation Using *Sacharomyce Cereviceae*.” *Jurnal Ilmu Ternak*. Vol. 11, No.2, 104-107.
- Yusuf Saefulhak. 2017. *Energo Terbarukan: Energi untuk Kini dan Nanti*, IESR.
- Widarto, L dan F. X. Sudarto. 1997. *Membuat Biogas*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Weiland, P. 2010. *Biogas Production: Current State and Perspectives*. *Applied Microbiology and biotechnology*, 85(4), 849-860.
- Wiwaha Anas Sumadja, Zubaidah, Heru Handoko. 2015. *Teknologi Biogas Pada Peternakan Sapi*.
- Wiwien Widaningsih, “Partisipasi Masyarakat Melalui Desa Mandiri Energi Berbasis Biogas Limbah Ternak Sapi di Desa Haurngombang Kecamatan Pamulihan Kabupaten Sumedang”, *Jurnal Ilmu Administrasi*, Vol. 11 No. 1, April 201.





# PARA PENULIS

---

## 1. Ketua Tim

- a. Nama Lengkap : **Dr. Lelya Hilda, M.Si.**
- b. NIDN/NIP : 2020097201
- c. Jenis Kelamin : Perempuan
- d. Pangkat Gol/Jabatan : Pembina Tk. 1/ IV-b/De-  
kan
- e. Jabatan Fungsional : Lektor kepala
- f. Fakultas/Jurusan : Tarbiyah dan Ilmu Keguru-  
an/PGMI
- g. Bidang Keilmuan : Sains/Kimia, Ilmu Alamiah  
Dasar/Kimia
- h. Telp.Faks : -
- i. Alamat Rumah : Jl. M. Nawawi, Gg. Handa-  
yani No. 5 Padangsidimpu-  
an
- j. Telp/HP : 08126427292
- k. E-mail : lelya.hilda@gmail.com

## 2. Anggota 1

- a. Nama Lengkap : **Dra. Rosimah Lubis, M.Pd.**
- b. NIDN/NIP : 2025086101
- c. Jenis Kelamin : Perempuan

- d. Pangkat Gol/Jabatan : Pembina IV-a/Dosen
- e. Jabatan Fungsional : Lektor kepala
- f. Fakultas/Jurusan : Tarbiyah dan Ilmu Keguruan/Pendidikan Agama Islam
- g. Bidang Keilmuan : Pendidikan/Manajemen Pendidikan
- h. Telp.Faks : -
- i. Alamat Rumah : Jl. Lestari No. 5, Kel. Ujung Padang, Padangsidimpuan
- j. Telp/HP : 081361460298
- k. E-mail : rasimah.lbs@gmail.com

**3. Anggota 2**

- a. Nama Lengkap : **Dra. Replita, M.Si.**
- b. NIDN/NIP : 2026056902
- c. Jenis Kelamin : Perempuan
- d. Pangkat Gol/Jabatan : Pembina IV-a/Dosen
- e. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
- f. Fakultas/Jurusan : Tarbiyah dan Ilmu Keguruan/Pendidikan Agama Islam
- g. Bidang Keilmuan : Ekonomi Pedesaan
- h. Telp.Faks : -
- i. Alamat Rumah : Jl. Durian Padangsidimpuan
- J. Telp/HP : 085275957150
- j. E-mail : replita.lbs@gmail.com

