

**DISERTASI**

**PENGELOLAAN BERKELANJUTAN ENERGI BIOGAS  
DARI KOTORAN SAPI PERAH DI DESA JETAK, KECAMATAN  
GETASAN, KABUPATEN SEMARANG**



**Andhina Putri Heriyanti  
NIM 30000215510007**

**SEKOLAH PASCASARJANA**

**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN  
SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2022**

**PENGELOLAAN BERKELANJUTAN ENERGI BIOGAS  
DARI KOTORAN SAPI PERAH DI DESA JETAK, KECAMATAN GETASAN,  
KABUPATEN SEMARANG**

Disertasi

Untuk memperoleh gelar Doktor  
Dalam Ilmu Lingkungan pada Universitas Diponegoro

Untuk dipertahankan di hadapan  
Dekan Sekolah Pascasarjana dan Tim Penguji pada Ujian Tertutup Disertasi  
Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro  
Pada tanggal 27 bulan Desember tahun 2022 pukul 13.00 WIB

Oleh

**Andhina Putri Heriyanti**

**NIM 30000215510007**

Lahir di Semarang

**SEMARANG**

**SEKOLAH PASCASARJANA**

**HALAMAN PEGESAHAN**

**PENGELOLAAN BERKELANJUTAN ENERGI BIOGAS  
DARI KOTORAN SAPI PERAH DI DESA JETAK, KECAMATAN GETASAN,  
KABUPATEN SEMARANG**

Oleh:

Andhina Putri Heriyanti  
NIM 30000215510007

Telah diuji dan dinyatakan lulus ujian pada tanggal 27 bulan Desember tahun  
2022 oleh Tim penguji Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan  
Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro

Promotor:

Ko-Promotor:

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA.  
NIP.19611228 198603 1 004  
Tanggal .....

Dr. Hartuti Purnaweni,MPA  
NIP. 19611202 198803 2 009  
Tanggal .....

Mengetahui,

Dekan  
Sekolah Pascasarjana  
Universitas Diponegoro

SEKOLAH PASCASARJANA  
Ketua Program Studi  
Doktor Ilmu Lingkungan  
Sekolah Pascasarjana  
Universitas Diponegoro

Dr. R.B. Sularto, S.H., M.Hum.  
NIP. 19670101 199103 1 005

Dr. Budi Warsito, S.Si., M.Si.  
NIP.19750824 199903 1 003

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PENGELOLAAN BERKELANJUTAN ENERGI BIOGAS  
DARI KOTORAN SAPI PERAH DI DESA JETAK, KECAMATAN GETASAN,  
KABUPATEN SEMARANG**

**Oleh:**

**Andhina Putri Heriyanti  
NIM 30000215510007**

Telah disetujui oleh:

Pimpinan Sidang:

Dr. R.B. Sularto, S.H, M.Hum. ....

Sekretaris Sidang

Dr. Budi Warsito, S.Si., M.Si. ....

Anggota Tim Penguji

Dr. Suparni Setyowati Rahayu, MSi .....

Dr. Dra.Kismartini, M.Si. ....

Sutaryo, S.Pt.,M.P.,Ph.D .....

Dr. Hartuti Purnaweni,MPA. ....

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA .....

## HALAMAN PERSEMBAHAN

**Kupersembahkan Disertasi ini untuk:**



*Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantara kalian dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah Maha Mengetahui atas apa yang kalian kerjakan.” (QS. Al Mujadilah: 11)*

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andhina Putri Heriyanti  
NIM : 30000215510007  
Mahasiswa : Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan  
Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro

Dengan ini menyatakan bahwa:

- 1) Disertasi yang berjudul “**Pengelolaan Energi Biogas Berkelanjutan dari Kotoran Sapi Perah di Desa Jetak, Kecamatan Getasan, Kabupaten Semarang**” adalah karya ilmiah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (doktor) di perguruan tinggi manapun.
- 2) Disertasi ini adalah murni ide, rumusan dan hasil penelitian saya serta dilakukan tanpa bantuan orang lain, kecuali Tim Promotor dan Tim Penguji.
- 3) Disertasi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan judul aslinya serta dicantumkan dalam daftar pustaka.
- 4) Pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah saya peroleh dan sanksi lain sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Diponegoro.

Semarang, Desember 2022

Yang Membuat Pernyataan

Andhina Putri Heriyanti

## BIODATA PENULIS



Andhina Putri Heriyanti, ST.,M.Si, lahir di Semarang pada tanggal 24 November 1986. Pendidikan yang pernah ditempuh yaitu Sekolah Dasar Negeri Bendan Ngisor Semarang, SMP Negeri 03 Semarang Lulus 2002, SMU Negeri 06 Semarang Lulus 2005. Pendidikan Perguruan Tinggi Strata 1 (S-1) Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang Lulus 2010.

Pada Tahun 2010 diterima sebagai dosen di IKIP Veteran Semarang sekaligus ikut sertadalam seleksi dan diterima sebagai Mahasiswa Strata dua (S-2) Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang lulus 2014. Tahun 2015 mendapatkan beasiswa dari KEMENRISTEK DIKTI untuk melanjutkan pendidikan Program Doktor Ilmu Lingkungan di Sekolah Pasca Sarjana Universitas Diponegoro. Tahun 2019 diterima sebagai Dosen CPNS di Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Negeri Semarang. Tahun 2019 mendapat Hibah Penelitian Disertasi Doktor dari kemenristek. Penelitian yang telah dilakukan dari S-1 hingga S-3 konsisten pada bidang kajian energi terbarukan lebih spesifik pada energi biogas dari kotoran sapi perah. Hasil penelitian disertasi dengan judul “ Pengelolaan Berkelanjutan Energi Biogas Dari Kotoran Sapi Perah di Desa Jetak, Kecamatan Getasan, Kabupaten Semarang” telah melewati publikasi ilmiah berupa artikel-artikel yang dipublikasikan yaitu:

1. E3S Web of Conferences 73, (2018) “Evaluation of Livestock Waste Management to Energy Biogas (Case Study: Jetak Village, Getasan Sub District)”
2. E3S Web of Conferences 125, (2019) “Potential Utilization of Dairy Cattle Waste into Biogas (Jetak Village, Semarang City, Central Java)”
3. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 481 (2020) 012045 “Perception of the community on the use of biogas as alternative energy (Case study: Jetak Village, Getasan sub district)”
4. JPPI 11 (1) (2022) 35-46 “GREENHOUSE GAS EMISSIONS AND BIOGAS POTENTIAL FROM LIVESTOCK IN RURAL INDONESIA”



## KATA PENGANTAR

Puji syukur Kehadirat Allah SWT yang dengan kasih sayang serta Rahmat dan Barokahnya penulis dapat menyelesaikan Disertasi yang berjudul "**Pengelolaan Energi Biogas Berkelanjutan dari Kotoran Sapi Perah di Desa Jetak, Kecamatan Getasan, Kabupaten Semarang**".

Pada kesempatan ini, perkenankanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada yang terhormat :

1. Prof. Dr. Yos Johan Utama, S.H., M.Hum., selaku Rektor Universitas Diponegoro, yang telah memberikan bantuan fasilitas dalam mengikuti program Doktor Ilmu Lingkungan, Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro.
2. Dr. R.B. Sularto, S.H., M.Hum, selaku Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro yang telah berkeinginan menguji dan memberi masukan, saran-saran, motivasi untuk menyelesaikan disertasi.
3. Prof. Dr. S Martono, M.Si, selaku Rektor Universitas Negeri Semarang yang telah memberi ijin dan dukungan selama mengikuti Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro
4. Dr. Sugianto, M.Si, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang yang telah memberi dukungan dan semangat selama menempuh pendidikan di Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro
5. Dr. Budi Waristo, S..Si, MSi., selaku Ketua Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro yang memberikan dorongan, semangat, bimbingan, dan arahan untuk penyelesaian disertasi ini
6. Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA., selaku Promotor yang telah sabar memberikan ilmu, membimbing, memberi saran, serta mengarahkan penulis agar segera menyelesaikan



disertasi

7. Dr. Hartuti Purnaweni, MPA., selaku Ko-Promotor yang telah sabar memberikan bimbingan, memotivasi, mengarahkan, serta meluangkan waktu untuk konsultasi guna penyelesaian disertasi.
8. Dr. Suparni Setyowati Rahayu, MSi., selaku penguji eksternal dari IST AKPRIND Yogyakarta yang telah memberikan masukan, kritik dan arahan dalam penyempurnaan disertasi ini
9. Dr. Dra. Kismartini, M.Si., selaku penguji internal yang memberikan masukan, kritik, arahan serta koreksi dalam penyempurnaan disertasi ini
10. Sutaryo., S.Pt., M.P., Ph.D., selaku penguji internal yang memberikan masukan, kritik dan arahan dalam penyempurnaan disertasi ini
11. Seluruh dosen pengampu pada Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro yang telah memberikan ilmunya sebagai penunjang penyusunan disertasi
12. Teman-teman Program Doktor Ilmu Lingkungan angkatan 9, juga teman-teman keluarga besar Program Doktor Ilmu Lingkungan atas bantuan, dukungan dalam penyusunan disertasi, staf Pascasarjana Undip maupun staf dan pengelola Prodi Doktor Ilmu Lingkungan
13. Teman-teman Dosen Jurusan IPA Terpadu FMIPA Universitas Negeri Semarang, atas bantuan dan dukungan selama penyelesaian studi pada Program Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro.
14. Sahabat-sahabat penulis yang selalu ada dalam keadaan suka dan duka serta selalu memberikan motivasi untuk menyelesaikan Pendidikan Program Doktor Ilmu Lingkungan
15. Mama dan papa penulis yang senantiasa menyemangati dan selalu mendoakan dalam setiap sujudnya untuk menyelesaikan Pendidikan Program Doktor Ilmu Lingkungan
16. Suami serta putri dan putra penulis yang senantiasa mendampingi selama penelitian dan

penulisan serta selalu mendoakan dan memberikan support untuk menyelesaikan Pendidikan Program Doktor Ilmu Lingkungan

17. Direktorat Jendral Sumberdaya Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah memberikan beasiswa BPPDN dan Penelitian Disertasi Doktor (PDD)

Semoga Allah SWT membalas dengan limpahan kebaikan dan keberkahan kepada semua pihak yang sudah membantu penulisan disertasi ini dan semoga disertasi ini bermanfaat yang memerlukannya.



Semarang, Desember 2022

Penulis

SEKOLAH PASCASARJANA

## DAFTAR ISI

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| HALAMAN JUDUL.....                   | i     |
| HALAMAN PENEGASAN.....               | ii    |
| HALAMAN PENGESAHAN.....              | iii   |
| HALAMAN PERSETUJUAN.....             | iv    |
| HALAMAN PERSEMBAHAN.....             | v     |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS..... | vi    |
| BIODATA PENULIS.....                 | vii   |
| KATA PENGANTAR.....                  | viii  |
| DAFTAR ISI.....                      | xi    |
| DAFTAR TABEL.....                    | xvi   |
| DAFTAR GAMBAR.....                   | xix   |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                 | xx    |
| DAFTAR SINGKATAN.....                | xxi   |
| GLOSARIUM.....                       | xxii  |
| ABSTRAK.....                         | xxv   |
| ABSTRACT.....                        | xxvi  |
| RINGKASAN.....                       | xxvii |
| SUMMARY.....                         | xxxii |
| <b>BAB I</b>                         |       |
| <b>PENDAHULUAN</b>                   |       |
| 1.1. Latar Belakang.....             | 1     |
| 1.2. Pertanyaan Penelitian.....      | 10    |
| 1.3. Orisinalitas Penelitian.....    | 10    |
| 1.4. Tujuan Penelitian.....          | 22    |
| 1.4.1. Tujuan Umum.....              | 22    |
| 1.4.2. Tujuan Khusus.....            | 23    |
| 1.5. Manfaat Penelitian.....         | 23    |
| 1.5.1. Manfaat Akademik.....         | 23    |
| 1.5.2. Manfaat Praktis.....          | 23    |
| 1.5.3. Manfaat Bagi Masyarakat.....  | 24    |
| 1.5.4. Manfaat Bagi Pemerintah.....  | 24    |
| 1.6. Luaran Penelitian.....          | 24    |

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

|   |    |
|---|----|
| 2.1. Pengelolaan Lingkungan .....   | 26 |
| 2.2. Desa Mandiri Energi (DME) .....  | 28 |
| 2.3. Limbah Ternak .....  | 30 |
| 2.4. Pengembangan dan Pemanfaatan Biogas .....                              | 31 |
| 2.4.1. Bahan Baku Biogas .....  | 32 |
| 2.4.2. Komposisi Biogas.....  | 33 |
| 2.4.3. Proses Biologis Terbentuknya Biogas.....                             | 35 |
| 2.4.4. Proses Pembuatan Biogas.....   | 37 |
| 2.4.5. Unit Pembuatan Biogas .....  | 38 |
| 2.4.5.1. Pertimbangan dalam Pembuatan Biodigester.....                      | 38 |
| 2.4.5.2. Kondisi Biodigester yang Baik.....                                 | 43 |
| 2.4.6. Pemeliharaan dan Perawatan Instalasi Biogas .....                    | 45 |
| 2.4.7. Hasil Samping Biogas .....   | 46 |
| 2.4.8. Biogas dan Aplikasinya.....  | 47 |
| 2.5. Aspek Ekologi/Lingkungan Pemanfaatan Biogas .....                      | 51 |
| 2.5.1. Sistem Tanam Ternak dengan Pendekatan Konsep <i>Zero Waste</i> ..... | 51 |
| 2.5.2. Reduksi Gas Rumah Kaca .....   | 54 |
| 2.5.2.1. Gas Rumah Kaca .....   | 54 |
| 2.5.2.2. Upaya Penurunan Gas Rumah Kaca.....                                | 56 |
| 2.5.2.3. Mitigasi dan Adaptasi Gas Rumah Kaca di Jawa Tengah.....           | 58 |
| 2.5.2.4. Inventarisasi Gas Rumah Kaca dengan Pedoman IPCC .....             | 60 |
| 2.5.2.5. Emisi Gas Rumah Kaca dari Sektor Peternakan .....                  | 62 |
| 2.6. Pembangunan Berkelanjutan .....  | 66 |
| 2.6.1 Konsep Pembangunan Berkelanjutan .....                                | 66 |
| 2.6.2 Prinsip-prinsip Pembangunan Berkelanjutan.....                        | 67 |
| 2.6.3 Strategi Pembangunan Berkelanjutan .....                              | 69 |
| 2.6.4 Pendekatan Pembangunan Berkelanjutan .....                            | 71 |
| 2.6.5 Paradigma Keberlanjutan yang Ditawarkan .....                         | 74 |
| 2.6.6 Program dan Strategi Pengelolaan Lingkungan di Indonesia .....        | 75 |
| 2.6.7 Pembangunan Berkelanjutan; Masa Depan Energi Terbarukan .....         | 78 |
| 2.6.7.1 Energi Terbarukan.....  | 78 |

|   |    |
|---|----|
| 2.6.7.2 Kebijakan Energi Terbarukan .....                   | 79 |
| 2.6.7.3 Keberlanjutan Energi .....                          | 80 |
| 2.6.7.4 Kebijakan Strategis Pengelolaan Energi Biogas ..... | 85 |
| 2.7. Partisipasi Masyarakat .....                           | 88 |
| 2.7.1 Pengertian Partisipasi Masyarakat .....               | 88 |
| 2.7.2 Bentuk Partisipasi Masyarakat .....                   | 89 |
| 2.7.3 Tingkatan Partisipasi Masyarakat .....                | 90 |

### **BAB III**

#### **KERANGKA TEORI DAN KERANGKA KONSEP**

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 3.1. Kerangka Teori .....  | 93 |
| 3.2. Kerangka Konsep ..... | 96 |

### **BAB IV**

#### **METODOLOGI PENELITIAN**

|   |     |
|---|-----|
| 4.1. Tipe/Jenis Penelitian .....  | 98  |
| 4.2. Tempat dan Waktu Penelitian .....  | 98  |
| 4.3. Desain Penelitian .....  | 98  |
| 4.4. Fokus Penelitian .....   | 100 |
| 4.5. Fenomena Penelitian .....  | 100 |
| 4.5.1. Variabel Bebas/Independent (X) .....                                     | 100 |
| 4.5.2. Variabel Terikat/Dependent (Y) .....                                     | 101 |
| 4.6. Prosedur Penelitian .....  | 102 |
| 4.6.1. Pertanyaan Penelitian Nomor 1 (Identifikasi Potensi Energi Biogas) ..... | 102 |
| 4.6.2. Pertanyaan Penelitian Nomor 2 (Pengelolaan Energi Biogas) .....          | 104 |
| 4.6.2.1 Analisis Keberlanjutan Penggunaan Biogas .....                          | 104 |
| 4.6.2.2 Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca .....                                | 107 |
| 4.6.3. Pertanyaan Penelitian Nomor 3 (Optimalisasi Potensi Energi Biogas) ..... | 110 |
| 4.6.3.1 Sistem Tanam Ternak (Pendekatan “Zero Waste”) .....                     | 110 |
| 4.6.3.2 Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca .....                                    | 112 |
| 4.6.4. Pertanyaan Penelitian Nomor 4 (Partisipasi Masyarakat) .....             | 114 |
| 4.6.5. Pertanyaan Penelitian Nomor 5 (Strategi Prioritas) .....                 | 117 |
| 4.7. Validitas dan Reliabilitas Instrumen .....                                 | 129 |
| 4.7.1. Validitas Instrumen .....  | 129 |

|   |     |
|---|-----|
| 4.7.2. Reliabilitas Instrumen.....  | 130 |
| 4.8. Teknik Pengumpulan Data .....  | 130 |
| 4.9. Alur Penelitian.....   | 133 |
| <b>BAB V</b>  |     |
| <b>ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>  |     |
| 5.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian .....  | 135 |
| 5.1.1 Letak Geografis.....  | 135 |
| 5.1.2 Letak Administrasi.....   | 135 |
| 5.1.3 Keadaan Penduduk.....   | 137 |
| 5.1.4 Keadaan Iklim .....   | 139 |
| 5.1.5 Luas dan Fungsi Lahan .....   | 139 |
| 5.1.6 Sarana dan Prasarana .....  | 142 |
| 5.2. Identifikasi Potensi Energi Biogas .....                                     | 143 |
| 5.3. Pengelolaan Energi Biogas.....   | 150 |
| 5.3.1 Analisis Faktor Teknis .....  | 151 |
| 5.3.2 Analisis Faktor Sosial .....  | 171 |
| 5.3.3 Analisis Faktor Lingkungan.....   | 177 |
| 5.3.4 Analisis Faktor Ekonomi .....   | 181 |
| 5.3.5 Analisis Faktor Manajemen (Kelembagaan dan Kebijakan) .....                 | 184 |
| 5.3.6 Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca .....                                    | 188 |
| 5.3.6.1 Populasi Ternak di Desa Jetak, Kecamatan Getasan .....                    | 188 |
| 5.3.6.2 Emisi Gas Metana (CH <sub>4</sub> ) dari Fermentasi Enterik.....          | 189 |
| 5.3.6.3 Emisi Gas Metana (CH <sub>4</sub> ) dari Pengelolaan Kotoran Ternak ..... | 191 |
| 5.3.6.4 Emisi Gas Dinitrogen Oksida (N <sub>2</sub> O) Secara Langsung .....      | 193 |
| dan Tidak Langsung dari Pengelolaan Kotoran Ternak .....                          | 193 |
| 5.4. Optimalisasi Potensi Energi Biogas .....                                     | 195 |
| 5.4.1 Sistem Tanam Ternak (Pendekatan “Zero Waste”) .....                         | 195 |
| 5.4.2 Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca .....  | 200 |
| 5.5. Partisipasi Masyarakat.....  | 203 |
| 5.5.1 Bentuk Partisipasi Masyarakat .....   | 203 |
| 5.5.1.1 Temuan Bentuk Partisipasi Masyarakat.....                                 | 205 |
| 5.5.1.2 Dasar Partisipasi Masyarakat .....  | 208 |
| 5.5.2 Identifikasi dan Analisis Tingkat Partisipasi Masyarakat.....               | 211 |
| 5.5.2.1 Tingkat Partisipasi Masyarakat.....                                       | 211 |

|  |     |
|--|-----|
| 5.5.2.2 Temuan Tingkat Partisipasi Masyarakat.....     | 214 |
| 5.5.2.3 Temuan Tingkat Partisipasi Masyarakat.....     | 215 |
| 5.6. Strategi Pengelolaan Prioritas Energi Biogas..... | 219 |

## **BAB VI**

### **PENUTUP**

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 6.1. Kesimpulan.....        | 229        |
| 6.2. Implikasi Teori .....  | 231        |
| 6.3. Rekomendasi .....      | 232        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b> | <b>234</b> |



**SEKOLAH PASCASARJANA**

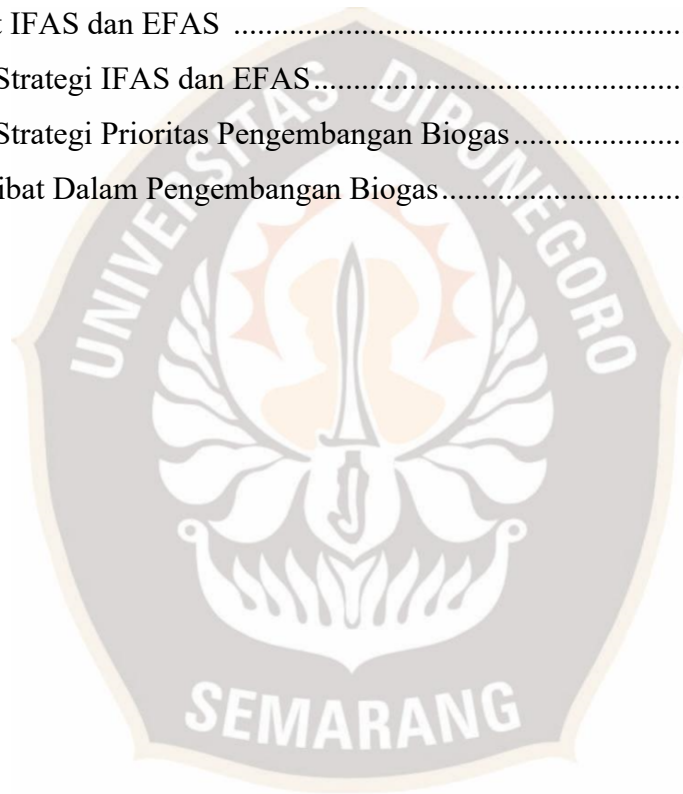


## DAFTAR TABEL

|  |     |
|--|-----|
| Tabel 1. Orisinalitas Penelitian.....  | 11  |
| Tabel 2. Produksi Kotoran Ternak .....                                       | 32  |
| Tabel 3. Potensi Produksi Gas.....   | 33  |
| Tabel 4. Rasio C/N Dari Beberapa Bahan Organik.....                          | 34  |
| Tabel 5. Komposisi Penyusun Biogas .....                                     | 34  |
| Tabel 6. Nilai Kesetaraan Biogas dan Energi yang dihasilkan.....             | 35  |
| Tabel 7. Jenis Bakteri Methanogenik .....                                    | 37  |
| Tabel 8. Volume dan Produksi Biogas .....                                    | 40  |
| Tabel 9. Kelemahan dan Kelebihan Beberapa Jenis Digester .....               | 42  |
| Tabel 10. Persyaratan Pengembangan Biogas.....                               | 50  |
| Tabel 11. Potensi Limbah Pertanian Untuk Pakan Ternak.....                   | 52  |
| Tabel 12. Jenis-jenis Gas Rumah Kaca dan Nilai Potensi Pemanasan Global..... | 56  |
| Tabel 13. Alokasi Penurunan Gas Rumah Kaca Nasional Tahun 2020 .....         | 58  |
| Tabel 14. Tingkat Emisi CO <sub>2</sub> (e) Jawa Tengah.....                 | 58  |
| Tabel 15. Faktor Emisi Fermentasi Pencernaan .....                           | 65  |
| Tabel 16. Faktor Emisi Pengelolaan Kotoran Ternak .....                      | 66  |
| Tabel 17. Variabel Bebas Dalam Operasional.....                              | 101 |
| Tabel 18. Variabel Terikat Dalam Operasional.....                            | 102 |
| Tabel 19. Data Identifikasi Potensi Energi Biogas.....                       | 103 |
| Tabel 20. Faktor Keberlanjutan Penggunaan Energi Biogas Desa Jetak .....     | 105 |
| Tabel 21. Data Inventarisasi Gas Rumah Kaca .....                            | 107 |
| Tabel 22. Data Sistem Tanam Ternak .....                                     | 111 |
| Tabel 23. Data Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Desa Jetak.....                | 112 |
| Tabel 24. Data Partisipasi Masyarakat .....                                  | 115 |
| Tabel 25. Matriks Analisis SWOT .....  | 118 |
| Tabel 26. Matriks Analisis Strategi Faktor Internal .....                    | 120 |
| Tabel 27. Matriks Analisis Strategi Faktor Eksternal .....                   | 122 |
| Tabel 28. Matriks Strategi Hasil Analisis SWOT .....                         | 123 |
| Tabel 29. Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan.....                      | 125 |
| Tabel 30. Matriks Perbandingan Berpasangan.....                              | 126 |
| Tabel 31. Komponen Data Penelitian.....                                      | 131 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabel 32. Komponen Data Informan .....   | 131 |
| Tabel 33. Jumlah Penduduk Menurut Kelompok Umur di .....                           | 136 |
| Desa Jetak Tahun 2020 .....  | 136 |
| Tabel 34. Jumlah Penduduk Menurut Mata Pencaharian di .....                        | 138 |
| Desa Jetak Tahun 2020 .....  | 138 |
| Tabel 35. Jumlah Penduduk Menurut Tingkat Pendidikan di .....                      | 138 |
| Desa Jetak Tahun 2020 .....  | 138 |
| Tabel 36. Penggunaan Lahan di Desa Jetak Tahun 2020 .....                          | 139 |
| Tabel 37. Jumlah Sarana Pendidikan di Desa Jetak Tahun 2020 .....                  | 141 |
| Tabel 38. Jumlah Sarana Kesehatan di Desa Jetak Tahun 2020 .....                   | 141 |
| Tabel 39. Jumlah Tenaga Kesehatan di Desa Jetak Tahun 2020.....                    | 142 |
| Tabel 40. Data Populasi Sapi Perah di Desa Jetak Tahun 2019 .....                  | 143 |
| Tabel 41. Produksi Kotoran, Potensi Gas dan Methan di .....                        | 145 |
| Desa Jetak, Kecamatan Getasan.....   | 145 |
| Tabel 42. Kesetaraan kandungan gas methan dengan Elpiji, Minyak Tanah, .....       | 146 |
| Solar, Bensin dan Kayu Bakar di Desa Jetak, Kecamatan Getasan.....                 | 146 |
| Tabel 43. Sebaran Potensi Pembangunan Instalasi Biogas Beton Skala.....            | 147 |
| Rumah Tangga sesuai Peraturan menteri ESDM No 10 tahun 2015.....                   | 147 |
| Tabel 44. Kebutuhan LPG dan Kecukupan Biogas untuk Memasak .....                   | 148 |
| Tabel 45. Jumlah Sapi Masyarakat Pengguna Aktif Biogas Tahun 2019 .....            | 150 |
| Tabel 46. Jumlah Sapi Masyarakat Pengguna Aktif Biogas Per Dusun .....             | 151 |
| di Desa Jetak Tahun 2019 .....   | 151 |
| Tabel 47. Jumlah Ternak dan Unggas Tahun 2014 – 2019 (Animal Unit) .....           | 188 |
| Tabel 48. Jumlah Emisi CH <sub>4</sub> dari Fermentasi Enterik (Ton) .....         | 189 |
| Tahun 2014-2019 .....  | 189 |
| Tabel 49. Jumlah Emisi CH <sub>4</sub> dari Pengelolaan Kotoran Ternak (Ton) ..... | 191 |
| Tahun 2014-2019 .....  | 191 |
| Tabel 50. Jumlah Emisi N <sub>2</sub> O Langsung dari Pengelolaan .....            | 193 |
| Kotoran Ternak (Ton) Tahun 2014-2019 .....   | 193 |
| Tabel 51. Jumlah Emisi N <sub>2</sub> O Tidak Langsung dari Pengelolaan .....      | 193 |
| Kotoran Ternak (Ton) Tahun 2014-2019 .....   | 193 |
| Tabel 52. Nilai Emisi dan Reduksi Gas Rumah Kaca Desa Jetak.....                   | 200 |
| Tabel 53. Distribusi Frekuensi Bentuk Sumbangan Partisipasi .....                  | 202 |
| Tabel 54. Distribusi Frekuensi Bentuk Sumbangan Pikiran Dalam Pertemuan.....       | 203 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabel 55. Distribusi Frekuensi Motivasi Keterlibatan Masyarakat.....          | 207 |
| Tabel 56. Perhitungan Skor Tingkat Partisipasi Masyarakat .....               | 209 |
| Dengan Skala Likert .....   | 209 |
| Tabel 57. Tingkatan Partisipasi Dan Tahapan program .....                     | 214 |
| Tabel 58. Tingkat Partisipasi Keseluruhan Program .....                       | 216 |
| Tabel 59. Ringkasan Tingkat Partisipasi dan Arahana Pengelolaan Program ..... | 217 |
| Berdasarkan Partisipasi .....   | 217 |
| Tabel 60. Internal Factor Analysis Strategic (IFAS).....                      | 218 |
| Tabel 61. Eksternal Factor Analysis Strategic (EFAS).....                     | 220 |
| Tabel 62. Skor bobot IFAS dan EFAS .....                                      | 221 |
| Tabel 63. Alternatif Strategi IFAS dan EFAS.....                              | 222 |
| Tabel 64. Alternatif Strategi Prioritas Pengembangan Biogas.....              | 223 |
| Tabel 65. Aktor Terlibat Dalam Pengembangan Biogas.....                       | 225 |



SEKOLAH PASCASARJANA

## DAFTAR GAMBAR

|   |     |
|---|-----|
| Gambar 1. Digester jenis kubah tetap ( <i>fixed dome</i> ).....                     | 41  |
| Gambar 2. Digester jenis kubah apung ( <i>floating dome</i> ).....                  | 41  |
| Gambar 3. Konsep Pola Pertanian Terpadu .....                                       | 53  |
| Gambar 4. Sumber Utama Emisi Gas Rumah Kaca Sektor AFOLU .....                      | 63  |
| Gambar 5. Kerangka Teori .....  | 95  |
| Gambar 6. Kerangka Konsep .....   | 97  |
| Gambar 8. Proses Hirarki Analisis SWOT dalam Penentuan Prioritas Kebijakan          | 127 |
| Gambar 9. Diagram Alir Penelitian.....  | 133 |
| Gambar 10. Peta Administrasi Desa Jetak .....                                       | 135 |
| Gambar 11. Peta Penggunaan Lahan Desa Jetak .....                                   | 140 |
| Gambar 12. Grafik Populasi Sapi Perah di Desa Jetak Tahun 2019 .....                | 144 |
| Gambar 13. Peta Persebaran Pengguna Biogas di Desa Jetak.....                       | 152 |
| Gambar 14. Ketersediaan Ternak Sapi.....  | 154 |
| Gambar 15. Digester Utama Jenis Kubah Tetap Kapasitas 8 m <sup>3</sup> .....        | 157 |
| Gambar 16. Kerusakan pada pipa gas akibat penyumbatan pada .....                    | 185 |
| pipa menyebabkan ledakan kecil.....   | 185 |
| Gambar 17. Kotoran Ternak Sapi yang Menumpuk .....                                  | 179 |
| Gambar 18. Hasil Keluaran Biogas Pupuk Padat Organik.....                           | 183 |
| Gambar 19. Konsep tanam ternak pendekatan <i>zero waste</i> pada produksi biogas .. | 195 |
| Gambar 20. Penerapan konsep tanam ternak untuk produksi .....                       | 197 |
| biogas di Desa Jetak .....  | 197 |
| Gambar 21. Grafik Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca di Desa Jetak .....                | 201 |
| Gambar 22. Pie Chart Bentuk Sumbangan Partisipasi Masyarakat .....                  | 203 |
| Gambar 23. Pie Chart Bentuk Sumbangan Pikiran Dalam Pertemuan .....                 | 204 |
| Gambar 24. Pie Chart Motivasi Masyarakat Dalam Partisipasi .....                    | 207 |
| Gambar 25. Bar Chart Kehadiran Dalam Pertemuan .....                                | 211 |
| Gambar 26. Bar Chart Keaktifan Dalam Berdiskusi .....                               | 211 |
| Gambar 27. Bar Chart Keaktifan Dalam Kegiatan Pemeliharaan .....                    | 212 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |     |
|---|-----|
| Lampiran 1. Kisi-kisi pedoman wawancara .....                     | 243 |
| Lampiran 2. Pedoman Wawancara .....                               | 247 |
| Lampiran 3. Kuesioner Partisipasi Masyarakat .....                | 253 |
| Lampiran 4. Angket Data Potensi Ternak .....                      | 256 |
| Lampiran 5. Uji Kualitas Instrumen dan Data .....                 | 268 |
| Lampiran 6. Data Responden Masyarakat Pengguna Aktif Biogas ..... | 271 |
| Lampiran 8. Hasil Perhitungan AHP .....                           | 272 |
| Lampiran 9. Bukti Dokumentasi Penelitian .....                    | 276 |



SEKOLAH PASCASARJANA

## DAFTAR SINGKATAN

|                         |   |
|-------------------------|---|
| GRK                     | : Gas Rumah Kaca  |
| BBM                     | : Bahan Bakar Minyak  |
| BPH                     | : Barel per Hari  |
| KEN                     | : Kebijakan Energi Nasional                                 |
| APBD                    | : Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah                    |
| RPPLH                   | : Rencana Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup     |
| AMDAL                   | : Analisis Mengenai Dampak Lingkungan                       |
| UKL-UPL                 | : Upaya Pengelolaan Lingkungan- Upaya Pemantauan Lingkungan |
| DME                     | : Desa Mandiri Energi                                       |
| RT                      | : Retention Time  |
| TS                      | : Total Solid   |
| IPCC                    | : <i>Intergovernmental Panel of Climate Change</i>          |
| GWP                     | : <i>Global Warming Potential</i>                           |
| AFOLU                   | : <i>Agriculture, Forest and Other Land Use System</i>      |
| CH <sub>4</sub> Enteric | : Emisi gas methane dari fermentasi enteric                 |
| EF                      | : Faktor emisi populasi jenis ternak tertentu               |
| N                       | : Jumlah populasi jenis/kategori ternak tertentu            |
| T                       | : Jenis/kategori ternak                                     |
| K                       | : Faktor Koreksi  |
| UUPL                    | : Undang-undang Pengelolaan Lingkungan                      |
| LPG                     | : Liquefied Petroleum Gas                                   |
| GWP                     | : Global Warming Mitigation Potential                       |
| SWOT                    | : <i>Strenghts, Weakness, Oppurtunity, Threats</i>          |
| AHP                     | : <i>Analitical Hierarcy Process</i>                        |
| EFAS                    | : External Strategic Factors Analysis                       |
| IFAS                    | : Internal Strategic Factors Analysis Summary               |
| QSPM                    | : <i>Quantitative Strategic Planning Matrix</i>             |
| FGD                     | : Focus Group Discussion                                    |



## GLOSARIUM

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| <i>Anaerobic digestion:</i> | Proses fermentasi bahan organik oleh aktivitas bakteri anaerob pada kondisi tanpa oksigen bebas dan merubahnya dari bentuk tersuspensi menjadi terlarut dan biogas (Siddharth, 2006)   |
| Biomassa:                   | Semua senyawa organik yang berasal dari tanaman pertanian, alga, dan sampah organik. Pengelompokan biomassa terbagi menjadi biomassa kayu, biomassa bukan kayu, dan biomassa sekunder.   |
| Biogas:                     | Gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik yang mendegradasi bahan-bahan organik. Contoh dari bahan organik ini adalah kotoran, limbah domestik, atau setiap limbah organik yang dapat diurai oleh makhluk hidup dalam kondisi anaerobik.        |
| Eksplorasi:                 | Politik pemanfaatan yang secara sewenang-wenang atau terlalu berlebihan terhadap sesuatu subyek eksploitasi hanya untuk kepentingan ekonomi semata-mata tanpa mempertimbangan rasa kepatutan, keadilan serta kompensasi kesejahteraan              |
| Emisi Gas Rumah Kaca:       | Emisi gas-gas yang dilepaskan ke atmosfer dari berbagai aktivitas manusia di bumi menimbulkan efek rumah kaca di atmosfer  |
| Energi baru dan terbarukan: | Semua jenis energi yang berasal dari atau dihasilkan dari teknologi baru pengolahan sumber energi tidak terbarukan dan sumber energi terbarukan  |
| Gas Methan:                 | Hidrokarbon paling sederhana yang berbentuk gas dengan rumus kimia $CH_4$ . Metana murni tidak berbau, tetapi jika digunakan untuk keperluan komersial, biasanya ditambahkan sedikit bau belerang untuk mendeteksi kebocoran yang mungkin terjadi. |
| Gas Rumah Kaca:             | Gas-gas yang ada di atmosfer yang menyebabkan efek rumah kaca. Gas-gas tersebut sebenarnya muncul secara alami di lingkungan, tetapi dapat juga timbul akibat aktivitas manusia, terutamanya dengan pembakaran bahan bakar fosil.                  |



|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Global Warming:               | Suatu peristiwa dimana terjadi peningkatan suhu di atmosfer dan permukaan bumi (suhu global). Peningkatan suhu di bumi tentu akan membawa dampak yang cukup besar dan menyebabkan pada perubahan tatanan ekologi suatu kehidupan.   |
| Green House Effect:           | Kaca bersifat transparan terhadap sinar ultraviolet dan sinar tampak (gelombang pendek), tetapi tidak untuk radiasi inframerah (gelombang panjang).   |
| Imbangan C/N:                 | Rasio dari massa karbon terhadap massa nitrogen di suatu zat.   |
| Inventarisasi Gas Rumah Kaca: | Kegiatan untuk memperoleh data dan informasi mengenai tingkat, status, dan kecenderungan perubahan emisi <b>GRK</b> secara berkala dari berbagai sumber emisi (source) dan penyerapnya (sink) termasuk simpanan karbon (carbon stock)   |
| Kebijakan:                    | Rangkaian konsep dan asas yang menjadi pedoman dan dasar rencana dalam pelaksanaan suatu pekerjaan, kepemimpinan, dan cara bertindak. Istilah ini dapat diterapkan pada pemerintahan, organisasi dan kelompok sektor swasta, serta individu. Kebijakan berbeda dengan peraturan dan hukum |
| Konsep Zero Waste:            | Salah satu upaya untuk meminimalisir sampah mulai dari produksi sampah berakhirnya suatu produksi   |
| Limbah peternakan:            | Semua kotoran yang dihasilkan dari suatu kegiatan usaha peternakan baik berupa limbah padat dan cairan, gas, maupun sisa pakan  |
| Partisipasi Masyarakat:       | Sebagai suatu konsep dalam pengembangan masyarakat, digunakan secara umum dan luas. Partisipasi adalah konsep sentral, dan prinsip dasar dari pengembangan masyarakat karena, di antara banyak hal, partisipasi terkait erat dengan gagasan HAM   |
| Pembangunan Berkelanjutan:    | Pembangunan yang memenuhi kebutuhan hidup masa sekarang dengan mempertimbangkan pemenuhan kebutuhan hidup generasi mendatang.   |
| Pemberdayaan Masyarakat:      | Proses penguatan masyarakat secara aktif dan berkelanjutan berdasarkan prinsip keadilan sosial, partisipasi dan kerja sama yang setara  |
| Pencemaran lingkungan:        | Masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat,  |

energi atau komponen lain ke dalam lingkungan atau berubahnya tatanan lingkungan akibat kegiatan manusia atau proses alam. Sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai peruntukannya.

**Pengelolaan lingkungan hidup:** Usaha sadar untuk memelihara dan atau melestarikan serta memperbaiki mutu lingkungan agar dapat memenuhi kebutuhan manusia sebaik-baiknya. Pengelolaan lingkungan hidup mempunyai ruang lingkup yang secara luas dengan cara beraneka ragam pula.

**Sektor peternakan:** Kegiatan mengembangbiakkan dan pemeliharaan hewan ternak untuk mendapatkan manfaat dan hasil dari kegiatan tersebut.

**Sistem Tanam Ternak:** Sistem pertanian yang dicirikan oleh keterkaitan yang erat antara komponen tanaman dan ternak dalam suatu usaha tani atau suatu wilayah atau kawasan.

**Teknologi tepat guna:** Pilihan teknologi beserta aplikasinya yang mempunyai karakteristik terdesentralisasi, berskala relatif kecil, padat karya, hemat energi, dan terkait erat dengan kondisi lokal

SEKOLAH PASCASARJANA

## **ABSTRAK**

Kebutuhan energi di Indonesia meningkat dalam dua dasawarsa terakhir sebesar 91 % yaitu dari 4,24 menjadi 8,1 exajoule sehingga diperlukan sumber energi alternatif untuk mengurangi dampak negative eksploitasi yang berlebihan terhadap sumber energi tidak terbarukan yang juga terbatas. Salah satu potensi Energi Terbarukan di Indonesia adalah dari limbah peternakan sapi perah yang dapat dimanfaatkan menjadi biogas. Program pemerintah untuk mendukung pemanfaatan limbah sapi perah menjadi biogas terwujud dalam program Desa Mandiri Energi (DME) di Desa Jetak, Kecamatan Getasan, Kabupaten Semarang yang memiliki 50 instalasi biogas. Akan tetapi pelaksanaannya belum optimal dikarenakan kendala yang dialami terutama berkaitan dengan faktor teknis dan faktor sosial. Penelitian ini lebih befokus pada pola pengelolaan limbah ternak sapi perah menjadi energi biogas secara berkelanjutan dengan merujuk berbagai aspek yaitu aspek teknis, ekologi, ekonomi, sosial dan manajemen sehingga dapat dirumuskan strategi prioritas dalam pengelolaan biogas secara berkelanjutan yang dapat digunakan untuk mengembangkan sistem tersebut di Desa Jetak secara khusus dan desa lain secara umum. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan tipe deskriptif, eksploratif, dan survey, sementara data yang dikumpulkan dianalisis berdasarkan *Strenght, Weakness, Opportunity, Threat* (SWOT) dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) Analysis. Temuan penelitian ini adalah (1) Desa Jetak dapat terbangun instalasi biogas skala rumah tangga dengan bahan dasar beton sebanyak 69 unit dengan kapasitas 6 m<sup>3</sup>; (2) Pengelolaan limbah ternak sapi perah menjadi biogas di Desa Jetak termasuk kategori layak bersyarat. Artinya terdapat beberapa faktor yang harus diperbaiki dan dimaksimalkan pemanfaatannya terutama pada aspek teknik, ekonomi, ekologi, dan manajemen; (3) Masyarakat pengguna biogas aktif di Desa Jetak belum menerapkan sistem tanam ternak dengan pendekatan konsep *zero waste* production system untuk meminimalkan limbah yang dihasilkan dari lingkungan peternakan maupun pertanian serta meningkatkan pendapatan bagi peternak/petani. Jika melihat secara keseluruhan hasil reduksi emisi gas rumah kaca dari sektor peternakan terutama ternak sapi perah di Desa jetak belum menampakkan hasil yang optimal; (4) Tingkat partisipasi masyarakat Desa Jetak dalam pemanfaatan limbah ternak menjadi biogas tergolong rendah, dan (5) Alternatif strategi yang menjadi prioritas utama adalah penguatan kelembagaan. Bentuk implemetasi strategi ini adalah dengan membuat suatu lembaga yang memfokuskan pengelolaan biogas dari hulu ke hilir.

Kata Kunci: Biogas, energi terbarukan, limbah kotoran sapi, partisipasi, *zero waste*.

## ABSTRACT

Energy demand in Indonesia has increased by 91% in the last two decades, from 4.24 to 8.1 exajoules, so alternative energy sources are needed to reduce the negative impact of over-exploitation of non-renewable energy sources which are also limited. One of the potentials for Renewable Energy in Indonesia is from dairy farm waste which can be utilized to become biogas. The government's program to support the utilization of dairy cow waste into biogas is realized in the Independent Energy Village (DME) program in Jetak Village, Getasan District, Semarang Regency which has 50 biogas installations. However, the implementation has not been optimal due to the constraints experienced mainly related to technical factors and social factors. This research focuses more on the pattern of managing dairy cattle waste into biogas energy in a sustainable manner by referring to various aspects, namely technical, ecological, economic, social and management aspects so that priority strategies can be formulated in sustainable management of biogas which can be used to develop the system in the village. Jetak in particular and other villages in general. This research was conducted using a descriptive, exploratory, and survey type approach, while the data collected was analyzed based on Strength, Weakness, Opportunity, Threat (SWOT) and Analytical Hierarchy Process (AHP) Analysis. The findings of this study are (1) Jetak Village can build household-scale biogas installations with 69 units of concrete as a base material with a capacity of 6 m<sup>3</sup>; (2) The management of dairy cattle waste into biogas in Jetak Village is included in the conditionally eligible category. This means that there are several factors that must be improved and maximized, especially in the technical, economic, ecological and management aspects; (3) The active biogas user community in Jetak Village has not implemented a livestock farming system with a zero-waste production system concept approach to minimize waste generated from livestock and agriculture environments and increase income for breeders/farmers. If you look at the overall results of reducing greenhouse gas emissions from the livestock sector, especially dairy cattle in Jetak Village, they have not shown optimal results; (4) The level of participation of the people of Jetak Village in the utilization of livestock waste into biogas is low, and (5) The alternative strategy that is the main priority is institutional strengthening. The form of implementing this strategy is to create an institution that focuses on biogas management from upstream to downstream.

Keywords: Biogas, dairy cow waste, participation, renewable energy, zero-waste.

SEKOLAH PASCASARJANA

## **RINGKASAN**

Kebutuhan penggunaan energi semakin meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dan peningkatan konsumsi energi oleh masyarakat akibat penggunaan berbagai macam peralatan elektronik untuk menunjang kenyamanan dalam kehidupan (Waskito, 2011). Merujuk hasil sensus penduduk tahun 2020, jumlah penduduk Indonesia sebesar 270,2 juta jiwa pada rentang tahun 2010-2020, dan laju pertumbuhan penduduk Indonesia rata-rata sebesar 1,25%. Pada tahun 2045 BPS memproyeksikan jumlah penduduk Indonesia akan mengalami peningkatan sebesar 318,9 juta jiwa (BPS,2020). Hal tersebut menyebabkan konsumsi energi di Indonesia meningkat cukup tinggi. Pada tahun 2000 konsumsi energi mencapai 4,24 exajoule dan terjadi peningkatan pada tahun 2020 sebesar 91 persen menjadi 8,1 exajoule (Pratiwi,2022). Indonesia perlu mengembangkan energi terbarukan seperti seperti biogas yang cukup berpotensi dikembangkan di Indonesia

Desa Jetak di Kabupaten Semarang merupakan salah satu desa di Jawa Tengah yang mendukung program Pemerintah menuju Desa Mandiri Energi tersebut dengan jumlah instalasi biogas sebanyak 41 buah. Program biogas perdesaan ini di Jetak tidak dapat berlangsung secara berkelanjutan dikarenakan kendala yang dialami terutama berkaitan dengan faktor teknis dan faktor sosial, walaupun sebenarnya energi biogas dapat dikembangkan di daerah tersebut mengingat keberadaan ternak sapi cukup memungkinkan untuk mengembangkan energi biogas secara optimal. Hal ini menjadikan kajian pengelolaan berkelanjutan energi biogas dari kotoran sapi perah perlu dilakukan di Desa Jetak, Kabupaten Semarang.

Fokus dari penelitian ini adalah menganalisis: (1) Potensi energi biogas dari limbah ternak sapi perah di Desa Jetak, (2) Pengelolaan energi biogas di Desa Jetak, (3) Optimalisasi potensi energi biogas dari limbah sapi perah di Desa Jetak, (4) Partisipasi masyarakat dalam pemanfaatan energi biogas di Desa Jetak, (5) Perumusan strategi prioritas pengelolaan berkelanjutan dalam mendukung pemanfaatan energi biogas khususnya di daerah pedesaan. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah wawancara mendalam (*indepth interview*), wawancara semi terstruktur, studi literatur dan observasi. Informan kunci dalam penelitian ini adalah 3 orang yaitu kepala desa, sekretaris desa dan koordinator biogas. Untuk responden berjumlah 50 orang/kk. Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian adalah model analisis interaktif, analisis deskriptif, analisis SWOT dan AHP.



Hasil penelitian ini adalah: (1) Desa Jetak dapat terbangun instalasi biogas skala rumah tangga dengan bahan dasar beton sebanyak 69 unit instalasi biogas dengan kapasitas 6 m<sup>3</sup> jika mengacu pada angka potensi energi terbarukan dengan bahan dasar limbah ternak sapi perah. Potensi biogas untuk kebutuhan memasak setiap bulannya jauh melebihi kebutuhan biogas dengan selisih sebesar 5.198,1 kg/bulan atau 24,8%. Hal ini berarti potensi biogas di Desa Jetak cukup untuk memenuhi kebutuhan memasak seluruh masyarakat di Desa Jetak. (2) Pengelolaan limbah ternak sapi perah menjadi biogas di Desa Jetak termasuk kategori layak bersyarat. Artinya terdapat beberapa faktor yang harus diperbaiki dan dimaksimalkan pemanfaatannya terutama pada aspek teknik, ekonomi, ekologi, dan manajemen. (3) Pelaksanaan optimalisasi potensi energi biogas dari penerapan konsep *zero waste* dan reduksi GRK didapatkan hasil bahwa masyarakat pengguna biogas aktif di Desa Jetak belum menerapkan sistem tanam ternak dengan pendekatan konsep *zero waste production system* untuk meminimalkan limbah yang dihasilkan dari lingkungan peternakan maupun pertanian serta meningkatkan pendapatan bagi peternak/petani. Selain itu secara keseluruhan hasil reduksi emisi GRK dari sektor peternakan terutama ternak sapi perah di Desa Jetak belum menampakkan hasil yang optimal karena belum semua masyarakat peternak sapi perah di Desa Jetak mengaplikasikan teknologi biogas dalam mengelola produksi limbah ternak mereka setiap harinya. (4) Partisipasi masyarakat Desa Jetak dalam pemanfaatan limbah ternak menjadi biogas tergolong rendah yaitu pada tahapan inisiatif, rancangan, dan pelaksanaan. Hal ini dikarenakan pemberi bantuan tidak memberikan kewenangan penuh kepada masyarakat pada setiap tahapan program sehingga menyebabkan rendahnya rasa kepemilikan dan motivasi masyarakat untuk merawat dan memelihara instalasi biogas. (5) Alternatif strategi yang menjadi prioritas utama adalah penguatan kelembagaan. Bentuk implementasi strategi ini adalah dengan membuat suatu lembaga yang memfokuskan pengelolaan biogas dari hulu ke hilir.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa indikator kelembagaan, perumusan kebijakan dalam pemanfaatan energi terbarukan dan partisipasi masyarakat memiliki pengaruh besar terhadap keberlanjutan pemanfaatan limbah ternak sapi perah menjadi energi biogas di Desa Jetak. Dengan adanya kelembagaan yang khusus dibentuk untuk mengelola energi biogas di Desa Jetak maka hambatan yang dialami masyarakat dalam penggunaan energi biogas dapat diminimalisasi dan diatasi dengan baik. Adopsi kebijakan pusat ke tingkat desa terkait implementasi energi terbarukan dapat digunakan untuk menetapkan target dan mewajibkan setiap masyarakat Desa Jetak yang memiliki ternak sapi perah ikut berpartisipasi dalam pemanfaatan

limbah ternak mereka menjadi energi biogas. Kebijakan yang dirumuskan berfokus pada kelebihan-kelebihan penggunaan energi biogas seperti kemudahan teknologinya, pembiayaan, model penggunaan biogas dan dapat memberikan keuntungan secara ekonomi bagi masyarakat di Desa Jetak. Tingkat partisipasi masyarakat dalam setiap tahapan program memiliki pengaruh besar terhadap keberhasilan dalam program tersebut. Tingkat partisipasi masyarakat di Desa Jetak dalam pemanfaatan limbah ternak sapi menjadi energi biogas masih tergolong rendah dikarenakan terdapat tiga tahapan yang masyarakat tidak memiliki kewenangan dalam mengambil keputusan pada tahap tersebut. Untuk itu, perlu adanya peningkatan dalam partisipasi masyarakat dengan melakukan pemberdayaan masyarakat dalam setiap tahapan program minimal pada tingkat *shared control* dimana masyarakat Desa Jetak dan *outsider* dalam hal ini yaitu Pemerintah maupun LSM berinteraksi sejauh mungkin secara bersamaan dalam tiap tahapan program sehingga masyarakat memiliki tanggung jawab penuh untuk memelihara dan merawat instalasi biogas sehingga keberlanjutan dari pemanfaatan limbah ternak sapi menjadi energi biogas dapat tercapai.

Rekomendasi yang dapat diberikan antara lain: (1) Pelaksanaan pengelolaan limbah ternak sapi perah menjadi biogas di Desa Jetak secara keseluruhan diperlukan upaya monitoring dan evaluasi. Para pemberi bantuan bekerjasama dengan masyarakat pengguna untuk meninjau kembali keberlanjutan instalasi yang berada di Desa Jetak. Adanya monev tersebut untuk mengetahui hambatan-hambatan yang dialami masyarakat pengguna biogas sehingga keberlanjutan instalasi biogas dapat dilaksanakan dengan pendekatan sosio-ekologi dan *co-management*. (2) Di daerah pedesaan jenis instalasi biogas dapat menggunakan jenis *fiber glass*. Terdapat beberapa kelebihan pada Jenis *fiber glass* yaitu sistem menggunakan *knock down*, kedap udara dan pemasangan membutuhkan waktu singkat, mudah pendeteksian dan perbaikan jika terjadi kebocoran, memiliki daya tahan kuat hingga 10-15 tahun dan mudah dipindahkan sehingga mudah melakukan renovasi. Jenis ini sangat cocok untuk masyarakat di pedesaan yang kurang pengetahuan dan wawasan. (3) Bagi Pemerintah dan para pemberi bantuan pada indikator ketersediaan energi lain memerlukan perhatian khusus. Penggunaan biogas yang belum optimal dikarenakan adanya ketersediaan energi lain yang digunakan masyarakat pengguna biogas, sehingga saat dilakukan sosialisasi oleh pemberi bantuan perlu penekanan pada kelebihan biogas dibandingkan energi lainnya sehingga kepercayaan masyarakat dapat dibangun dalam menggunakan biogas secara optimal tanpa rasa khawatir. (4) Bagi pemberi bantuan khususnya ESDM Provinsi diharapkan dapat meningkatkan partisipasi masyarakat mulai tahap inisiatif



hingga pemanfaatan. Pelibatan masyarakat secara penuh dan utuh dalam program tersebut menjadi elemen penting dalam keberlanjutan program tersebut. Masyarakat dapat dilibatkan dalam proses pembiayaan dengan melakukan swadaya masyarakat sehingga masyarakat merasa memiliki instalasi tersebut. Hal ini sangat penting dalam meningkatkan motivasi masyarakat untuk merawat dan memelihara instalasi biogas secara kontinu. Dengan demikian keberlanjutan dalam pemanfaatan energi biogas dapat terwujud sehingga tujuan dari pembangunan berkelanjutan pada tujuan energi bersih dan terjangkau dapat tercapai. Luaran dari penelitian ini adalah dokumen saintifik strategi pengelolaan berkelanjutan energi biogas dari kotoran sapi perah di Desa Jetak, Kecamatan Getasan, Kabupaten Semarang, tiga artikel prosiding seminar internasional terindex Scopus dan satu artikel terbit di jurnal internasional terindex Scopus.



SEKOLAH PASCASARJANA

## **SUMMARY**

The need for energy use is increasing along with population growth and increased energy consumption by the community due to the use of various kinds of electronic equipment to support convenience in life (Waskito, 2011). Referring to the results of the 2020 population census, Indonesia's population is 270.2 million in the 2010-2020 range, and the average Indonesian population growth rate is 1.25%. In 2045 BPS (Indonesian Central Agency on Statistics) projects that Indonesia's population will increase by 318.9 million people (BPS, 2020). This causes energy consumption in Indonesia to increase quite high. In 2000 energy consumption reached 4.24 exajoules and there will be an increase in 2020 by 91 percent to 8.1 exajoules (Pratiwi, 2022). Indonesia needs to develop renewable energy such as biogas which has the potential to be developed in Indonesia.

Jetak Village in Semarang Regency is one of the villages in Central Java that supports the Government's program towards Energy Independent Villages (Desa Mandiri Energi) with a total of 41 biogas installations. This rural biogas program in Jetak cannot take place in a sustainable manner due to the constraints experienced mainly related to technical factors and social factors, even though biogas energy can actually be developed in the area considering the presence of cattle is sufficient to enable it to develop biogas energy optimally. This makes it necessary to study the sustainable management of biogas energy from dairy cow manure in Jetak Village, Semarang Regency.

The focus of this study was to analyze: (1) Biogas energy potential from dairy cattle waste in Jetak Village, (2) Biogas energy management in Jetak Village, (3) Optimization of biogas energy potential from dairy cow waste in Jetak Village, (4) Community participation in the use of biogas energy in Jetak Village, (5) Formulation of priority strategies for sustainable management in supporting the use of biogas energy, especially in rural areas. Data collection techniques used were in-depth interviews, semi-structured interviews, literature studies and observation. The key informants in this study were 3 people, namely the village head, the village secretary and the biogas coordinator. For respondents amounted to 50 people. The data analysis technique used in this research is an interactive analysis model, descriptive analysis, SWOT and AHP analysis.

The results of this study are: (1) Jetak Village can build household-scale biogas installations with concrete as the basic material of 69 units of biogas installations with a capacity of 6 m<sup>3</sup> when referring to the number of potential renewable energy with the basic ingredients of dairy cattle waste. The potential for biogas for monthly cooking needs far exceeds biogas needs with a difference of 5,198.1 kg/month or 24.8%. This means that the biogas potential in Jetak Village is sufficient to meet the cooking needs of the entire community in Jetak Village. (2) The management of dairy cattle waste into biogas in Jetak Village is included in the conditionally eligible category. This means that there are several factors that must be improved and maximized, especially in the technical, economic, ecological and management aspects. (3) The implementation of optimizing the potential of biogas energy from the application of the concept of zero waste and reduction of GHG (Greenhouse Gases) shows that the active biogas users in Jetak Village have not implemented a livestock farming system with a zero waste production system concept approach to minimize waste generated from the environment animal husbandry and agriculture as well as increasing income for breeders/farmers. In addition, overall the results of reducing GHG emissions from the livestock sector, especially dairy cattle in Jetak Village, have not shown optimal results because not all dairy farming communities in Jetak Village apply biogas technology in managing their livestock waste production every day. (4) The participation of the Jetak Village community in the utilization of livestock waste into biogas is low, namely at the initiative, design and implementation stages. This is because the aid provider does not give full authority to the community at each stage of the program, resulting in a low sense of community ownership and motivation to care for and maintain the biogas installation. (5) The alternative strategy which is the top priority is institutional strengthening. The form of implementing this strategy is to create an institution that focuses on biogas management from upstream to downstream.

Based on the research results, it can be concluded that institutional indicators, policy formulation in the use of renewable energy and community participation have a major influence on the sustainability of the utilization of dairy cattle waste into biogas energy in Jetak Village. With the existence of a special institution established to manage biogas energy in Jetak Village, the obstacles experienced by the community in using biogas energy can be minimized and handled properly. Adoption of central policies to the village level regarding the implementation of renewable energy can be used to set targets and require every Jetak Village community who owns dairy cattle to participate in the utilization of their livestock waste into biogas energy. The policies

formulated focus on the advantages of using biogas energy such as technological convenience, financing, biogas use models and can provide economic benefits for the people in Jetak Village. The level of community participation in each stage of the program has a major influence on the success of the program. The level of community participation in Jetak Village in the utilization of cattle waste into biogas energy is still relatively low because there are three stages in which the community does not have the authority to make decisions at that stage. For this reason, it is necessary to increase community participation by empowering the community at each stage of the program, at least at the level of shared control, where the Jetak Village community and outsiders, in this case the government and NGOs, interact as far as possible simultaneously at each stage of the program so that the community has full responsibility. to maintain and care for the biogas installation so that the sustainability of the utilization of cattle waste into biogas energy can be achieved.

Recommendations that can be given include: (1) Implementation of the management of dairy cattle waste into biogas in Jetak Village as a whole requires monitoring and evaluation efforts. The aid providers work with the user community to review the sustainability of the installation in Jetak Village. Monitoring and evaluation is carried out to find out the obstacles experienced by the community using biogas so that the sustainability of the biogas installation can be carried out using a socio-ecological and co-management approach. (2) In rural areas the type of biogas installation can use fiber glass. There are several advantages to this type of glass fiber, namely the system uses knock down, airtight and installation requires a short time, easy detection and repair if a leak occurs, has a strong durability of up to 10-15 years and is easy to move so it is easy to do renovations. This type is very suitable for people in rural areas who lack knowledge and insight. (3) For the Government and aid providers, other indicators of energy availability require special attention. The use of biogas that is not optimal is due to the availability of other energy used by biogas users, so when socialization is carried out by aid providers it is necessary to emphasize the advantages of biogas compared to other energy so that people's trust can be built in using biogas optimally without worry. (4) For aid providers, especially ESDM (Indonesian Ministry of Mineral and Coal Engineering and Environment at the provincial level, it is expected to increase community participation from the initiative stage to utilization. Full and complete community involvement in the program is an important element in the sustainability of the program. Community can be involved in the financing process by conducting community self-help so that

the community feels they own the installation. This is very important in increasing community motivation to care for and maintain biogas installations continuously. Thus sustainability in the use of biogas energy can be realized so that the goals of sustainable development on energy goals clean and affordable can be achieved. The output of this study is a scientific document on the strategy for sustainable management of biogas energy from dairy cow dung in Jetak Village, Getasan District, Semarang Regency, three articles in international conference proceedings indexed Scopus and one article published in an international journal indexed Scopus.

