

**KAJIAN PENGOMPOSAN *SLUDGE* DIGESTER BIOGAS DENGAN
CAMPURAN KULIT KOPI DAN ANALISIS FINANSIAL
(Studi Kasus Biogas *Square*, Desa Kediri, Kecamatan Gadingrejo,
Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung)**

(Skripsi)

Oleh

DANI FATURROHMAN



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2021**

ABSTRACT

COMPOSTING STUDY OF SLUDGE DIGESTER BIOGAS WITH COFFEE HUSK MIXTURE AND FINANCIAL ANALYSIS (Case Study of Biogas Square, Kediri Village, Gadingrejo Sub-District, Pringsewu Regency, Lampung Province)

By

DANI FATURROHMAN

There are approximately 20 biogas digesters that have been installed in Kediri Village with capacities ranging from 4 m³ up to 12 m³. In addition to producing biogas, the digester also produces sludge. That can be used as fertilizer through composting with a mixture of coffee husks. This study aimed to determine 1) The yield and quality of the biogas sludge digester compost mixed with coffee husks; 2) The feasibility of making biogas sludge digester compost with coffee husk mixture at Biogas Square, Kediri Village. Sludge 1020 kg was mixed with 120 kg coffee rind and 210 kg cow dung, adjusted for humidity, stacked for 60 days, and turned once every 1 week, observed changes in temperature to ensure the success of the process. After the harvesting process is complete, the yield is calculated and the quality is analyzed. The analytical methods used are analysis of C-organic, N, P, K content and yield analysis for compost quality and analysis of financial feasibility criteria in the form of NPV, IRR, PP, Net B/C, and BEP. The results showed that the compost had an organic C-content of 11,02%, a total N of 1,41%, a total P of 1,60%, a C/N ratio of 7,82%, a total K of 1,18%, and a yield of 54,15%. and the results of the financial feasibility criteria show the NPV value of Rp 68.726.533, the IRR value of 15%, the Net B/C value of 1.484, the Pay Back Period of 6,196 or 6 years 3 months 13 days, and the results show that the business project is feasible to run. Meanwhile, for the BEP in this study, the unit BEP was 5.032 kg of compost and the rupiah BEP was Rp 25.158.694,00.

Keywords: Biogas digester, Biogas Square, Kediri Village, biogas sludge digester, coffee husk, composting, compost quality, financial analysis

ABSTRAK

KAJIAN PENGOMPOSAN *SLUDGE* DIGESTER BIOGAS DENGAN CAMPURAN KULIT KOPI DAN ANALISIS FINANSIAL (Studi Kasus Biogas *Square*, Desa Kediri, Kecamatan Gadingrejo, Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung)

Oleh

DANI FATURROHMAN

Digester biogas yang sudah terinstal di Desa Kediri berjumlah lebih kurang 20 buah dengan kapasitas mulai dari 4 m³ - 12 m³. Selain menghasilkan biogas, digester juga menghasilkan *sludge*. Salah satu cara yang dapat dilakukan agar *sludge* digester biogas dapat dimanfaatkan sebagai pupuk melalui pengomposan dengan campuran kulit kopi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui 1) Rendemen dan mutu kompos *sludge* digester biogas yang dicampur kulit kopi; 2) Kelayakan usaha pembuatan kompos *sludge* digester biogas dengan campuran kulit kopi pada Biogas *Square*, Desa Kediri. *Sludge* 1020 kg dicampur dengan kulit kopi 120 kg dan kotoran sapi 210 kg, diatur kelembabanya, ditumpuk selama 60 hari, dan dilakukan pembalikan setiap 1 minggu sekali, diamati perubahan suhu untuk memastikan keberhasilan proses. Setelah proses selesai dilakukan pemanenan kemudian dihitung rendemen dan dianalisis mutunya. Metode analisis yang digunakan yaitu analisis kandungan C-organik, N, P, K dan analisis rendemen untuk mutu kompos dan analisis Kriteria kelayakan finansial berupa NPV, IRR, PP, Net B/C dan BEP. Hasil menunjukkan kompos memiliki kandungan C-organik sebesar 11,02 %, N total 1,41%, P total 1,60%, C/N rasio 7,82%, K total 1,18% dan rendemen sebesar 54,15% dan hasil kriteria kelayakan finansial menunjukkan nilai NPV sebesar Rp 68.726.533, nilai IRR sebesar 15%, nilai Net B/C sebesar 1,484, *Pay Back Period* sebesar 6,196 atau 6 tahun 3 bulan 13 hari. Sementara untuk BEP pada penelitian ini untuk BEP unit yaitu sebesar 5.032 kg kompos dan BEP rupiah sebesar Rp 25.158.694,00.

Kata kunci : Digester biogas, Biogas *Square*, Desa Kediri, *sludge* digester biogas, kulit kopi, pengomposan, mutu kompos, analisis finansial

**KAJIAN PENGOMPOSAN *SLUDGE* DIGESTER BIOGAS DENGAN
CAMPURAN KULIT KOPI DAN ANALISIS FINANSIAL
(Studi Kasus Biogas *Square*, Desa Kediri, Kecamatan Gadingrejo,
Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung)**

Oleh

DANI FATURROHMAN

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada

**Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

Judul Skripsi : KAJIAN PENGOMPOSAN *SLUDGE* DIGESTER
BIOGAS DENGAN CAMPURAN KULIT KOPI
DAN ANALISIS FINANSIAL (Studi Kasus Biogas
Square, Desa Kediri, Kecamatan Gadingrejo,
Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung)

Nama Mahasiswa : Dani Faturrohman

Nomor Pokok Mahasiswa : 1714231004

Program Studi : Teknologi Industri Pertanian

Fakultas : Pertanian



Ir. Otik Nawansih, M.P.
NIP 19650503 199010 2 001

Ir. Harun Al Rasyid, M.T.
NIP 19620612 198803 1 002

2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian

Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A.
NIP 19721006 199803 1 005

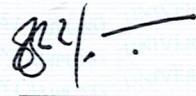
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

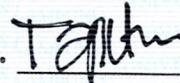
Ketua : **Ir. Otik Nawansih, M.P.**



Sekretaris : **Ir. Harun Al Rasyid, M.T.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP. 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **14 Desember 2021**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Dani Faturrohman NPM 1714231004

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri yang berdasarkan pada pengetahuan dan data yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 14 Desember 2021
Yang membuat pernyataan



Dani Faturrohman
NPM 1714231004

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Teluk Betung pada tanggal 17 April 1999 sebagai anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Edy Junaidi dan Ibu Fatmawati.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 3 Tanjung Intan, Kecamatan Purbolinggo, Lampung Timur, yang diselesaikan pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Purbolinggo, Lampung Timur yang diselesaikan pada tahun 2014, dan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Purbolinggo, Lampung Timur yang diselesaikan pada tahun 2017.

Penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri – Barat (SNMPTN) pada tahun 2017. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik pada Januari-Februari 2020 di Desa Sidodadi, Kecamatan Sungkai Selatan, Kabupaten Lampung Utara dan menjadi ketua pelaksana Festival Sungkai Selatan. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di ITARA Rukun Santosa, Muara jaya, Sukadana, Lampung Timur, dengan judul “ Mempelajari Proses Penanganan Limbah Padat dan Cair Tapioka di ITARA Rukun Santosa Sukadana Lampung Timur”.

Penulis juga aktif di organisasi kemahasiswaan Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian (HMJ THP) FP Unila sebagai Sekretaris Bidang Dana dan Usaha periode 2018/2019 dan anggota bidang dana dan usaha periode 2020. Penulis pernah menjadi anggota Divisi Pengembangan Dan Pembinaan Sumber Daya Manusia (PPSDM) Forum Komunikasi Mahasiswa Bidik Misi Universitas Lampung (FORKOM BM Unila). Penulis juga pernah menjadi tutor Forum Ilmiah Mahasiswa (FILMA) FP Unila periode 2018/2019.

**“Bahwa tiada yang orang dapatkan, kecuali yang ia usahakan”
(Q.S. An Najm ayat 39)**

**“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(Q.S Al Baqarah : 286, Al An'am : 152)**

**“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan,
sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”
(Q.S Al-Insyiroh : 5-6)**

**“Jagalah sholat maka Allah SWT akan menjagamu”
(Pedoman Hidup)**

**You'll Never Walk Alone
(Liverpool FC)**

SANWACANA

Alhamdulillah robbil'aalaamiin, puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat, hidayah dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “ Kajian Pengomposan *Sludge* Digester Biogas dengan Campuran Kulit Kopi dan Analisis Finansial “(Studi Kasus Biogas *Square*, Desa Kediri, Kecamatan Gadingrejo, Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung)”. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Sarjana (S-1) di Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih atas segala dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak selama proses studi dan juga selama proses penyusunan skripsi ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Ibu Ir. Otik Nawansih, M.P., selaku Pembimbing Pertama dan Pembimbing Akademik atas ketulusan hati, kesabarannya dalam membimbing penulis dan memberikan bantuan, motivasi, arahan, serta ilmu yang diberikan selama masa studi dan penyusunan skripsi.
4. Bapak Ir. Harun Al Rasyid, M.T., selaku Pembimbing Anggota – atas kebaikan, bimbingan dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si., selaku Pembahas – atas masukan, koreksi dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu dosen pengajar di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung – atas keikhlasan dalam memberikan ilmunya dan memberikan banyak pembelajaran yang banyak diadopsi oleh penulis.

7. Bapak, Ibu, Adik, beserta keluarga besarku – atas semua kasih sayang, nasehat, dukungan, dan keceriaan di keluarga serta do'a tulus yang selalu tercurah tiada henti bagi penulis.
8. Mba Aliya yang membantu, menemani, dan memberikan motivasi pada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
9. Rekan seperjuangan Luhung, Bagus, Bowo, Ariz, Rafi, Arlan, dan anak kontrakan Jay, Melian, Aan, Agis, Rully, yang yang selalu membantu dalam penelitian dan perkuliahan penulis.
10. Mas Nur, dan Mbak Fatimah yang telah memberikan kemudahan dan bantuan pada penulis dalam penyelesaian penelitian di Biogas Square.
11. Keluarga Besar HMJ THP FP Unila atas pembelajaran, pengalaman yang luar biasa, senang menjadi bagian didalamnya.
12. Teman-teman THP dan TIP angkatan 2017 yang tidak bisa disebutkan semua. Terimakasih atas do'a, kenangan, bantuan, motivasi dan kebersamaannya.

Semoga Allah SWT selalu menyayangi dan menuntun kita pada jalan yang diridhoi-Nya dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat. Aamiin...

Bandar Lampung, 14 Desember 2021

Dani Faturrohman

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Kerangka Pikir.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Produksi Biogas.....	5
2.1.1 Proses Terbentuknya Biogas	6
2.2 <i>Sludge</i> Digester Biogas	8
2.3 Kulit Kopi.....	10
2.4 Teknologi Pengomposan	11
2.4.1 Pengomposan Aerobik (Sistem Terbuka).....	12
2.4.2 Pengomposan Anaerobik (Sistem Tertutup)	13
2.4.3 Faktor Utama yang Mempengaruhi Pengomposan	15
2.5 Analisis Finansial	18
2.5.1 Biaya (<i>Cost</i>).....	19
2.5.2 <i>Benefit</i> /Manfaat/Pendapatan.....	20
2.5.3 Bunga.....	20
2.5.4 Kriteria Penilaian Investasi	20
2.6 Analisis Sensitivitas	22
III. BAHAN DAN METODE	23
3.1 Waktu dan Tempat	23

3.2	Alat dan Bahan	23
3.3	Ruang Lingkup Penelitian	23
3.4	Metode Penelitian	24
3.5	Pelaksanaan Penelitian	24
3.5.1	Metode Pengumpulan Data	26
3.5.1.1	Wawancara	26
3.5.1.2	Observasi	27
3.5.1.3	Studi Literatur dan Kepustakaan	27
3.5.2	Analisis Mutu Kompos	27
3.5.2.1	Analisis Kadar Karbon (C)	27
3.5.2.2	Analisis Kadar Nitrogen (N)	28
3.5.2.3	Analisis Rasio C/N kompos	29
3.5.2.4	Analisis Kadar Phospor (P)	29
3.5.2.5	Analisis Kadar Kalium (K)	29
3.5.2.6	Analisis Kadar Air	29
3.5.3	Analisis Finansial	30
3.5.3.1	<i>Break Event Point</i> (BEP)	30
3.5.3.2	<i>Payback Period</i> (PP)	31
3.5.3.3	<i>Net Present Value</i> (NPV)	31
3.5.3.4	<i>Internal Rate of Return</i> (IRR)	32
3.5.3.5	<i>Net Benefit Cost Ratio</i> (Net B/C)	32
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1	Indikator Keberhasilan Proses Pengomposan	34
4.1.1	Suhu Tumpukan Kompos	34
4.1.2	Rendemen Kompos yang Dihasilkan	36
4.1.3	Mutu Kompos yang Dihasilkan	38
4.2	Analisis Finansial	43
4.2.1	Asumsi Dasar	43
4.2.2	Biaya Investasi	45

4.2.3	Sumber dan Struktur Pembiayaan	47
4.2.4	Aliran Kas.....	49
4.2.5	Analisis Kriteria Investasi dan Perhitungan BEP.....	51
4.2.6	Analisis Sensitivitas	53
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran.....	55
	DAFTAR PUSTAKA	57
	LAMPIRAN.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi biogas.....	6
2. Kandungan <i>sludge</i> digester biogas basis basah	9
3. Standar kualitas kompos (SNI 19-7030-2004).....	18
4. Mutu kompos hasil penelitian dan SNI 19-1730-2004	38
5. Harga bahan pendukung	44
6. Rincian modal tetap	46
7. Rincian biaya variabel.....	46
8. Rincian modal kerja	47
9. Struktur pembiayaan modal tetap dan modal kerja.....	48
10. Rencana pencairan pinjaman modal tetap dan modal kerja.....	48
11. Rencana pengembalian pinjaman modal tetap dan modal kerja.....	49
12. Proyeksi penerimaan usaha kompos <i>sludge</i> digester biogas.....	50
13. Akumulasi laba bersih usaha kompos <i>sludge</i> digester biogas	50
14. Analisis <i>Break Event Point</i> (BEP) usaha kompos <i>sludge</i>	52
15. Analisis sensitivitas terhadap kenaikan biaya operasional	53
16. Analisis sensitivitas terhadap penurunan harga jual kompos	54
17. Lampiran perhitungan biaya investasi modal tetap.....	66
18. Lampiran perhitungan bunga masa konstruksi	67
19. Lampiran penyusutan barang modal tetap	67
20. Lampiran penentuan modal kerja selama 2 bulan.....	68
21. Lampiran jadwal pengembalian kredit modal tetap.....	68
22. Lampiran jadwal pengembalian kredit modal kerja.....	68
23. Lampiran biaya pemeliharaan dan perbaikan fasilitas produksi.....	68
24. Lampiran perincian biaya bahan baku, bahan pembantu dan utilitas	69

25. Lampiran biaya operasional	69
26. Lampiran proyeksi laba rugi	70
27. Lampiran proyeksi arus kas	71
28. Lampiran kriteria kelayakan investasi	72
29. Lampiran suhu harian pengomposan	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram alir kerangka pemikiran	4
2. Diagram alir pengomposan <i>sludge</i> digester biogas.....	26
3. Suhu tumpukan kompos selama 60 hari	34
4. Neraca massa pengomposan	37
5. Kompos matang hari ke-60	41
6. Grafik arus kas usaha kompos <i>sludge</i> digester biogas.....	51
7. Pengambilan <i>sludge</i> digester biogas	63
8. Penjemuran <i>sludge</i> digester biogas	63
9. Bahan baku kulit kopi	63
10. Penimbangan bahan kompos.....	64
11. Pencampuran bahan kompos	64
12. Proses pembalikan kompos	64
13. Pengukuran suhu harian kompos	65
14. Proses pemanenan kompos	65
15. Proses pengemasan kompos.....	65

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Desa Kediri terletak di Kecamatan Gadingrejo, Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung. Desa Kediri merupakan desa yang diproyeksikan sebagai desa mandiri energi kedepannya. Melalui kegiatan pengabdian tim Unila dan Pemerintah Daerah Kabupaten Pringsewu, dibuatlah beberapa digester biogas. Digester biogas yang sudah terinstal di Desa Kediri berjumlah lebih kurang 20 buah dengan kapasitas mulai dari 4 m³, 10 m³, dan 12 m³ (Ginting dkk., 2019).

Jumlah kotoran sapi di Desa Kediri melimpah karena pada tahun 2012, telah bergulir bantuan 30 ekor sapi untuk masyarakat yang tergabung dalam kelompok peternak yang diberikan oleh Dinas Peternakan Kabupaten Pringsewu. Sehingga hampir 90 % anggota kelompok tani memiliki hewan ternak sapi seiring berjalannya waktu. Kotoran sapi yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai bahan baku utama digester biogas. Biogas yang dihasilkan dimanfaatkan oleh warga sebagai bahan bakar memasak setiap hari. Hal ini juga merupakan salah satu upaya untuk mengurangi bahaya gas metana yang dapat menyebabkan *global warming* apabila langsung lepas ke udara (Ginting dkk., 2019). Kandungan yang terdapat didalam biogas yaitu 60–70% metana dan 30–40% CO₂ dan sedikit H₂S, yang dapat terbakar (Haryanto, 2014).

Selain menghasilkan biogas, digester juga menghasilkan *sludge*. *Sludge* digester biogas masih mengandung unsur hara, enzim, hormon pertumbuhan dan beberapa bahan organik makro dan mikro sehingga berpotensi meningkatkan produksi pertanian. Bahan organik makro yang terkandung ialah nitrogen (N), kalium (K), fosfor (P) (NPK) dan lainnya. Sedangkan bahan mikro yang terkandung adalah

magnesium (Mg), kalsium (Ca), dan asam amino (Sulistiyanto dkk., 2016).

Namun *sludge* masih memiliki kadar air tinggi sekitar 80% sehingga sulit dalam penanganannya. Kandungan bahan organik dalam *sludge* belum stabil sehingga belum siap diserap oleh tanaman. Selain itu *sludge* digester biogas diduga masih mengandung mikroorganisme patogenik yang berasal dari kotoran sapi sehingga belum aman jika langsung diaplikasikan menjadi pupuk. Kandungan bakteri total yang terdapat dalam *sludge* hasil produksi digester biogas kotoran sapi adalah $41,82 \times 10^{12}$ cfu/g *sludge* dan total Koliform sebanyak 8,23 MPN/g *sludge* (Hidayati dan Armaini, 2015).

Salah satu cara yang dapat dilakukan agar *sludge* digester biogas dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik dengan kualitas yang baik yaitu mengolahnya melalui proses pengomposan. Selama proses pengomposan terjadi peningkatan suhu hingga 50°C - 70°C selama 1–2 minggu yang akan mematikan bakteri patogen. Proses pengomposan juga akan mengurangi kadar air dalam *sludge* akibat proses degradasi bahan organik secara aerobik selama pengomposan menghasilkan senyawa H_2O dan CO_2 yang akan menguap (Marlina dkk., 2013).

Menurut Hartanto dan Putri (2013), *sludge* digester biogas memiliki C/N rasio yang rendah sebesar 14-16 sementara kadar air tinggi 80-90%. Agar proses pengomposan secara aerobik bisa berlangsung baik (C:N rasio optimal 30-40, KA 40-60%) maka *sludge* tersebut perlu campuran limbah padat yang mempunyai C:N rasio tinggi, kering, dan bulky atau bersifat sebagai bulking *agent*. Salah satu alternatif limbah padat tersebut adalah kulit kopi dengan alasan masih belum banyak dimanfaatkan, mempunyai C:N ratio 140 (Sianipar, 2015), kering dan ukuran partikel sudah sesuai (tidak perlu memperkecil) serta bisa didapat di wilayah penghasil kopi yang tidak terlalu jauh jaraknya. Kulit kopi dapat berperan sebagai *bulking agent* dalam pengomposan *sludge* dan dapat meningkatkan porositas dalam pengomposan sehingga akan menciptakan kondisi aerobik, mempercepat penurunan kadar air dan pematangan kompos (Afrizon, 2015).

Pemanfaatan *sludge* digester biogas yang ada di Biogas *Square* sebagai pupuk kompos diharapkan dapat memberikan nilai tambah dan dapat menguntungkan

secara ekonomi bagi pemilik digester. Oleh karena itu perlu dilakukan pembuatan kompos dengan bahan baku *sludge* digester biogas dengan campuran kulit kopi dan analisis finansialnya. Pada pembuatan kompos dilakukan pengukuran bahan awal dan akhir untuk menghitung rendemen, mengukur suhu untuk memantau proses pengomposan dan analisis mutu kompos pada akhir pengomposan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui:

1. Rendemen dan mutu kompos *sludge* digester biogas yang dicampur kulit kopi
2. Kelayakan usaha pembuatan kompos *sludge* digester biogas dengan campuran kulit kopi pada Biogas *Square*, Desa Kediri.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian dilakukan agar menjadi informasi bagi masyarakat untuk mengetahui mutu kompos *sludge* digester biogas dan komponen biaya serta teknis yang harus dipenuhi untuk menjalankan usaha pembuatan pupuk kompos *sludge* digester biogas.

1.4 Kerangka Pemikiran

Menurut Pertiwiningrum (2015), bioreaktor dengan kapasitas 12 m³ membutuhkan kotoran sapi sebanyak 100 - 120 kg/hari dengan jumlah sapi sebanyak 10-12 ekor serta akan menghasilkan *sludge* 120-150 liter/hari (Purnomo *et al.*, 2018). *Sludge* digester biogas sebagai hasil samping memiliki kandungan bahan organik yang beragam, kandungan asam humat 8,81 – 21,61% (Arief, 2014), C/N rasio 14 - 16 dan kadar air 80-90% (Hartanto dan Putri, 2013). *Sludge* digester biogas untuk dikomposkan perlu dicampur dengan limbah padat yang kering dan bulky serta mempunyai C/N rasio tinggi seperti kulit kopi.

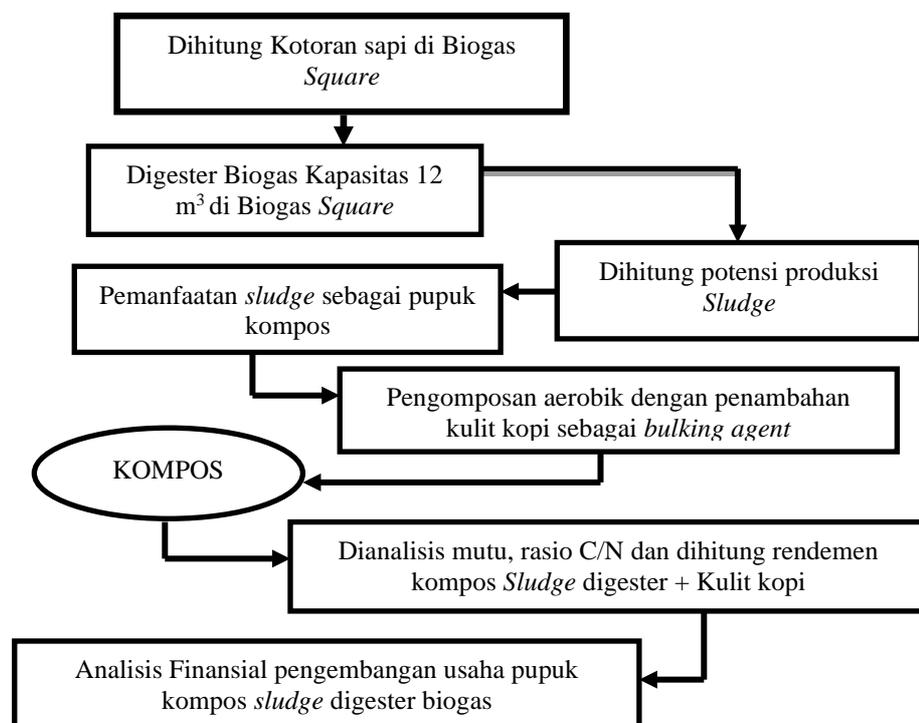
Kulit kopi memiliki rasio C/N yang tinggi yaitu 140 dan mengandung unsur nitrogen (N), fosfor (P) dan kalium (K) (Sianipar, 2015). Kulit kopi ditambahkan

sehingga secara perhitungan teoritis menghasilkan C/N rasio media yang optimal untuk pengomposan yaitu sebesar 35 – 40 (Ismayana dkk., 2012). Penggunaan kulit kopi selain untuk meningkatkan komponen organik sehingga sesuai standar pupuk organik juga sebagai *bulking agent* untuk meningkatkan porositas sehingga difusi oksigen bisa lebih lancar dalam pengomposan (Afrizon, 2015).

Proses pengomposan dilakukan dengan menghitung komposisi antara *sludge* dan kulit kopi dengan total bahan sekitar 1 ton, dikomposkan secara aerobik dan dilakukan pembalikan satu minggu sekali sampai kompos stabil/matang dan diukur rendemen. Data pengukuran digunakan untuk dasar perhitungan finansial.

Analisis finansial bertujuan untuk mengetahui estimasi dalam hal pendanaan dan arus kas, sehingga dapat diketahui apakah bisnis yang dilakukan bisa layak untuk dijalankan (Halim, 2012). Analisis finansial dari proses pembuatan pupuk kompos dengan memanfaatkan *sludge* digester biogas ini dilakukan berdasarkan data-data pengukuran, wawancara dan asumsi.

Adapun alur kerangka pemikiran yang akan digunakan pada penelitian ini terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir kerangka pemikiran

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Produksi Biogas

Biogas atau sering pula disebut gas bio merupakan gas yang timbul jika bahan - bahan seperti kotoran hewan, kotoran manusia, ataupun sampah, direndam di dalam air dan disimpan di tempat tertutup atau anaerob (tanpa oksigen dari udara). Proses kimia terbentuknya gas cukup rumit, tetapi cara menghasilkannya tidak sesulit proses pembentukannya, hanya dengan teknologi sederhana gas ini dapat dihasilkan dengan baik (Sulistiyanto dkk., 2016). Biogas dapat dibuat dari kotoran ternak, limbah industri tahu, atau sampah organik rumah tangga atau pasar. Biogas memiliki prospek yang baik sebagai alternatif energi terbarukan yang dapat dikembangkan di Indonesia yang sedang mengalami krisis energi yang ditandai dengan semakin langka dan tingginya harga bahan bakar yang berdampak pada semakin tingginya biaya produksi pembangkit tenaga listrik (Widyastuti, 2013).

Energi yang terdapat didalam biogas ini bergantung dari konsentrasi metan yang dihasilkan. Kandungan metan dalam biogas yang semakin tinggi, akan sebanding dengan kandungan energi atau kalornya yang akan semakin tinggi pula. Biogas mempunyai nilai kalor yang lumayan besar, berkisar antara 4800–6700 kkal/ m³, gas metan murni memiliki nilai kalor 8900 kkal/m³ (Purnomo *et al.*, 2018). Komponen utama biogas merupakan gas metan (CH₄) serta karbon dioksida (CO₂), sedikit kandungan hidrogen sulfurida (H₂S), ammonia (NH₃), dan hidrogen (H₂) serta nitrogen yang kandungannya sangat sedikit (Sukmana dan Anny, 2011). Komponen senyawa yang terkandung dalam biogas akan bermacam -macam tergantung pada bahan baku yang diolah (Haryanto, 2014). Secara umum komponen biogas yang diproduksi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi biogas

No	Komposisi	Rumus Kimia	Jumlah (%)
1	Metana	CH ₄	55 – 75
2	Karbon dioksida	CO ₂	25 – 45
3	Nitrogen	N ₂	0 - 0,5
4	Hidrogen	H ₂	1 – 5
5	Oksigen	O ₂	0,1 - 0,5
6	Hidrogen sulfida	H ₂ S	0 – 3

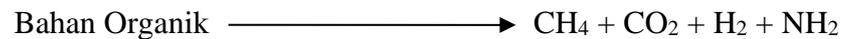
Sumber : Pratiwi dkk., (2019)

Biogas memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan energi berbahan baku dari fosil yaitu sifatnya yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui serta biogas terbakar secara sempurna tanpa meninggalkan jelaga dan bau (Abbasi *et al.*, 2012). Biogas yang dihasilkan dari instalasi secara tidak langsung telah banyak membawa manfaat terhadap lingkungan. Limbah yang awalnya dibuang ke sungai, dengan dibangunnya instalasi biogas dapat termanfaatkan dengan baik. Manfaat biogas tidak hanya digunakan sebagai sumber energi bagi kompor dan lampu saja, tetapi juga dapat digunakan sebagai bahan bakar motor dalam seperti genset dan lainnya. Pemanfaatan biogas untuk bahan bakar kendaraan ini perlu dilakukan proses pemurnian yaitu penghilangan kandungan hidrogen sulfida, karbondioksida dan air terlebih dahulu agar diperoleh biogas dengan kandungan metan yang lebih tinggi (Haryanto, 2014).

2.1.1 Proses Terbentuknya Biogas

Proses pembentukan biogas membutuhkan ruang yang kedap udara, tanpa oksigen atau anaerob (tertutup). Kondisi ini menjadi kelebihan dari sistem biogas, yaitu tidak adanya bau atau aroma dari proses pembuatannya. Mekanisme pembentukan biogas secara umum, yaitu (Wahyuni, 2017):

Mikroorganisme Anaerob



Berikut adalah tahap–tahap proses biologis terbentuknya biogas menurut Ibrahim dan Imrana (2016) :

a. Tahap Hidrolisis

Hidrolisis merupakan tahap awal dari proses fermentasi. Tahap hidrolisis ini, bahan bahan organik yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan bahan ekstraktif seperti protein, karbohidrat, dan lipida akan diurai menjadi senyawa dengan rantai yang lebih pendek. Mikroorganisme yang berperan pada tahap hidrolisis ini adalah bakteri hidrolitik. Mikroorganisme hidrolitik mengeluarkan enzim hidrolitik, mengkonversi biopolimer menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana dan yang dapat larut. Senyawa tidak larut, seperti selulosa, protein, dan lemak dipecah menjadi senyawa monomer (partikel yang larut dalam air) oleh exo-enzyme (enzim ekstraselular) secara fakultatif oleh bakteri anaerob. Dimana lipid diurai oleh enzim lipase membentuk asam lemak dan gliserol sedangkan polisakarida diurai menjadi monosakarida. Protein diurai oleh protease membentuk asam amino. Produk yang dihasilkan dari hidrolisis diuraikan lagi oleh mikroorganisme yang ada dan digunakan untuk proses metabolisme mereka sendiri

b. Tahap Pemasaman

Senyawa-senyawa yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan dijadikan sumber energi bagi mikroorganisme untuk tahap selanjutnya, yaitu pemasaman. Pada tahap pemasaman, bakteri akan menghasilkan asam yang berfungsi untuk mengubah senyawa pendek hasil hidrolisis menjadi asam asetat (CH_3COOH), H_2 dan CO_2 . Bakteri yang terkandung dalam pembuatan biogas merupakan bakteri asidogenik yang akan mengubah produk - produk yang dihasilkan dari proses hidrolisis menjadi substrat metanogenik. Bakteri asidogenik merupakan bakteri yang bersifat anaerobik dan dapat tumbuh dalam keadaan asam, yaitu dengan pH 5,5–6,5.

c. Tahap pembentukan Gas CH₄ (methanogenesis)

Tahap metanogenis merupakan tahap pembentukan gas metan oleh bakteri metanogenik seperti *Methanosarcina*, *Methanococcus*, *Methanobacterium*, dan *Methanobacillus*. Bakteri ini membutuhkan kondisi digester yang gelap dan kedap udara. Temperatur dimana bakteri ini bekerja paling optimum 35°C dan sangat sensitif terhadap perubahan temperatur 2–3°C. Pada akhir metabolisme dihasilkan CH₄ dan CO₂ dari gas H₂, CO₂ dan asam asetat yang dihasilkan pada tahap pengasaman.

2.2 Sludge Digester Biogas

Sludge digester biogas berasal dari kotoran ternak yang telah hilang gasnya (*slurry*). *Sludge* tersebut terbentuk karena adanya dekomposisi bahan organik secara anaerobik (tertutup dari udara bebas) untuk menghasilkan gas yang sebagian besar adalah gas metan (yang memiliki sifat mudah terbakar) dan karbon dioksida. *Sludge* digester biogas tidak hanya memiliki kandungan nutrisi yang baik dan lengkap, *sludge* juga mengandung mikroba, yaitu “Pro-Biotik” yang bermanfaat untuk meningkatkan kesuburan dan kesehatan lahan pertanian (Hidayati dan Armaini, 2015). *Sludge* yang berasal dari fermentasi digester biogas mengandung berbagai mineral yang dibutuhkan tanaman tetapi belum optimal apabila langsung digunakan karena kadar air yang masih tinggi dan kandungan bahan organik yang belum sesuai standar (Yanti dkk., 2019). Kandungan unsur makro yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar antara lain Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), dan Sulfur (S). Serta nutrisi mikro yang diperlukan dalam jumlah sedikit seperti Besi (Fe), Mangan (Mn), Tembaga (Cu), dan Seng (Zn) (Biogas Rumah, 2014).

Pengaruh *sludge* digester biogas terhadap produksi tanaman beragam tergantung kepada jenis dan kondisi tanah, kualitas benih, iklim, dan faktor-faktor lain. *Sludge* digester biogas dapat memperbaiki kesuburan tanah dan meningkatkan produksi tanaman rata-rata sebesar 10-30% lebih tinggi dibanding pupuk kandang biasa (Rahmadian, 2016). Hasil penelitian Utami (2014) menunjukkan bahwa

pemberian *sludge* digester biogas mampu meningkatkan nilai pH, C-organik dan N total tanah. *Sludge* digester biogas terbukti dapat menjadi pupuk organik yang berkualitas tinggi dibandingkan dengan pupuk kandang karena dalam pupuk kandang nutrisi hilang dalam bentuk penguapan (terutama nitrogen) yang disebabkan oleh penyinaran sinar matahari maupun melalui pencucian.

Sludge digester biogas memiliki beberapa ciri-ciri dan keunggulan dibandingkan dengan kotoran hewan segar atau pupuk kandang biasa yaitu *sludge* digester biogas bermanfaat menyuburkan tanah pertanian karena dapat menetralkan tanah yang asam dengan baik, menambahkan humus sebanyak 10-12% sehingga tanah lebih bernutrisi dan mampu menyimpan air, mendukung aktivitas perkembangan cacing dan mikroba tanah yang bermanfaat bagi tanaman. (Utami, 2014).

Kandungan yang terdapat dalam *sludge* digester biogas kotoran sapi dapat dilihat dalam bentuk basis kering dan basis basah seperti pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Kandungan *sludge* digester biogas basis basah

No.	Jenis limbah biogas	Analisis berbasis basah					
		Bahan organik (%)	C-org (%)	N-Total (%)	C/N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)
1.	Limbah biogas Babi	-	52,28	2,72	21,43	0,55	0,35
2.	Limbah biogas Sapi	-	47,99	2,92	15,77	0,21	0,26

Sumber: (Hartanto dan Putri, 2013)

Kandungan nutrisi *sludge* digester biogas terutama nitrogen (N) lebih baik jika dibandingkan dengan pupuk kandang/kotoran segar (Kusmiyarti, 2013). *Sludge* digester biogas yang digunakan dengan benar mampu memperbaiki kesuburan tanah dan meningkatkan produksi tanaman rata-rata sebesar 10-30% lebih dibandingkan dengan pupuk kandang biasa (Rahmadian, 2016). Akan tetapi, *sludge* digester biogas tidak dapat langsung diberikan pada tanaman karena masih memiliki kadar air yang tinggi 80 – 90 % dan belum memenuhi standar pupuk organik. *Sludge* digester biogas harus dikomposkan terlebih dahulu oleh mikroba untuk mempertinggi daya ikat tanah terhadap unsur hara sehingga dapat mudah diserap oleh tanaman (Haq dkk., 2014).

2.3 Kulit Kopi

Provinsi Lampung merupakan salah satu sentra produksi kopi di Indonesia. Produksi kopi di Lampung mencapai 110.570 ton pada tahun 2018, dan 35 % nya adalah limbah kulit kopi yang berasal dari proses pengolahan basah maupun kering dengan daerah penghasil utama yaitu kabupaten Lampung Barat, Tanggamus, dan Lampung Utara (Badan Pusat Statistik Kopi Lampung, 2018). Pada umumnya, limbah kulit kopi hanya digunakan sebagai pakan ternak atau dibuang begitu saja tanpa dilakukan pengolahan. Hal ini disebabkan karena rendahnya kesadaran masyarakat untuk menjaga lingkungan dari pencemaran limbah kopi, rendahnya pengetahuan dan ketrampilan masyarakat untuk mengolah limbah kopi menjadi kompos. Padahal limbah kulit kopi baik hasil olah basah maupun olah kering memiliki kandungan unsur hara yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan tanaman. Menurut Dzung *et al.* (2013), kulit tanduk buah kopi memiliki kandungan nitrogen (N) sebesar 1,27%, fosfor (P) 0,06% dan kalium (K) 2,46% dan limbah kulit luar (*pulp*) memiliki kandungan N 1,94%, P 0,28%, dan K 3,61%.

Sebagai limbah padat industri kopi, kulit kopi berpotensi untuk digunakan sebagai sumber bahan organik tanah dengan syarat telah dikomposkan terlebih dahulu. Pengomposan dilakukan mengingat bahwa rasio C/N kulit kopi sekitar 40, sedangkan untuk kulit tanduk kopi sekitar 140, yang merupakan angka yang sangat tinggi bila dibandingkan dengan rasio C/N tanah yaitu 10 – 20. Pengomposan limbah padat dilakukan untuk menghindari pengaruh negatif terhadap tanaman akibat rasio C/N yang tinggi, disamping untuk mengurangi volume bahan agar memudahkan dalam aplikasi serta mengurangi pencemaran lingkungan (Sianipar, 2015).

2.4 Teknologi Pengomposan

Kompos merupakan proses pelapukan (dekomposisi) bahan-bahan organik dengan bantuan mikroorganisme pengurai, sehingga dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah. Kompos dapat memperbaiki struktur tanah dengan

meningkatkan kandungan bahan organik tanah dan akan meningkatkan kemampuan tanah untuk mempertahankan kandungan air tanah. Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas dan kecepatan dari suatu pengomposan adalah ketersediaan oksigen yang dibutuhkan selama proses tersebut berlangsung. Pada tingkat petani, kebutuhan oksigen ini diberikan dalam bentuk pembalikan kompos secara berkala. Hal ini tentunya membutuhkan waktu dan tenaga dan perhatian tersendiri agar kualitas kompos dapat sesuai yang diinginkan. Sedangkan pada skala yang cukup besar, penyediaan kebutuhan oksigen tersebut dilakukan dengan memberikan aerasi secara mekanis. (Haq dkk., 2014). Selama pengomposan, mikroorganisme mengkonsumsi oksigen (O_2) saat menggunakan bahan organik yang biodegradable sebagai sumber makanan mereka (Widyaningrum, 2013).

Materi yang digunakan untuk pengomposan biasanya disebut sebagai “bahan baku”. Selain panas, proses pengomposan melepaskan uap air dan karbon dioksida (CO_2). Setidaknya 50% karbon dalam material organik hilang (sebagai hasil dari respirasi mikroba) dan senyawa nitrogen diubah menjadi bentuk organik yang lebih stabil. Akibatnya, ada pengurangan substansial dalam volume bahan, dan kompos yang dihasilkan secara fisik dan biokimia berbeda dari bahan asli. Kompos yang dihasilkan adalah campuran yang stabil, kaya humus, dan kompleks yang dapat meningkatkan sifat fisik tanah (Lim *et al.*, 2014). Pengomposan dianggap sebagai proses ramah lingkungan yang melibatkan transformasi aerobik materi organik dan penghancuran patogen dan gulma. Proses ini dianggap sebagai penyumbang besar untuk mempromosikan perputaran sistem pertanian karena memungkinkan stabilisasi limbah organik dan produksi pupuk organik yang dapat digunakan sebagai kondisioner tanah, di kebun atau sebagai media tumbuh dalam budidaya yang tidak tercemar. Model pengelolaan limbah organik, berdasarkan produksi dan penggunaan kompos berkualitas tinggi, didorong untuk berkontribusi mengurangi emisi karbon ke atmosfer (Cáceres *et al.*, 2018).

Pengomposan secara sederhana dapat dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap aktif dan tahap pematangan. Selama tahap-tahap awal proses, oksigen dan senyawa-senyawa yang mudah terdegradasi akan segera dimanfaatkan oleh mikroba mesofilik. Suhu tumpukan kompos akan meningkat dengan cepat. Demikian pula

akan diikuti dengan peningkatan pH kompos. Suhu akan meningkat hingga di atas 50° - 70° C. Suhu akan tetap tinggi selama waktu tertentu. Mikroba yang aktif pada kondisi ini adalah mikroba termofilik, yaitu mikroba yang aktif pada suhu tinggi. Pada saat ini terjadi dekomposisi/penguraian bahan organik yang sangat aktif. Mikroba di dalam kompos dengan menggunakan oksigen akan menguraikan bahan organik menjadi CO₂, uap air dan panas. Setelah sebagian besar bahan telah terurai, maka suhu akan berangsur-angsur mengalami penurunan. Pada saat ini terjadi pematangan kompos tingkat lanjut, yaitu pembentukan kompleks liat humus. Selama proses pengomposan akan terjadi penyusutan volume maupun biomassa bahan. Pengurangan ini dapat mencapai 30-40% dari volume/bobot awal bahan. Proses pengomposan dapat terjadi secara aerobik atau anaerobik. Proses pengomposan aerobik itu dimana mikroba menggunakan oksigen dalam proses dekomposisi bahan organik. Proses dekomposisi dapat juga terjadi tanpa oksigen yang disebut proses anaerobik. Proses anaerobik akan menimbulkan bau yang tidak sedap selama proses dekomposisinya (Isroi, 2008).

2.4.1 Pengomposan Aerobik (Sistem Terbuka)

Pengomposan aerobik atau sistem terbuka merupakan sistem pengomposan yang sederhana. Hasil pencampuran bahan baku selanjutnya diaplikasikan ke metode pengomposan yang umum digunakan untuk menangani limbah ternak seperti *windrow*, *aerated static piles*, dan sistem *in-vessel*. Dalam pengomposan *windrow* (sistem konvensional), material padat ditumpuk dalam baris paralel panjang dan dibalik untuk meningkatkan suplai oksigen dan porositas, mencampur atau menghilangkan kelembaban, dan mendistribusikan kembali bagian yang lebih dingin dan lebih panas dari tumpukan. Tumpukan (*pile*) harus dilakukan pembalikan satu atau dua kali dalam seminggu untuk memberikan oksigen ke mikroorganisme (Putra dkk., 2017).

Pengomposan aerobik berjalan dengan kondisi terbuka. Pengontrolan terhadap kadar air, suhu, pH, kelembaban, ukuran bahan, volume tumpukan bahan dan pemilihan bahan perlu dilakukan secara intensif untuk mempertahankan proses

pengomposan agar stabil sehingga diperoleh proses pengomposan yang optimal, kualitas maupun kecepatannya. Selain itu, juga untuk memperlancar udara masuk ke dalam bahan kompos. Pengontrolan secara intensif ini merupakan ciri khas proses pengomposan aerobik. Hasil akhir pengomposan aerobik berupa bahan yang menyerupai tanah berwarna hitam dan kecokelatan, remah dan gembur. Apabila bentuknya sudah seperti ini maka kompos aerobik siap digunakan pada tanaman atau dikemas dalam wadah (Isroi, 2008).

Kunci untuk sistem ini adalah mencampur bahan baku sebelum dipasang pada pipa berlubang. *Pile* perlu diinsulasi dengan kompos yang sudah jadi untuk memastikan suhu termofilik mencapai ujung luar. *Forced aerated static piles* (FAS) mirip dengan sistem PAWS, tetapi blower dipasang di ujung pipa berlubang atau saluran udara. Aliran udara dapat disesuaikan dengan mengubah frekuensi dan durasi dari blower (Makan, 2012). Secara teoritis dalam sistem *aerated static piles* tidak diperlukan pembalikan material kompos namun sesekali dilakukan pembalikan untuk menambah porositas, mendistribusikan kelembaban, dan mengoptimalkan dekomposisi. Keuntungan sistem ini adalah lebih sedikit waktu pengomposan dibandingkan dengan sistem yang pasif. Sistem *in-vessel* bergantung pada penggunaan bioreaktor *solid-state*, sebagian besar berbentuk silinder. Secara teoritis, sistem ini memungkinkan kontrol suhu, kelembaban, dan suplai oksigen. Namun, pengendalian parameter operasi untuk bioreaktor skala besar ini cukup sulit karena kendala hidrodinamik yang timbul ketika ukuran meningkat, sehingga sistem ini lebih disukai digunakan untuk penelitian di laboratorium dan skala pilot (Putra dkk., 2017).

2.4.2 Pengomposan Anaerobik (Sistem Tertutup)

Mekanisasi proses pengomposan berlangsung dalam sistem atau kontainer/reaktor tertutup. Sistem ini dirancang untuk mengatasi masalah bau dan mempercepat waktu proses dengan pengaturan kondisi lingkungan, seperti : aliran udara, temperatur dan konsentrasi oksigen. Sistem tertutup ini membutuhkan biaya investasi yang lebih besar. Proses pengomposan anaerobik merupakan proses biologi oleh mikroorganisme secara terpisah atau bersama-sama dalam

menguraikan bahan organik menjadi bahan semacam humus. Proses pengomposan akan segera berlangsung setelah bahan-bahan mentah dicampur. Dekomposisi secara anaerobik merupakan modifikasi biologis pada struktur kimia dan biologi bahan organik tanpa kehadiran oksigen (hampa udara). Proses ini merupakan proses yang dingin dan tidak terjadi fluktuasi temperatur seperti yang terjadi pada proses pengomposan secara aerobik. Namun, pada proses anaerobik perlu tambahan panas dari luar sebesar 30°C (Cáceres *et al.*, 2018). Pengomposan anaerobik akan menghasilkan gas metan (CH₄), karbondioksida (CO₂), dan asam organik yang memiliki bobot molekul rendah seperti asam asetat, asam propionat, asam butirat, asam laktat, dan asam suksinat. Gas metan bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif (biogas). Sisanya berupa lumpur yang mengandung bagian padatan dan cairan. Bagian padatan ini yang disebut kompos. Namun, kadar airnya masih tinggi sehingga sebelum digunakan harus dikeringkan (Lim *et al.*, 2014). Selama proses pengomposan akan terjadi penyusutan volume maupun biomassa bahan. Pengurangan ini dapat mencapai 30–40% dari volume/bobot awal bahan.

Lumpur atau kompos yang dihasilkan berwarna hitam kecokelatan. Apabila dikeringkan warnanya menjadi hitam agak abu-abu menyerupai abu rokok, berstruktur remah, dan memiliki daya serap air yang tinggi. Kompos anaerob ini dapat diberikan pada tanaman dalam kondisi basah atau kering (Ulfah dan Budiyo, 2012). Selama proses dekomposisi bahan organik menjadi kompos akan terjadi berbagai perubahan hayati yang dilakukan oleh mikroorganisme sebagai aktivator. Adapun perubahannya sebagai berikut:

1. Penguraian karbohidrat, selulosa, hemiselulosa, lemak, dan lilin menjadi CO₂ dan H₂O.
2. Protein menjadi ammonia, CO₂ dan air.
3. Pembebasan unsur hara dari senyawa-senyawa organik menjadi senyawa yang dapat diserap oleh tanaman.
4. Terjadi pengikatan beberapa jenis unsur hara didalam sel mikroorganisme, terutama nitrogen, fosfor dan kalium.

2.4.3 Faktor Utama yang Mempengaruhi Pengomposan

a. Rasio C/N

Rasio C/N merupakan perbandingan dari unsur karbon (C) dengan nitrogen (N) yang berkaitan dengan metabolisme mikroorganisme pengurai dalam proses pengomposan. Untuk pertumbuhannya, mikroorganisme membutuhkan unsur karbon (C) dan nitrogen (N). Kebutuhan unsur karbon lebih besar daripada kebutuhan unsur nitrogen karena selain sebagai sumber energi juga digunakan sebagai struktur sel. Rasio C/N yang optimal untuk proses pengomposan berkisar antara 35-40 (Ismayana dkk., 2012). Apabila rasio C/N terlalu tinggi, aktivitas mikroorganisme akan terhambat karena kurangnya nitrogen. Sedangkan pada rasio yang terlalu rendah, nitrogen yang berlebih akan dibuang ke atmosfer sebagai gas ammonia (NH_3) sehingga menimbulkan bau. Rasio C/N dapat diatur dengan cara mencampur berbagai macam bahan yang memiliki kandungan karbon dan nitrogen yang berbeda-beda. (Wibawati dan Riya, 2013).

b. *Bulking Agents*

Bulking agents adalah suatu bahan mineral, energi dan pengkayaan unsur hara kompos yang berfungsi sebagai campuran bahan baku pembuatan kompos, untuk mempermudah pengemburan/ pembusukan sampah organik dalam proses pengomposan karena sifatnya yang porus sehingga transfer oksigen dari udara ke dalam tanah dapat berjalan lancar (Rohim, 2016).

c. Kadar Air

Penguraian senyawa organik sangat tergantung pada faktor kadar air. Selain mempengaruhi aktivitas mikroorganisme, kandungan air juga mempengaruhi transportasi oksigen dalam proses pengomposan. Idealnya pada pembuatan kompos, kadar air sebaiknya dijaga antara 50–60% berat. Jika kandungan air lebih tinggi daripada 60%, maka integritas struktur dari bahan menjadi berkurang. Akibatnya penetrasi udara akan terhambat oleh karena rendahnya porositas bahan. Untuk meningkatkan porositas dapat ditambahkan *bulking*

agent. Penambahan bulking agent ini berkisar antara 10-40% berat, tergantung dari jenis bahan organik yang akan dikomposkan (Rohim, 2016).

d. Ukuran Bahan

Ukuran bahan baku kompos berpengaruh terhadap proses pengomposan, sebab ukuran partikel menentukan besarnya ruang antar bahan (porositas). Menurut Sidabutar dan Noni (2012), ukuran bahan yang baik digunakan untuk proses pengomposan adalah 5-10 cm. Bahan kompos yang berukuran kecil akan cepat didekomposisi oleh mikroorganisme pengurai sehingga proses pengomposan berjalan lebih cepat. Bahan baku yang terlalu halus seperti *sludge* tidak akan optimal pengomposannya karena akan mengganggu transfer oksigen dari udara ke dalam tanah. Sehingga untuk bahan baku yang berbentuk lumpur harus ditambahkan *bulking agent* untuk menjaga porositas pengomposan (Rohim, 2016).

e. Mikroorganisme Pengurai

Pada proses pengomposan, mikroorganisme yang terlibat merupakan golongan mikroflora (bakteri, aktinomicetes, kapang) dan mikrofauna (protozoa) dan menurut suhu dalam pengomposan terbagi menjadi mikroorganisme mesofilik dan termofilik (Isroi, 2008). Mikroorganisme pengurai membutuhkan karbon (C) serta nitrogen (N) untuk metabolismenya. Unsur karbon digunakan sebagai sumber tenaga oleh mikroorganisme dalam mendekomposisi bahan-bahan organik kompos, sedangkan unsur nitrogen digunakan sebagai sumber makanan serta nutrisi untuk pertumbuhan. Mikroorganisme pengurai mempunyai beberapa fungsi selama proses pengomposan berlangsung. Berdasarkan fungsinya, mikroorganisme mesofilik yang hidup pada suhu rendah (25-45°C) berfungsi untuk merombak bahan-bahan kompos menjadi ukuran yang lebih kecil sehingga mempercepat proses pengomposan. Sedangkan mikroorganisme termofilik yang hidup pada suhu tinggi (50-70°C) berfungsi untuk mengonsumsi karbohidrat dan protein sehingga bahan kompos dapat terdekomposisi dengan cepat (Juanda dkk., 2011).

f. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) dalam tumpukan kompos berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme pengurai. Kisaran pH yang optimum pada proses pengomposan aerob adalah 6,0-8,0. Jika nilai pH terlalu tinggi (basa) akan menyebabkan nitrogen dalam tumpukan kompos hilang akibat proses volatilisasi (perubahan menjadi ammonia). Sedangkan apabila nilai pH terlalu rendah (asam), akan mengakibatkan sebagian mikroorganisme pengurai mati (Ismayana dkk., 2012).

g. Aerasi

Pengomposan yang cepat dapat terjadi dalam kondisi yang cukup oksigen (aerob). Aerasi secara alami akan terjadi pada saat terjadi peningkatan suhu yang menyebabkan udara hangat keluar dan udara yang lebih dingin masuk ke dalam tumpukan kompos. Aerasi ditentukan oleh porositas dan kandungan air bahan (kelembaban). Apabila aerasi terhambat, maka akan terjadi proses anaerob yang akan menghasilkan bau yang tidak sedap. Aerasi dapat ditingkatkan dengan melakukan pembalikan atau mengalirkan udara di dalam tumpukan kompos (Isroi, 2008). Pembalikan sebaiknya dilakukan dengan cara pemindahan lapisan atas ke lapisan tengah, lapisan tengah ke lapisan bawah dan lapisan bawah ke lapisan atas. Maka dari itu, proses pembalikan perlu dilakukan minimal 1 minggu sekali agar campuran bahan kompos tidak mengeras (Sidabutar dan Noni, 2012).

Indonesia telah memiliki standar kualitas/mutu kompos, yaitu SNI 19-7030-2004. Di dalam SNI memuat batas – batas maksimum dan minimum sifat – sifat fisik atau kimiawi kompos. SNI 19-7030-2004 dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Standar Kualitas Kompos (SNI 19-7030-2004)

No	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
1	Kadar Air	%	-	50
2	Temperatur	°C		suhu air tanah
3	Warna			Kehitaman
4	Bau			berbau tanah
5	Ukuran partikel	mm	0,55	25
6	Kemampuan ikat air	%	58	-
7	pH		6,80	7,49
8	Bahan asing	%	*	1,5
Unsur makro				
9	Bahan organik	%	27	58
10	Nitrogen	%	0,40	-
11	Karbon	%	9,80	32
12	Phosfor (P ₂ O ₅)	%	0.10	-
13	C/N-rasio		10	20
14	Kalium (K ₂ O)	%	0,20	*
Unsur mikro				
15	Arsen	mg/kg	*	13
16	Kadmium (Cd)	mg/kg	*	3
17	Kobal (Co)	mg/kg	*	34
18	Kromium (Cr)	mg/kg	*	210
19	Tembaga (Cu)	mg/kg	*	100
20	Merkuri (Hg)	mg/kg	*	0,8
21	Nikel (Ni)	mg/kg	*	62
22	Timbal (Pb)	mg/kg	*	150
23	Selenium (Se)	mg/kg	*	2
24	Seng (Zn)	mg/kg	*	500
Unsur lain				
25	Kalsium	%	*	25.50
26	Magnesium (Mg)	%	*	0.60
27	Besi (Fe)	%	*	2.00
28	Aluminium (Al)	%	*	2.20
29	Mangan (Mn)	%	*	0.10
Bakteri				
30	Fecal Coli	MPN/gr		1000
31	Salmonella sp.	MPN/4 gr		3

Keterangan : * Nilainya lebih besar dari minimum atau lebih kecil dari maksimum
 Sumber: BSN (2004)

2.5 Analisis Finansial

Analisis finansial adalah landasan untuk menentukan sumber daya finansial yang diperlukan untuk tingkat kegiatan tertentu dan laba yang bisa diharapkan.

Kebutuhan finansial dan pengembalian (return) bisa sangat berbeda, tergantung

pada pemilihan alternatif yang ada bagi sebagian besar usaha baru (Wilma, 2010). Analisis finansial bertujuan untuk mengetahui perkiraan dalam hal pendanaan dan aliran kas, sehingga dapat diketahui layak atau tidaknya suatu proyek atau kegiatan yang dijalankan. Menurut Rosanti (2013) analisis finansial merupakan suatu analisis yang membandingkan antara biaya dan manfaat untuk menentukan apakah suatu proyek atau kegiatan akan menguntungkan selama umur proyek atau kegiatan.

2.5.1 Biaya (*Cost*)

Menurut Wilma (2010), biaya dikelompokkan menjadi :

- a. Biaya Modal (*capital cost*), adalah jumlah semua pengeluaran yang dibutuhkan mulai dari prastudi sampai proyek selesai dibangun.
- b. Biaya tahunan
Biaya yang masih diperlukan sepanjang umur proyek yang merupakan biaya tahunan, terdiri dari :
 1. Suku bunga
Suku bunga akibat terjadinya perubahan biaya modal karena adanya tingkat suku bunga selama umur proyek. Biaya bunga ini merupakan yang terbesar yang diperhitungkan terhadap modal.
 2. Depresiasi atau Amortiasi
Depresiasi adalah turunya atau penyusutan suatu harga atau nilai dari sebuah benda karena pemakaian.
Amortasi adalah pembayaran dalam suatu periode tertentu (tahunan) sehingga utang yang ada akan terbayar lunas.
 3. Biaya operasi dan Pemeliharaan
Agar umur proyek dapat dipenuhi sesuai dengan yang direncanakan, maka diperlukan biaya operasi dan pemeliharaan.

Investasi pada hakekatnya adalah penempatan sejumlah dana pada saat ini dengan harapan untuk memperoleh keuntungan dimasa mendatang. Investasi yang dimaksudkan pada penelitian ini adalah Investasi diasumsikan pada aspek

finansial pembuatan kompos *sludge* digester biogas pada Biogas *Square* Desa Kediri.

2.5.2 Benefit/Manfaat/Pendapatan

Benefit tidak hanya berasal dari segi biaya tapi juga dari keuntungan selain keuntungan finansial yang didapat. Dari aspek finansial, biaya produksi bervariasi langsung dengan perubahan volume produksi sedangkan biaya lainnya tidak berubah terhadap jumlah produksi. Oleh karena itu manajemen perlu memperhatikan beberapa kecenderungan biaya tersebut untuk dapat merencanakan dan mengendalikan efek biaya terhadap volume produksi (Rosanti, 2013).

2.5.3 Bunga

Bunga (*interest*) adalah sejumlah uang yang dibayarkan akibat pemakaian uang pinjaman sebelumnya. Besarnya bunga adalah selisih antara jumlah hutang yang dibayar dengan utang semula. Atau Bunga sama dengan jumlah utang sekarang dikurangi jumlah pinjaman semula (Sugita, 2011).

Tingkat suku bunga merupakan rasio antara bunga yang dibebankan per periode waktu dengan jumlah uang yang dipinjam awal periode dikalikan 100%. Bunga ini terjadi dikarenakan adanya konsep nilai uang terhadap waktu, dimana nilai uang berubah bersamaan dengan perubahan waktu (Sugita, 2011).

2.5.4 Kriteria Penilaian Investasi

Konsep *cost of capital* (biaya-biaya untuk menggunakan modal) dimaksudkan untuk menentukan berapa besar biaya riil dari masing-masing sumber dana yang dipakai dalam investasi (Kasmir dan Jakfar, 2012). Menurut Halim (2012), Aspek finansial merupakan suatu gambaran yang bertujuan untuk menilai suatu usaha untuk dijalankan dengan melihat dari beberapa indikator yaitu keuntungan, *Net Present Value* (NPV), *Net Benefit Cost Ratio* (Net B/C Rasio), *Internal Rate*

Return (IRR), Payback Period (PP) dan Break Event Point (BEP) yang dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Biaya total (*total cost*) adalah biaya keseluruhan, meliputi biaya tetap dan biaya variabel. Penentuan total cost dilakukan untuk mengetahui total biaya yang dikeluarkan dalam proses produksi.
2. *Net Present Value (NPV)*
Net Present Value (NPV) suatu proyek adalah selisih PV arus benefit dengan PV arus biaya. Kriteria nilai sekarang bersih (*Net Present Value-NPV*) didasarkan atas konsep pendiskontoan seluruh arus kas kenilai sekarang. Dengan mendiskontokan semua arus kas masuk dan keluar selama umur proyek (investasi) ke nilai sekarang, kemudian menghitung angka bersihnya, akan diketahui selisihnya dengan memakai dasar yang sama, yaitu harga (pasar) saat ini. Dalam menghitung NPV perlu ditentukan tingkat suku bunga yang relevan.
3. *Net Benefit Cost Ratio (Net B/C Rasio)*
Net Benefit and Cost Ratio (Net B/C Rasio) merupakan angka perbandingan antara *present value* dari *net benefit* yang positif dengan *present value* dari *net benefit* yang negatif.
4. *Internal Rate Return (IRR)*
 Metode *Internal Rate Return (IRR)* merupakan metode penilaian investasi untuk mencari tingkat bunga yang menyamakan nilai sekarang dari aliran kas neto (*present value of proceeds*) dan investasi (*initial outlays*). Pada saat IRR tercapai, maka besarnya NPV sama dengan nol. Oleh karena itu, untung menghitung IRR diperlukan data NPV dari kutub (daerah) positif dan kutub negatif kemudian dilakukan interpolasi (pencarian nilai selisih) sehingga diperoleh NPV sama dengan nol.
5. *Payback Period (PP)*
Payback Period (PP) adalah suatu periode yang diperlukan untuk menutup kembali pengeluaran investasi (*initial cash investment*) dengan menggunakan

aliran kas, yang bertujuan untuk mengetahui seberapa lama modal yang telah ditanamkan dapat kembali dalam satuan waktu.

6. *Break Event Point* (BEP)

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui sampai batas mana usaha yang dilakukan dapat memberikan keuntungan atau pada tingkat tidak rugi dan tidak untung. Estimasi ini digunakan dalam kaitannya antara pendapatan dan biaya.

2.6 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dapat dikatakan suatu kegiatan menganalisis kembali suatu proyek untuk melihat apakah yang akan terjadi pada proyek tersebut bila suatu proyek tidak berjalan sesuai rencana. Analisis sensitivitas ini mencoba melihat suatu realitas proyek yang didasarkan pada kenyataan bahwa proyeksi dari suatu rencana proyek sangat dipengaruhi oleh unsur-unsur ketidakpastian mengenai apa yang terjadi di masa mendatang . Biaya penerimaan dalam suatu proyek, jumlahnya mempengaruhi besarnya Net B/C, NPV, IRR dan PP. Perubahan kriteria-kriteria tersebut dapat terjadi karena adanya perubahan dalam dasar-dasar perhitungan biaya dan manfaat (Kasmir dan Jakfar, 2012).

Penelitian Hikmah dkk (2015), menyatakan adapun ukuran perubahannya diasumsikan harga input (bahan baku kotoran sapi) naik sebesar 20% karena kenaikan harga bahan baku yang terjadi dari tahun 2008 sampai dengan tahun 2018 rata-rata naik 15% pertahun, karena adanya faktor ketidak pastian usaha dimasa mendatang maka diasumsikan jika harga bahan naik 20% apakah usaha pupuk kompos sensitif atau tidak. Dengan melakukan analisis sensitivitas maka akibat yang mungkin terjadi dari perubahan-perubahan tersebut dapat diketahui dan diantisipasi sebelumnya. Setelah melakukan analisis dapat diketahui seberapa jauh dampak perubahan tersebut terhadap kelayakan usaha pada tingkat mana usaha layak dilaksanakan.

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian telah dilaksanakan pada bulan Juni – Agustus 2021 merupakan proses pengomposan di Biogas *Square*, Desa Kediri, Kecamatan Gadingrejo, Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung. Sedangkan analisis mutu kompos dilaksanakan pada bulan September 2021 di Laboratorium Analisis, Politeknik Negeri Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkul, ember plastik, terpal plastik, ayakan, karung plastik untuk kemasan, termometer, pH meter, timbangan, *logbook*, pena, alat perekam (recorder atau HP) dan laptop untuk perhitungan analisis finansial.

Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan kompos adalah, *sludge* digester biogas, kulit kopi kering, dan inokulum berupa kotoran sapi segar.

3.3 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini menganalisis kajian pembuatan dan analisis finansial pemanfaatan *sludge* digester biogas pada Biogas *Square* di Desa Kediri, Kecamatan Gadingrejo, Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung. Selanjutnya hal-hal yang dilakukan antara lain membuat kompos, melakukan pengukuran bahan awal dan rendemen serta analisis kandungan C, N, P, K dan kadar air kompos dan analisis finansial kompos campuran *sludge* digester biogas dengan kulit kopi yang

dikaitkan dengan pengembangan pemanfaatan *sludge* dengan dilakukan analisis finansial menggunakan parameter nilai keuntungan BEP, NPV, PP, IRR, dan Net B/C.

3.4 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah pembuatan pupuk kompos *sludge* digester biogas di Biogas *Square* Desa Kediri. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur potensi *sludge* dari digester biogas dengan kapasitas 12 m³. Menurut Pertiwiningrum (2015), digester dengan kapasitas 12 m³ akan menghasilkan gas sebesar 4,2-4,8 m³/hari dan membutuhkan kotoran sapi sebanyak 100-120 kg/hari dengan jumlah sapi sebanyak 10-12 ekor serta akan menghasilkan *sludge* 120-150 liter/hari.

Data hasil pengomposan diperoleh dengan pembuatan pupuk kompos dan analisis mutu dan rendemen kompos. Sementara data untuk perhitungan analisis finansial diperoleh dari hasil survei secara langsung dengan cara mewawancarai responden dan hasil dari literatur atau pustaka serta laporan dari instansi pemerintah yang terkait. Kemudian data yang telah terkumpul dianalisis secara deskriptif.

Pengomposan dilakukan selama 60 hari dikontrol dengan mengamati suhu selama proses, pembalikan setiap 1 minggu sekali, (warna, bau, tekstur) di awal dan akhir pengomposan, kandungan C- organik, N- total, pH, kadar air, kandungan N, P, K dilakukan di akhir pengomposan.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

1. Perhitungan Komposisi Campuran

Perhitungan campuran bahan baku pengomposan didasari oleh rasio C/N bahan pembuat kompos. *Sludge* digester biogas memiliki rasio C/N sebesar 14 - 16 (Hartanto dan Putri, 2013). Sementara untuk rasio C/N dari kulit kopi sendiri sekitar 140 (Karyono dan Laksono, 2019). Untuk memenuhi C/N rasio optimal media pengomposan yaitu sebesar 30 – 40, maka untuk bahan baku *sludge*

digester biogas sebanyak 1.000 kg dibutuhkan sekitar 200 kg kulit kopi sebagai campuran. Perhitungan banyak bahan baku dapat dilihat pada persamaan berikut.

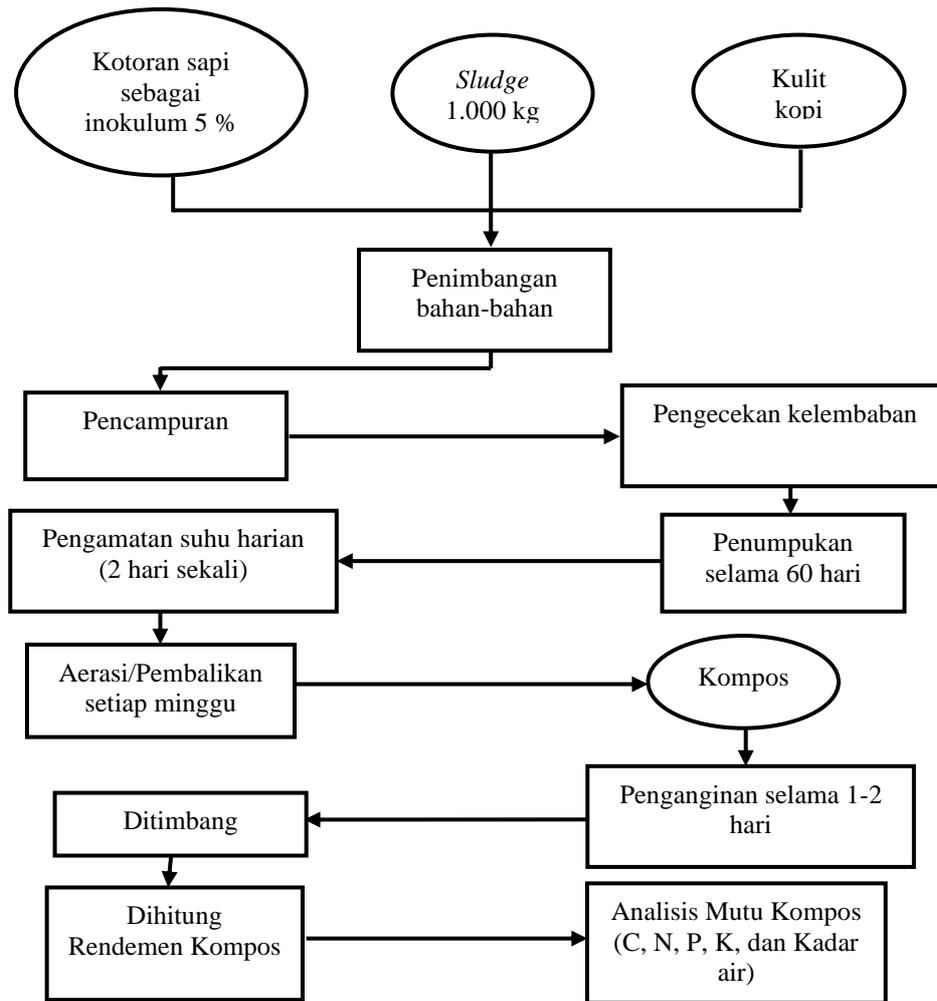
$$\begin{aligned} A &= \text{Berat } \textit{sludge} \\ B &= \text{Berat kulit kopi} \\ C &= \text{Berat campuran} \\ \text{Asumsi rasio C/N campuran} &= 35 \end{aligned}$$

$A \times C/N (\textit{sludge}) + B \times C/N (\text{kulit kopi}) = C \times C/N (\text{campuran})$	
$1.000 \text{ kg } (14) + B (140)$	$= (1.000 + B) (35)$
$14.000 + 140 B$	$= 35.000 + 35 B$
$140 B - 35 B$	$= 21.000$
$105 B$	$= 21.000$
B	$= 200$

Untuk 1.000 kg *sludge* maka diperlukan 200 kg kulit kopi atau perbandingan *sludge* : kulit kopi (b/b) = 1.000 : 200 = 5 : 1.

2. Proses Pengomposan

Sludge digester biogas sebanyak 1.000 kg + 200 kg kulit kopi + 5-10% (b/b campuran) inokulum (kotoran sapi segar) dicampur hingga rata. Pengomposan dilakukan dengan cara menumpuk bahan baku kompos. Kadar air dalam campuran bahan utama dan kulit kopi yang telah tercampur diusahakan berkisar antara 40 – 60 %. Apabila kadar air campuran kurang dari kisaran tersebut dapat ditambahkan air ke dalam campuran hingga diperkirakan kadar air campuran mencapai 40 - 60 %. Perkiraan dalam mencapai kadar air tersebut dapat dilakukan secara manual dengan cara mengepal campuran bahan. Jika campuran ketika digenggam meneteskan air menunjukkan kadar air yang melebihi kisaran 60 % dan jika campuran ketika digenggam tidak meneteskan air dan ketika genggam dibuka gumpalan tidak pecah menunjukkan kadar air bahan antara 40 – 60 %. Setelah bahan tercampur dilakukan pengomposan selama 60 hari. Diagram alir pembuatan pupuk kompos dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir pengomposan *sludge* digester biogas

3.5.1 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan seluruh data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah, data mengenai rata-rata bahan baku biogas/hari, dan jumlah *sludge* digester/hari untuk dianalisis dan dihitung. Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa cara yang meliputi:

3.5.1.1 Wawancara

Wawancara dilakukan secara tidak terstruktur dengan mengajukan beberapa pertanyaan yang bersifat terbuka sehingga memberikan keleluasaan bagi responden untuk memberikan pandangan secara bebas dan luas sehingga

memungkinkan peneliti untuk mengajukan pertanyaan secara mendalam. Untuk responden yang dipilih yaitu pengurus Biogas *Square* Desa Kediri, dan pakar peneliti pemanfaatan *sludge* digester biogas sebagai pupuk organik/kompos.

3.5.1.2 Observasi

Observasi yang dilakukan dengan pengamatan secara langsung obyek kegiatan terhadap pemanfaatan *sludge* digester biogas pada Biogas *Square* Desa Kediri, sebagai salah satu desa yang diproyeksikan sebagai desa mandiri energi di Kabupaten Pringsewu. Serta menganalisa dan mengkaji proses dan aspek finansial terhadap pembuatan pupuk organik/kompos *sludge* digester biogas.

3.5.1.3 Studi Literatur dan Kepustakaan

Studi literatur dan kepustakaan bertujuan untuk dapat menganalisa secara teoritis terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan penulisan dengan membaca skripsi, studi kepustakaan dilakukan dengan membaca berbagai *text book*, jurnal, artikel-artikel yang relevan, sumber-sumber lain guna memperoleh data sekunder.

3.5.2 Analisis Mutu Kompos

3.5.2.1 Analisis Kadar Karbon (C)

Analisis C-Organik dilakukan dengan menggunakan metode *Walkley* dan *Black*, prinsip metode *Walkley* dan *Black* ini adalah $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ yang diberikan berlebihan lalu tereduksi ketika beraksi dengan tanah, dianggap setara dengan C-Organik di dalam contoh tanah. Cara penetapan C-Organik dengan prosedur metode *Walkley* dan *Black* yaitu : contoh sampel diambil sebanyak 0.5 g, dimasukkan ke dalam erlemeyer 500 ml, kemudian ditambahkan 10 ml $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ N, dan erlenmeyer tersebut digoyang sehingga larutan tercampur rata dengan *reagent* atau pereaksi. Sebanyak 20 ml H_2SO_4 pekat ditambahkan untuk membentuk suspensi dengan cepat, kemudian Erlenmeyer digoyang dengan cepat sampai contoh bercampur dengan reagent selama 1 menit. Erlenmeyer didiamkan hingga dingin selama 30

menit. Pencampuran dilakukan di ruang asap. Diusahakan tidak ada zarah tanah yang terlempar ke dinding erlenmeyer sebelah atas hingga tidak tercampur merata. Ditambahkan ± 200 ml air destilat ke dalam erlenmeyer, jika terjadi kekeruhan akan menyebabkan titik akhir tidak terlihat. Ditambahkan 4 tetes indikator ferroin 1 N, lalu dititrasi dengan larutan FeSO_4 0.5 N. Titik akhir dicapai jika larutan berubah dari biru ke merah anggur. Penetapan blanko dilakukan sama seperti cara di atas tetapi tanpa menggunakan contoh. Penetapan diulang dengan contoh yang lebih sedikit jika lebih besar dari 75 % $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ yang direduksi. C-Organik total dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\% \text{ C-Organik} = \frac{(\text{me K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{meFeSO}_4) \times 0.003 \times 1.33 \times 100}{\text{BKM}}$$

Keterangan :

me = N x V

V = Volume

N = Normalitas

BKM = Bobot kering oven 105°C

(Wulandari dkk., 2016)

3.5.2.2 Analisis Kadar Nitrogen (N)

Ditimbang ± 2 gram sampel kedalam labu kjeldahl, ditambahkan tablet selenium dan asam sulfat 30 ml, dipanaskan hingga asap putih hilang dan larutan menjadi jernih, kemudian ditepatkan kedalam labu takar 250 ml dengan aquades, dipipet sebanyak 25 ml larutan kedalam tabung kjeldhal, disiapkan penampung 25 ml asam borat 1% dan *indicator conway*, dipasang pada alat UDK, ditambahkan 50 ml aquades dan 50 ml NaOH 40%, kemudian didestilasi selama 9 menit, lalu hasil destilasi dititrasi dengan H_2SO_4 0,0500 N (Titik akhir perubahan warna dari hijau menjadi jingga) (SNI 01-2354.4-2006).

3.5.2.3 Analisis Rasio C/N Kompos

Pengukuran rasio C/N dilakukan dengan penentuan kadar C-organik dan penetapan nitrogen dihitung dengan rumus :

$$\text{Rasio C/N} = \frac{\text{Kadar C-organik \%}}{\text{Kadar Nitrogen \%}} \quad (\text{Wulandari dkk., 2016})$$

3.5.2.4 Analisis Kadar Phospor (P)

Ditimbang ± 2 gram sampel kedalam gelas piala, ditambahkan 30 ml HCl dan 10 ml HNO₃, dipanaskan hingga sisa larutan ± 10 ml, ditepatkan dalam labu ukur 100 ml, disaring dengan kertas saring W40 (larutan A), larutan A dipipet sebanyak 10 ml kedalam labu ukur 100 ml, dibuat deret standar dengan konsentrasi (0, 5, 10,15, 20, 25) ppm, sampel dan standar ditambahkan pereaksi ammonium molibdo vanadat 10 ml, ditepatkan dengan aquades, dibaca dengan Spektrofotometer UV- visibel pada panjang gelombang 400 nm (SNI 2803, 2010).

3.5.2.5 Analisis Kadar Kalium (K)

Ditimbang ± 2 gram sampel kedalam gelas piala, ditambahkan 30 ml HCl dan 10 ml HNO₃, dipanaskan hingga sisa larutan ± 10 ml, ditepatkan dalam labu ukur 100 ml, disaring dengan kertas saring W40 (larutan A). Dipipet 10 ml larutan A, tepatkan dalam labu ukur 100 ml, buat deret standar dengan konsentrasi (0, 1, 2, 3,4, 5) ppm kemudian baca dengan SSA pada gelombang 766,5 nm (SNI 2803, 2010).

3.5.2.6 Analisis Kadar Air

Pengukuran kadar air dilakukan menggunakan metode gravimetri berdasarkan (AOAC, 2012). Botol yang telah ditimbang dimasukkan oven (105⁰C). Masukkan botol timbang ke dalam desikator selama 3 menit, setelah itu ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik. Timbang contoh 2-3 gram bahan yang telah

dihaluskan dalam botol timbang yang telah diketahui berat konstannya. Keringkan dalam oven pada suhu 100⁰C – 105⁰C selama 3 jam. Dinginkan dalam desikator selama 30 menit dan timbang. Panaskan lagi dalam oven 30 menit. Dinginkan lagi dalam desikator selama 30 menit. Perlakuan ini diulang sampai tercatat berat konstan (selisih penimbangan berturut-turut kurang dari 0,2 mg). Presentasi kadar air bahan dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(\text{Berat awal} - \text{Berat akhir})}{\text{Berat awal}} \times 100\%$$

3.5.3 Analisis Finansial

Informasi dan data yang didapatkan dari penelitian ini kemudian dianalisis menggunakan analisis nilai keuntungan, PP, IRR, NPV, dan Net B/C ratio.

3.5.3.1 Break Event Point (BEP)

Penentuan titik impas dengan teknik persamaan dilakukan dengan mendasarkan pada persamaan pendapatan sama dengan biaya ditambah laba. Penentuan titik impas dengan pendekatan grafis dilakukan dengan cara mencari titik potong antara garis pendapatan penjualan dengan garis biaya dalam suatu grafik yang disebut grafik impas (Johan dan Suwinto, 2011).

Penentuan titik impas dengan teknik persamaan dapat dilakukan dengan dua cara yakni sebagai berikut:

$$\text{BEP (unit)} = \frac{\text{Total Biaya Tetap}}{(\text{Harga Jual per Unit Produk} - \text{Biaya Variabel Setiap Unit Produk})}$$

$$\text{BEP (Harga)} = \frac{\text{Total Biaya Tetap}}{(1 - \text{Biaya Variabel per Unit} / \text{Harga Jual per Unit})}$$

3.5.3.2 *Payback Period (PP)*

Payback Period (PP) merupakan teknik penilaian terhadap jangka waktu (periode) pengembalian investasi suatu proyek atau usaha.

$$PP = \frac{\text{Nilai Investasi}}{\text{Kas Masuk Bersih}} \times 1 \text{ tahun}$$

Kriteria :

PP > Periode maksimum, maka usaha tidak layak

PP < Periode maksimum, maka usaha layak

(Johan dan Suwinto. 2011).

3.5.3.3 *Net Present Value (NPV)*

Net Present Value adalah perbedaan antara nilai sekarang dari benefit (keuntungan) dengan nilai sekarang biaya, yang besarnya dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

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

Keterangan :

B_t = *Benefit* atau penerimaan tahun t

C_t = *Cost* atau biaya tahun t

i = Biaya modal proyek dengan faktor bunga

t = Umur ekonomis

Kriteria :

NPV > 0, maka proyek yang menguntungkan dan layak dilaksanakan

NPV = 0, maka proyek tidak untung dan tidak rugi

NPV < 0, maka proyek rugi dan lebih baik tidak dilaksanakan

(Halim, 2012)

3.5.3.4 Internal Rate of Return (IRR)

Internal Rate of Return (IRR) dari suatu investasi adalah suatu nilai tingkat bunga yang menunjukkan bahwa nilai sekarang netto (NPV) sama dengan jumlah seluruh ongkos investasi proyek. Formula untuk IRR dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{IRR} = i_1 + \frac{\text{NPV}_1}{(\text{NPV}_1 - \text{NPV}_2)} \times (i_2 - i_1)$$

Dimana :

i_1 = tingkat *discount rate* yang menghasilkan NPV_1

i_2 = tingkat *discount rate* yang menghasilkan NPV_2

Keterangan :

IRR > tingkat bunga, maka usulan proyek diterima

IRR < tingkat bunga, maka usulan proyek ditolak

(Halim, 2012)

3.5.3.5 Net Benefit Cost Ratio (Net B/C)

Analisis Net B/C bertujuan untuk mengetahui beberapa besarnya keuntungan dibandingkan dengan pengeluaran selama umur ekonomisnya. Net B/C yaitu membagi jumlah nilai sekarang aliran kas manfaat bersih positif dengan jumlah nilai sekarang aliran kas manfaat bersih negatif pada tahun-tahun awal proyek.

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

Keterangan :

B_t = Manfaat Penerimaan tahun ke-t (Rp)

I = Tingkat suku bunga (%)

T = Periode investasi ($i = 1, 2, \dots, n$)

n = Umur ekonomis usaha (tahun)

C_t = Biaya yang dikeluarkan tahun ke- t (Rp)

Net B/C > 1 : Usaha layak dilaksanakan

Net B/C = 1 : Usaha berada pada titik impas

Net B/C < 1 : Usaha tidak layak dilaksanakan

(Halim, 2012)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Kompos campuran *sludge* digester biogas dengan kulit kopi menghasilkan rendemen kompos sebesar 54,15% dan kompos yang dihasilkan memiliki nilai senyawa makro berupa kadar C sebesar 11,02%, N sebesar 1,41%, P sebesar 1,60%, K sebesar 1,18% dan C/N rasio sebesar 7,82 dan memiliki keunggulan untuk nilai N,P dan K dibandingkan beberapa jenis pengomposan.
2. Analisis finansial menunjukkan hasil kriteria finansial antara lain nilai NPV sebesar Rp 68.726.533, IRR yang menunjukkan angka 0,15 atau 15%, Net B/C sebesar 1,484, dan *Pay Back Period* sebesar 6,196 atau 6 tahun 3 bulan 13 hari. BEP pada penelitian ini untuk BEP unit yaitu sebesar 5.032 kg kompos dan BEP rupiah sebesar Rp 25.158.694,00. Analisis Sensitivitas kenaikan biaya operasional maksimal 15,91% dan untuk penurunan harga jual maksimal 10,53%.

5.2 Saran

1. Penelitian ini dapat dikembangkan lagi dan proses perizinan dari departemen pertanian harus didapatkan agar pemasaran produk kompos *sludge* biogas yang dapat memperoleh pasar yang stabil.

2. Hasil kompos yang dihasilkan telah memenuhi SNI dimana hal tersebut sangat perlu dikembangkan untuk berbagai jenis peternakan yang ada di daerah masing-masing.
3. Potensi *sludge* biogas yang cukup melimpah di Desa Kediri perlu dikembangkan lagi, karena untuk petani disekitar belum banyak yang menggunakan pupuk alami tersebut sehingga perlunya pengembangan produk seperti pembuatan pupuk granul maupun pupuk cair pendampingan yang lebih lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, T., S. M. Tauseef, and S. A. Abbasi. 2012. *Biogas Energy*. Springer Briefs in Environmental Science: New York. 184 hlm.
- Afrizon. 2015. Potensi Kulit Kopi Sebagai Bahan Baku Pupuk Kompos Di Propinsi Bengkulu. AGRITEPA. Vol 11(1). 2407 – 1315.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 2012. *Official Method of Analysis of The Association of Official Analytical of Chemist*. Association of Official Analytical Chemist, Inc. Arlington, Virginia, USA.
- Arief, Z. 2014. Pedoman Penggunaan dan Pengawasan, Pengelolaan dan Pemanfaatan *Bio-slurry*. Tim Biru. Jakarta.
- Bai, S., RM, Mukesh, Kumaran. M.D. Bala, and P.T. Kalaichelvan. 2012. *Cellulase Production by Bacillus Subtilis Isolated from Cow Dung*, department of Biotechnology, KSR College of Arts and Science, Tiruchengode. TN. India.
- Biogas Rumah. 2014. Pedoman Pengelolaan dan Pemanfaatan Bio-Slurry. Yayasan Rumah Energi. Indonesia.
- BSN (Badan Standarisasi Nasional) (2004). SNI 19-7030-2004 Tentang kompos. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional. Hal. 4.
- BSN, 2012. *SNI 2803 : 2010 Pupuk NPK Padat* . Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Cáceres, R., Malińska, K., Marfà, O. 2018. *Nitrification within Composting: A Review*, Waste Management, Vol 72, pp. 119–137.
- Dzung, N. A., Dzung, T. T., dan Khanh, P. T. V. 2013. *Evaluation of Coffee Husk Compost for Improving soil Fertility and Sustainable Coffee Production in Rural Central Highland of Vietnam*. Resources and Environment. DOI:10.5923.
- Ginting, S.B., Nawansih, O., Hudaidah, S., dan Damayanti, I.S. 2019. Pemberdayaan Kelompok Wanita Tani dengan Pemanfaatan Sumber Daya Perdesaan untuk Mewujudkan Desa Mandiri Pangan di Desa Kediri Kecamatan Gadingrejo, Kabupaten Pringsewu, Lampung. *Jurnal Pengabdian dan Pengembangan Masyarakat*. Vol 2 (2). 1-7.

- Halim A. 2012. Analisis kelayakan investasi bisnis. kajian dari aspek keuangan. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Hapsari, Y.H. 2013. Kualitas dan Kuantitas Kandungan Pupuk Organik Limbah Serasah dengan Inokulum Kotoran Sapi Secara Semiaerob. Skripsi Program Studi pendidikan Biologi. UMS.
- Haq, A. Nugroho, W. Lutfi, M. 2014. Pengaruh Perbedaan Sudut Rak Segitiga pada Pengomposan *Sludge* Biogas Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Kompos. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem. Vol 2 (3). 225 -233.
- Hartanto, Yudha dan Putri, Christina Haryanto. 2013. Pedoman Pengguna dan Pengawas Pengelolaan dan Pemanfaatan Bio-*slurry*. Yayasan Rumah Energi. Jakarta.
- Haryanto, A. 2014. Energi Terbarukan. Innosain. Yogyakarta. 468 hlm.
- Hidayat. 2011. Analisis Sensitivitas Sebagai Faktor Penting dalam Suatu Pengambilan Keputusan Investasi. Jurnal Ilmiah Ranggagading. Vol 11(2).
- Hidayati, E. dan Armaini. 2015. Aplikasi Limbah Cair Biogas sebagai Pupuk Organik pada Tanaman Jagung Manis (*Zea mays, var sacharata Sturt*). JOM Faperta. Vol 1(2):1-13.
- Hikmah, Siti Hamidah dan Heni Handri Utami. 2020. Evaluasi Kelayakan Usaha Pupuk Kompos. Jurnal Dinamika Sosial Ekonomi. Vol. 21 (1). ISSN 2721-3137.
- Ibrahim, M. D dan Imrana, G. 2016. *Biogas Production from Lignocellulosic Materials: Co-Digestion of Corn Cobs, Groundnut Shell and Sheep Dung*. Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR). ISSN: 2454-1362. 2 (6). 1261-1268.
- Ismayana, A. Indrasti, N. Suprihatin, Maddu, A. dan Fredy, A. 2012. Faktor rasio C/N awal dan laju aerasi pada proses cocomposting bagasse dan blotong. Jurnal Teknologi. Industri Pertanian 22(3): 173-179.
- Isroi. 2008. Kompos. Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia. Bogor.
- Latuny, Wilma. 2010. Analisa Kelayakan Aspek Finansial Industri Kerajinan Kerang Mutiara. Jurnal Arika. Vol.04 (1). ISSN: 1978-1105.
- Johan dan Suwinto. 2011. Studi Kelayakan Pengembangan Bisnis. Graha Ilmu. Yogyakarta
- Juanda, Irfan dan Nurdiana. 2011. Pengaruh metode dan lama fermentasi terhadap mutu Mikroorganisme lokal. Jurnal Floratek. 6:140-143.
- Kanwal, S., Iram, S., Khan, M., and Ahmad, I. 2011. *Aerobic Composting of Water Lettuce for Preparation of Phosphorus Enriched Organic Manure*. African Journal Of Microbiology Research. Vol. 5(14). PP. 1784-1793.

- Kasmir dan Jakfar. 2012. Studi Kelayakan Bisnis. Cetakan ke Delapan. Kencana. Jakarta.
- Kemenperin. 2013. SNI: Cara Uji Kadar Nitrogen Total Sedimen dengan Distilasi Kjeldahl Secara Titrasi. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Krisnawan, K.A. 2018. Analisis Dinamika Suhu pada Proses Pengomposan Jerami dicampur Kotoran Ayam dengan Perlakuan Kadar Air. Jurnal BETA .Vol 6 (1).
- Kurnia, V.C. 2017. Pengaruh Kadar Air Terhadap Hasil Pengomposan Sampah Organik dengan Metode Open Windrow. Jurnal Teknik Mesin. Vol 6.
- Kusmiyarti, T. B. 2013. Kualitas kompos dari berbagai kombinasi bahan baku limbah organik. Agrotrop: Journal on Agriculture Science 3(1) : 83-92.
- Lim, J. W., Chiam, J. A., and Wang, J.-Y. 2014. *Microbial community structure reveals how microaeration improves fermentation during anaerobic co-digestion of brown water and food waste*. Bioresource Technology, 171, 132–138.
- Makan, A., Mountadar, M. 2012. *Effect of C / N Ratio on the in-Vessel Composting under Air Pressure of Organic Fraction of Municipal Solid Waste in Morocco*. Journal of Material Cycles and Waste Management, Vol 14(3), pp. 241–249.
- Mardaningsih, M.A. 2012. Pengaruh Konsentrasi Etanol dan Suhu Dryer Terhadap Karakteristik Bubuk Klorofil Daun Alfalfa (*Medicago Sativa L.*) dengan Menggunakan Binder Maltodekstrin. Jurnal Teknosains Pangan, Vol 1(1).
- Marlina. E, Y.A. Hidayati, Tb. Benito A. K., dan Wowon Juanda. 2013. Analisis Kualitas Kompos dari *Sludge* Biogas Feses Kerbau. Jurnal Ilmu Ternak. Vol. 13, No. 1.
- Pertiwiningrum, A. 2015. Pusat kajian Pembangunan Peternakan Nasional. Buku Instalasi Biogas. Fakultas Peternakan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Pratama, Y.E. 2015. Pemanfaatan Kulit Kopi Kering Menjadi Kompos dengan Penambahan Kotoran Ternak. Skripsi Sarjana Teknologi Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Negeri Lampung.
- Pratiwi, I. Permatasari, R. dan Homza, O, F. 2019. Produksi Biogas dari Limbah Kotoran Sapi dengan Digester Fixed Drum. Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat. Vol 2(3).
- Purnomo, A., Suprihatin, M. Romli, and U. Hasanudin. 2018. *Comparison of Biogas Production from Oil Palm Empty Fruit Bunches of Post- Mushroom Cultivation Media (EFBMM) from Semi Wet and Dry Fermentation*. Journal of Environment and Earth Science. 8 (6) : 88-96.
- Putra, G. M. D., S. H. Abdullah, A. Priyati, D. A. Setiawati and S. A. Muttalib. 2017. Rancang Bangun Reaktor Biogas Tipe Portable dari Limbah Kotoran Ternak Sapi, Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem, Vol. 5 (1), pp. 369 - 374.

- Rahmadian, Kusumawardani. 2015. Pemanfaatan Jerami padi menjadi pupuk organik dan wahana budidaya belut oleh Masyarakat Desa Wonorejo. Fakultas Pendidikan : IKIP PGRI Madiun.
- Rohim, M. 2016. Penambahan Bulking Agent untuk Meningkatkan Kualitas Kompos Sampah Sayur dengan Variasi Metode Pengomposan. *Jurnal Teknik ITS*. Vol 5 (2). 2337 – 3539.
- Rosanti, N. 2013. Analisa Kelayakan Finansial Budidaya Intensif Tanaman Pala di Kecamatan Gisting Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Ilmu-Ilmu Agribisnis*. Vol.1 (3).
- Sianipar, E. 2015. Dekomposisi Produk Samping Pertanian dengan Menggunakan Berbagai Dekomposer Terhadap Kualitas Kompos. *Majalah Ilmiah Politeknik Mandiri Bina Prestasi*. Vol. 4 (2) : 2301-7970.
- Sidabutar, Noni V. 2012. Peningkatan Kualitas Kompos UPS Permata Regency dengan Penambahan Kotoran Ayam Menggunakan Windrow Composting. Jakarta: Teknik Lingkungan Universitas Indonesia.
- Sucipto, C. D. S. 2012. Teknologi Pengolahan Daur Ulang Sampah. Gosyen publising. Yogyakarta.
- Sugita, I Nyoman. 2011. Kajian Kelayakan Finansial Pembangunan Gedung Parkir Universitas Udayana, Program Magister Teknik Sipil Universitas Udayana Denpasar.
- Sulistiyanto, Y., Sustiyah, S. Zubaidah dan B. Satata. 2016. Pemanfaatan Kotoran Sapi Sebagai Sumber Biogas Rumah Tangga di Kabupaten Pulang Pisau Provinsi Kalimantan Tengah, *Jurnal Udayana Mengabdi*, Vol. 15(2), pp. 150 – 158.
- Utami, S.W. 2014. Pengaruh Limbah Biogas Sapi Terhadap Ketersediaan Hara Makro-Mikro Inceptisol. *Jurnal Tanah dan Air*. Vol 11(1):12-21.
- Wahyuni, S. 2017. Biogas Hemat Energi Pengganti Listrik, BBM dan Gas Rumah Tangga, PT Agromedia Pustaka, Jakarta.
- Wibawati, dan Riya.E. 2013. Rasio C/N, Kandungan Kalium (K), Keasaman (pH), dan Bau Kompos Hasil Pengomposan Sampah Organik Pasar dengan Starter Kotoran Sapi. Semarang: IKIP PGRI Semarang.
- Widyaningrum, P. dan Lisdiana. 2013. Perbedaan fisik dan kimia kompos daun yang menggunakan bioaktivator mol dan EM4. *Jurnal Sain dan Teknologi*. 11(1): 65-72.
- Widyastuti, F. R., Purwanto dan Hadiyanto. 2013. Potensi Biogas Melalui Limbah Padat pada Peternakan Sapi Perah Bangka Botanical Garden Pangkal Pinang, *Metana*, Vol. 9 (2), pp. 19 - 26.
- Widyotomo, S. 2013. Optimasi proses fermentasi biji kopi Arabika dalam fermentor

terkendali. *Pelita Perkebunan*, 29, 53–68.

- Wulandari , D., Linda, R., dan Turnip, M. 2016. Kualitas Kompos dari Kombinasi Eceng Gondok (*Eichornia crassipes Mart. Solm*) dan Pupuk Kandang Sapi dengan Inokulan *Trichoderma harzianum L.* *Jurnal Protobiont*. Vol. 5 (2) : 34-44.
- Yanti. D., Santosa, Ekaputra. E. G., Mislaini , Chatib. O. C., dan Irsyad. F. 2019. Pemanfaatan *Sludge* Hasil Ikutan Biogas dari Kotoran Sapi untuk Pembuatan Kompos. *Jurnal Hilirisasi IPTEKS*. Vol 2(2). 2621-7198.
- Yuwono, P. 2021. Kinetika Kadar Air dan persentase Rendemen Kompos Berbahan Baku Feses Sapi Potong yang Diperkaya *Azolla Sp.* *Journal of Animal Scienc and Technology*. Vol 3 (1). 2745-3880.