

**PENGARUH TOTAL PADATAN TERHADAP PRODUKSI BIOGAS
DARI SAMPAH ORGANIK RUMAH TANGGA**

(Skripsi)

Oleh

ANNISA NUR FADHILAH



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2021**

ABSTRACT

THE EFFECT OF TOTAL SOLIDS ON BIOGAS PRODUCTION FROM HOUSEHOLD ORGANIC WASTE

By

ANNISA NUR FADHILAH

Household organic waste is an underutilized waste. Household organic waste, it can be utilization into biogas which is useful as an alternative energy resource. The content of Total Solids (TS) affect the process performance and the amount of biogas produced, the concentration of TS is the treatment on the household organic waste substrate (slurry). This study was aimed to determine the effect of total solids on biogas production from household organic waste. The concentration of TS in household organic waste substrate (slurry) was 1%; 1.5% ; 2% ; 2.5%. The working volume of the bioreactors were 20-litres, the substrate was fermented anaerobically for 20 days. Every day 1-litre of waste from the reactor was removed through outlet and refilled with 1-litre of new slurry through the inlet. The parameters observed is the content of Total Solid (TS), Total suspended Solid (TSS), Chemical Oxygen Demand Slouble (CODs), Volatile Solid (VS), pH, biogas volume, and methane content. The concentration of Total Solid in household organic waste (slurry) has an effect on the amount of biogas production. Biogas production the most massive obtained from the TS slurry of 1.5% with cumulative total production in 20 days of residence is 188.84 L, biogas productivity 11.39 L/g TSr or 279.76 L/g VSr, methane gas productivity 5.91 L/TSr or 174.73 L/VSr and methane gas content of 62.519%.

Keywords: Household Organik Waste, Biogas, Total Solids.

ABSTRAK

PENGARUH TOTAL PADATAN TERHADAP PRODUKSI BIOGAS DARI SAMPAH ORGANIK RUMAH TANGGA

Oleh

ANNISA NUR FADHILAH

Sampah organik rumah tangga merupakan limbah yang keberadaannya kurang dimanfaatkan. Upaya pemanfaatan dapat diterapkan dengan menggunakan sampah organik rumah tangga menjadi biogas yang berguna sebagai sumber energi alternatif. Kandungan Total Padatan (TS) berpengaruh terhadap kinerja proses dan jumlah biogas yang diproduksi, dilakukan perlakuan konsentrasi TS pada substrat sampah organik rumah tangga (*slurry*). Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh total padatan terhadap produksi biogas dari sampah organik rumah tangga. Konsentrasi TS pada substrat sampah organik rumah tangga (*slurry*) yaitu 1% ; 1,5% ; 2% ; 2,5%. Volume kerja bioreaktor 20 liter, substrat difermentasi secara anaerob selama 20 hari. Setiap hari 1 liter limbah dari dalam reaktor dikeluarkan melalui outlet dan diisi kembali dengan 1 liter *slurry* baru melalui inlet. Parameter pengamatan yang dilakukan meliputi kandungan TS, TSS, CODs, VS, pH, volume gas, dan kandungan metana. Konsentrasi total padatan substrat sampah organik rumah tangga (*slurry*) berpengaruh pada besarnya produksi biogas. Produksi biogas yang paling besar diperoleh pada TS *slurry* 1,5% dengan total produksi kumulatif sebesar 188,84 L selama 20 hari waktu tinggal, produktivitas biogas 11,39 L/g TSr atau 279,76 L/g VSr, produktivitas gas metana 5,91 L/TSr atau 174,73 L/VSr dan kandungan gas metana 62,519%.

Kata kunci : Sampah Organik Rumah Tangga, Biogas, Total Padatan.

**PENGARUH TOTAL PADATAN TERHADAP PRODUKSI BIOGAS
DARI SAMPAH ORGANIK RUMAH TANGGA**

Oleh

ANNISA NUR FADHILAH

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

Pada

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



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2021**

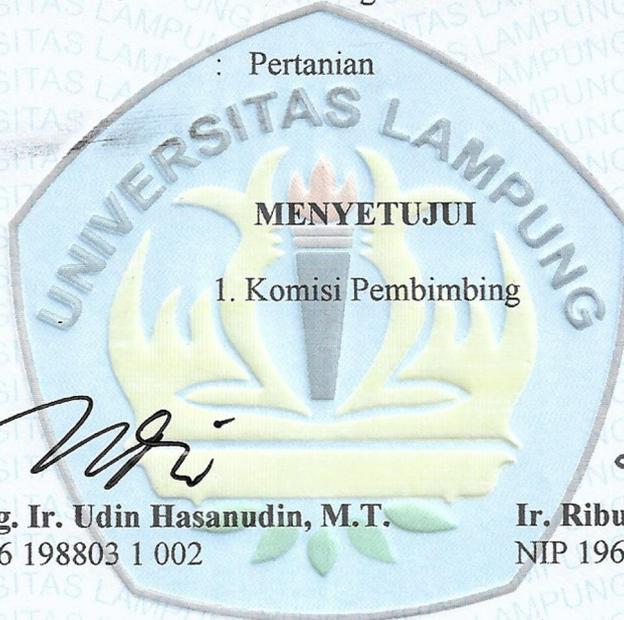
Judul Skripsi : PENGARUH TOTAL PADATAN TERHADAP
PRODUKSI BIOGAS DARI SAMPAH
ORGANIK RUMAH TANGGA

Nama Mahasiswa : Annisa Nur Fadhilah

Nomor Pokok Mahasiswa : 1754231006

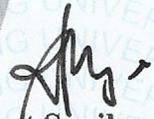
Program Studi : Teknologi Industri Pertanian

Fakultas : Pertanian



1. Komisi Pembimbing


Prof. Dr. Eng. Ir. Udin Hasanudin, M.T.
NIP 19640106 198803 1 002


Ir. Ribut Sugiharto, M.Sc
NIP 19660314 199003 1 009

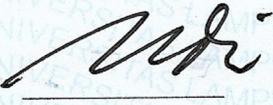
2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian


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

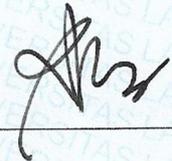
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

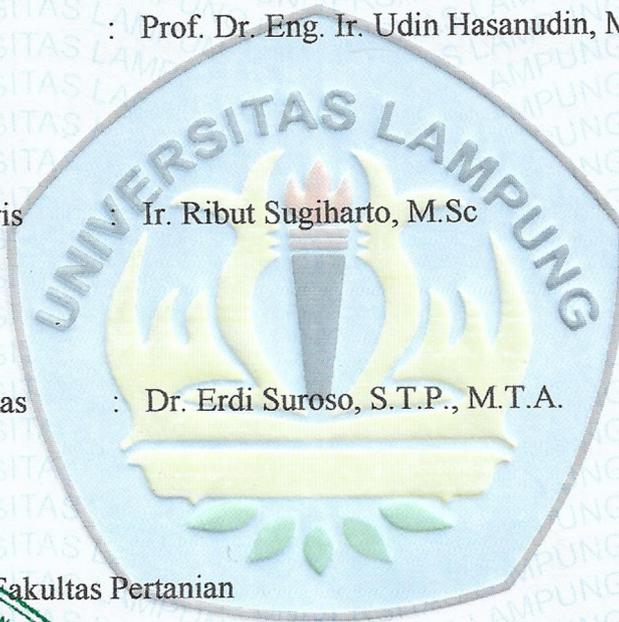
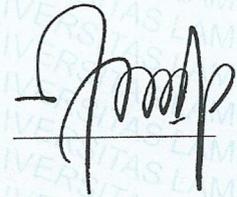
Ketua : Prof. Dr. Eng. Ir. Udin Hasanudin, M.T.



Sekretaris : Ir. Ribut Sugiharto, M.Sc



Pembahas : Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP 19611020 198603 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 08 Oktober 2021

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Annisa Nur Fadhillah NPM 1754231006

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

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

Bandar Lampung, 08 Oktober 2021

Pembuat Pernyataan



Annisa Nur Fadhillah

NPM 1754231006

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 12 Februari 1999 sebagai anak ketiga dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Ilham Dirgahayu dan Ibu Ririn Farida.

Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Amalia, Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2005, Sekolah Dasar di SDN 3 Perumnas Way Kandis, Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 29 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2014, dan Sekolah Menengah Atas di SMAN 5 Bandar Lampung 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 Mandiri Perguruan Tinggi Negeri – Barat (SMMPN – Barat) pada tahun 2017. Penulis aktif di bidang akademik diantaranya menjadi asisten mata kuliah Gambar Teknik pada tahun 2019 dan 2020. Penulis juga ikut berpartisipasi dalam Tim Pelaksana Pengabdian Kepada Masyarakat Pelatihan Pemanfaatan Sampah Organik menjadi Biogas dan Pupuk Cair pada tahun 2021. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik pada Januari-Februari

2020 di Desa Purwajaya, Kecamatan Banjar Margo, Kabupaten Tulang Bawang. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT. Sugar Labinta, Tanjung Sari, Lampung Selatan, dengan judul “ Identifikasi Bahaya, Konsekuensi dan Pengendalian Resiko pada Kegiatan Proses Produksi Gula Rafinasi di PT. Sugar Labinta”.

Penulis juga aktif di organisasi kemahasiswa Korps Sukarela Palang Merah Indonesia Unit Universitas Lampung KSR PMI Unit Unila, pada periode 2019 sebagai Sekretaris Divisi Kewirausahaan, pada periode 2020 sebagai Kepala Divisi Pendidikan dan Latihan, pada periode 2021 sebagai Wakil Ketua. Penulis juga ikut serta turun bencana pengungsian Tsunami Lampung Selatan pada tahun 2018.

Alhamdulillah.....

Segala Puji bagi Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya serta suri tauladanku Nabi Muhammad Salallohu 'alaihi Wassalam yang seluruh perjalanan hidupnya menjadi pedoman hidup seluruh umat

*Dengan kerendahan hati karya kecil dan sederhana ini
kupersembahkan kepada*

*Ibu...Ibu...Ibu...malaikat bumiku dan ayah sang juara satu dunia
dengan ketulusan dalam iringan do'a
semoga Allah SWT kelak menempatkan keduanya dalam surga-Nya*

*Hadiah cinta untuk pada dosen, sahabat, serta segenap keluarga
besarku,
yang telah memberikan do'a dan dukungan selama Aku menuntut ilmu*

*Serta
Lembaga yang turut membentuk pribadi diriku, mendewasakanku
dalam berpikir dan bertindak.*

Almamater tercinta

UNILA

“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 : 4-5)

“Jagalah sholat maka Allah SWT akan menjagamu”

(Ayah dan ibu di rumah)

SANWACANA

Alhamdulillah robbil'aalaamiin, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat, hidayah dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “ Pengaruh Total Padatan terhadap Produksi Biogas dari Sampah Organik Rumah Tangga”. 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 sekaligus Pembahas -- yang telah memfasilitasi penulis dalam menyelesaikan skripsi, bimbingan, saran, dan perbaikannya.
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Udin Hasanudin, M.T., selaku Pembimbing Pertama dan Pembimbing Akademik – atas ketulusan hati, kesabarannya dalam membimbing penulis dan memberikan motivasi, arahan, serta ilmu yang diberikan selama masa studi dan penyusunan skripsi.
4. Bapak Ir. Ribut Sugiharto, M.Sc., selaku Pembimbing Anggota – atas kebaikan, bimbingan dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. 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.

6. Ayah, Ibu, beserta keluarga besarku – atas semua kasih sayang, nasehat, dukungan, dan keceriaan di keluarga serta do'a tulus yang selalu tercurah tiada henti bagi penulis.
7. Rekan seperjuangan di Laboratorium Limbah Pengelolaan Limbah Agroindustri Andara Aulia dan Radya Yogautami. Terimakasih atas kerjasama dalam penyusunan skripsi, kebersamaan dan suka duka penelitian, akhirnya berhasil juga.
8. Pak Joko, Mba Mawar, Mba Wanda, Kak Duta, dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian.
9. Sahabat-sahabatku Alda Sapphira, Shinta Oktarini, Rahmatina Fajaria Bioria, Edola Ratu, Annisa Gusmirna, dan Muhammad Iqbal Ogara atas dukungan, suka duka perkuliahan serta kebersamaannya, sangat menyenangkan bisa bersama kalian.
10. Keluarga Besar UKM KSR PMI Unit Unila atas pembelajaran, pengalaman yang luar biasa, senang menjadi bagian didalamnya.
11. Teman-teman THP dan TIP angkatan 2017. Terimakasih atas do'a, kenangan, motivasi dan kebersamaannya.

Penulis berharap semoga karya ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan diridhoi oleh Allah SWT. *Aamiin*.

Bandar Lampung, Oktober 2021

Penulis

Annisa Nur Fadhilah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	4
1.4 Kerangka Pikir.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sampah Organik Rumah Tangga	8
2.1.1 Jenis-Jenis Sampah.....	9
2.1.2 Komposisi Sampah.....	9
2.2 <i>Digester</i> Anaerobik (Bioreaktor)	12
2.2.1 Komponen Utama <i>Digester</i>	13
2.2.2 Komponen Pendukung <i>Digester</i>	14
2.3 Biogas.....	15
2.4 Proses Pembentukan Biogas.....	17
2.5 Faktor yang Mempengaruhi Total Biogas.....	19
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat	23
3.2 Alat dan Bahan	23
3.3 Metode Penelitian.....	23
3.4 Pelaksanaan Penelitian	25

3.4.1	Persiapan Bioreaktor dan Proses Aklimatisasi	25
3.4.2	Persiapan Bahan	26
3.4.3	Pengisian Substrat dan Fermentasi	26
3.5	Pengamatan.....	27
3.5.1	Pengukuran Nilai Derajat Keasaman (pH) dan Suhu	27
3.5.2	Analisis Kandungan <i>Total Solid</i> (TS)	27
3.5.3	Analisis Kandungan <i>Volatile Solid</i> (VS).....	28
3.5.4	Analisis Kandungan <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	29
3.5.5	Analisis <i>Chemical Oxygen Demand</i> (CODs).....	29
3.5.6	Pengukuran Volume Biogas	30
3.5.7	Pengukuran Komposisi Biogas	31
3.5.8	Produktivitas Biogas dan Metana	31

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Karakteristik Substrat	32
4.2	Aklimatisasi.....	34
4.3	Analisis Perubahan <i>Total Solid</i> (TS) dan <i>Volatil Solid</i> (VS)	37
4.4	Analisis <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	41
4.5	Pengukuran Derajat Keasaman (pH).....	43
4.6	Pengukuran Suhu.....	45
4.7	Analisis <i>Chemical Oxygen Demand</i> (CODs).....	46
4.8	Produksi Biogas Harian dan Kumulatif	49
4.9	Kandungan Gas Metana	52
4.10	Produktivitas Biogas dan Metana	54

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	57
5.2	Saran.....	57

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komponen Penyusun Biogas	16
2. Perlakuan Konsentrasi TS <i>Slurry</i> pada Bioreaktor	24
3. Karakteristik Substrat.....	32
4. Kondisi Bioreaktor setelah 10 Hari Proses Aklimatisasi	35
5. Komposisi Biogas pada saat Aklimatisasi	37
6. Nilai Pengukuran Suhu pada <i>Effluent</i>	66
7. Nilai Pengukuran Derajat Keasaman (pH) pada <i>Effluent</i>	66
8. Nilai Pengukuran <i>Chemical Oxygen Demand</i> (CODs) pada <i>Effluent</i>	66
9. Produksi Biogas Harian dan Kumulatif	67
10. Kandungan Gas Metana	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram Alir Kerangka Pikir Penelitian.....	7
2. Komponen Bioreaktor.....	25
3. Pengukuran Volume Biogas menggunakan Galon	30
4. Nilai <i>Total Solid</i> (TS) pada <i>Effluent</i>	37
5. Nilai <i>Volatile Solid</i> (VS) pada <i>Effluent</i>	38
6. Ilustrasi <i>Dead End Area</i> pada Bioreaktor	40
7. Desain Reaktor Biogas yang Diusulkan	41
8. Nilai <i>Total Suspended Solid</i> (TSS) pada <i>Effluent</i>	42
9. Nilai Derajat Keasaman (pH) pada <i>Effluent</i>	43
10. Nilai Pengukuran Suhu pada <i>Effluent</i>	45
11. Nilai <i>Chemical Oxygen Demand Soluble</i> (CODs) pada <i>Slurry</i>	47
12. Nilai <i>Chemical Oxygen Demand Soluble</i> (CODs) pada <i>Efluent</i>	48
13. Produksi Biogas Harian	49
14. Produksi Biogas Kumulatif.....	51
15. Kandungan Gas Metana.....	52
16. Produktivitas Biogas berdasarkan <i>TSremoved</i>	54
17. Produktivitas Biogas berdasarkan <i>VSremoved</i>	54
18. Produktivitas Metana berdasarkan <i>TSremoved</i>	55
19. Produktivitas Metana berdasarkan <i>VSremoved</i>	56
20. Galon sebagai Alat Ukur Volume Biogas.....	69
21. Alat Penghancur Limbah Makanan (<i>Crusher</i>).....	69
22. <i>Inokulum</i> (<i>Sludge</i> Biogas Industri Tapioka)	69
23. Sampah Organik Rumah Tangga	69
24. Pemilahan Sampah Organik Rumah Tangga	69

25. Penimbangan Sampah Organik Rumah Tangga	69
26. Penghancuran Sampah Organik Rumah Tangga dengan <i>Crusher</i>	70
27. <i>Slurry</i> dengan persentase TS 1% ; TS 1,5% ; TS 2% ; TS 2,5%	70
28. Pengisian Substrat kedalam Bioreaktor	70
29. Pengadukan	70
30. Pengambilan <i>Effluen</i> dari Bioreaktor	70
31. <i>Effluen</i> Biogas	70
32. Pengamatan Nilai pH dan Suhu	71
33. Penimbangan Cawan dengan Neraca Analitik	71
34. Proses Pengeringan dengan Oven pada Suhu 105 ⁰ C	71
35. Furnace (2 jam Suhu 550 ⁰ C)	71
36. Proses Centrifugasi (15 menit pada 3000 rpm)	71
37. Penimbangan Tabung Centrifuge + Sampel	71
38. Pemisahan Padatan dan Larutan Sampel setelah Proses Centrifugasi	72
39. Proses Pemanasan Larutan CODS dengan Reaktor Unit DRB200	72
40. Pengukuran Nilai CODS dengan HACH Spektrofotometri DR40000	72
41. Volume Biogas Harian	72
42. Pengambilan Sampel Gas 0,5mL dengan <i>Syringe</i>	72
43. Penyuntikan Sampel Gas pada <i>Injection Port</i> Gas Kromatografi	72

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setiap aktivitas manusia pasti menghasilkan buangan atau sampah. Jumlah atau volume sampah sebanding dengan tingkat konsumsi terhadap barang atau material yang digunakan sehari-hari (Sejati, 2009). Peningkatan jumlah penduduk mengakibatkan tingkat konsumsi masyarakat meningkat dan berdampak terhadap peningkatan jumlah sampah yang dihasilkan. Kardono (2007) mengatakan bahwa permasalahan pengelolaan sampah yang ada di Indonesia dilihat dari beberapa indikator yaitu tingginya jumlah sampah yang dihasilkan, tingkat pelayanan pengelolaan sampah masih rendah, tempat pembuangan akhir yang terbatas jumlahnya, masalah biaya dan institusi pengelola sampah.

Sampah organik sering kali menimbulkan masalah lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Dampak buruk yang timbul akibat sampah organik yang tidak diolah dengan baik adalah pencemaran air, pencemaran udara, pencemaran tanah, dan penurunan estetika (Mahyudin *et al.*, 2017). Kemampuan yang dimiliki untuk mengolah sampah organik saat ini belum sepadan dengan jumlah sampah organik yang dihasilkan dalam satu hari, sehingga sering ditemukan tumpukan sampah yang menyebabkan bau tidak sedap (Wahyuni, 2013).

Sampah rumah tangga sebagian besar merupakan bahan organik, misalnya sampah dari dapur, sisa-sisa makanan, pembungkus (selain kertas, karet dan plastik), tepung, sayuran, kulit buah, daun, dan ranting (Marliani, 2014). Saat ini umumnya pengelolaan persampahan rumah tangga dimulai sejak dari pewadahan, pengangkutan, dan pengumpulan di tempat penampungan sementara (TPS).

Sampah dari TPS tersebut kemudian diangkut ke tempat pemrosesan akhir (TPA) (Sunyoto *et al.*, 2016)

Untuk mengurangi pencemaran lingkungan dan beban pada tempat pemrosesan akhir dibutuhkan teknologi untuk mengolah sampah organik yang dihasilkan. Dalam mengelola limbah diharapkan mampu dilakukan perlakuan berkelanjutan, yaitu jenis perlakuan atau gabungan perlakuan yang mampu menghasilkan material baru untuk konservasi sumber daya agar semua limbah dapat dimanfaatkan (Ismuyanto dan Julinanda, 2017). *Recovery* atau upaya pemanfaatan kembali material yang masih dapat dimanfaatkan dapat diterapkan dengan menggunakan sampah organik rumah tangga dengan memanfaatkan atau mengolah menjadi biogas yang berguna sebagai sumber energi alternatif. Limbah reaktor biogas juga masih dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Namun pengolahan sampah rumah tangga menjadi biogas belum banyak dilakukan masyarakat. Padahal teknologi pembuatan biogas dari sampah rumah tangga merupakan teknologi tepat guna (TTG) yang tidak sulit untuk diterapkan di masyarakat.

Biogas merupakan produk akhir dari konversi bahan organik melalui proses perombakan secara anaerob (Pambudi, 2008). Komposisi utama dari biogas adalah metana (55-65%), karbon dioksida (35-40%), hidrogen sulfida (<1%), sedikit gas lainnya dan uap air (Kapdi *et al.*, 2006). Keunggulan dari biogas ini adalah ramah lingkungan karena bahan baku berupa limbah organik, salah satunya sampah organik rumah tangga seperti sisa makanan, sisa buah maupun sisa sayuran. Kardono (2010) menyebutkan bahwa ramah lingkungan artinya tidak mengakibatkan kerusakan pada lingkungan sebagai tempat tinggal manusia. Prinsip pembuatan biogas adalah adanya dekomposisi bahan organik secara anaerobik (kondisi tanpa oksigen) untuk menghasilkan gas yang sebagian besar adalah berupa gas metana (yang memiliki sifat mudah terbakar) dan karbon dioksida, gas inilah yang disebut biogas (Aulia, 2014).

Biodigester salah satu alat yang digunakan untuk mengolah sampah/limbah organik dengan cara fermentasi tanpa oksigen (anaerob) untuk menghasilkan gas metana dan sisa atau limbah akan menjadi pupuk cair maupun padat (Darwin, 2018). Secara prinsip pembuatan biogas sangat sederhana, dengan memasukkan substrat (kotoran hewan, manusia, sampah organik) ke dalam unit pencernaan (*digester*), ditutup rapat, dan selama beberapa waktu biogas akan terbentuk yang selanjutnya dapat digunakan sebagai sumber energi. Penggunaan *biodigester* dapat membantu pengembangan sistem pertanian dengan mendaur ulang sampah organik untuk memproduksi biogas dan diperoleh hasil berupa pupuk organik dengan mutu yang baik. Kandungan biogas didominasi oleh gas metana (CH_4) yang dihasilkan dari proses dekomposisi mikroba pada suatu biomasa (Wiratmana *et al.*, 2012)

Pembebanan bahan organik yang optimum dapat meningkatkan efisiensi proses biodegradasi. Proses biodegradasi dikatakan efisien jika biogas yang dihasilkan banyak atau jumlah biomasa yang terdegradasi/tercerna di dalam *biodigester* dalam jumlah yang maksimal. Pemberian beban organik yang tidak sesuai atau melebihi batas kemampuan reaktor menyebabkan proses yang tidak seimbang (Deublein and Steinhauser, 2008). Untuk itu pemberian beban organik perlu memperhatikan konsentrasi kandungan *Total Solid* (TS) yang merupakan jumlah padatan yang terdapat dalam limbah pada bahan organik (Sulistyo, 2010), karena kandungan TS akan berpengaruh terhadap kinerja proses dan jumlah biogas yang diproduksi (Ardinata *et al.*, 2016). Oleh karena itu, diperlukan pemberian beban bahan organik berdasarkan konsentrasi *Total Solid* (TS) yang sesuai terhadap produksi biogas dari substrat sampah organik rumah tangga.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh total padatan terhadap produksi biogas dari sampah organik rumah tangga.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi ilmiah mengenai pengaruh total padatan terhadap produksi biogas dari sampah organik rumah tangga.

1.4 Kerangka Pikir

Sampah organik seperti sampah rumah tangga, limbah industri, limbah makanan merupakan limbah yang keberadaannya kurang dimanfaatkan. Limbah tersebut bila dibiarkan atau dibuang tanpa diolah lebih lanjut dapat melepaskan gas metana yang merupakan gas rumah kaca (GRK). Sampah-sampah organik yang membusuk akan menghasilkan gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Tetapi hanya CH_4 yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar.

Penggunaan biogas sebagai bahan bakar akan mengkonversi metana menjadi energi yang lebih bermanfaat sehingga potensi metana yang dilepaskan ke atmosfer menjadi berkurang (Pambudi, 2008).

Dalam penelitian ini dilakukan variasi perlakuan konsentrasi TS pada substrat sampah organik rumah tangga (*slurry*) yaitu 1% ; 1,5% ; 2% ; 2,5% untuk mengetahui konsentrasi TS *slurry* sampah organik rumah tangga yang optimal terhadap produksi biogas yang dihasilkan. Konsentrasi TS tersebut dipilih karena pada penelitian pendahuluan berupa pembuatan *slurry* yang dilakukan terhadap sampah organik rumah tangga dengan penambahan air 1:3 didapatkan rerata TS 3,8%. *Slurry* yang didapatkan dapat dihancurkan dengan baik dan tidak terlalu pekat, sehingga dipilih konsentrasi TS yang lebih rendah.

Dipilihnya parameter TS sebagai parameter produksi biogas pada penelitian ini karena bahan baku dalam pembuatan biogas yang digunakan adalah limbah organik yang berbentuk padatan, maka dilakukan variasi berdasarkan total padatannya sehingga variasi yang ditentukan lebih dapat dikendalikan.

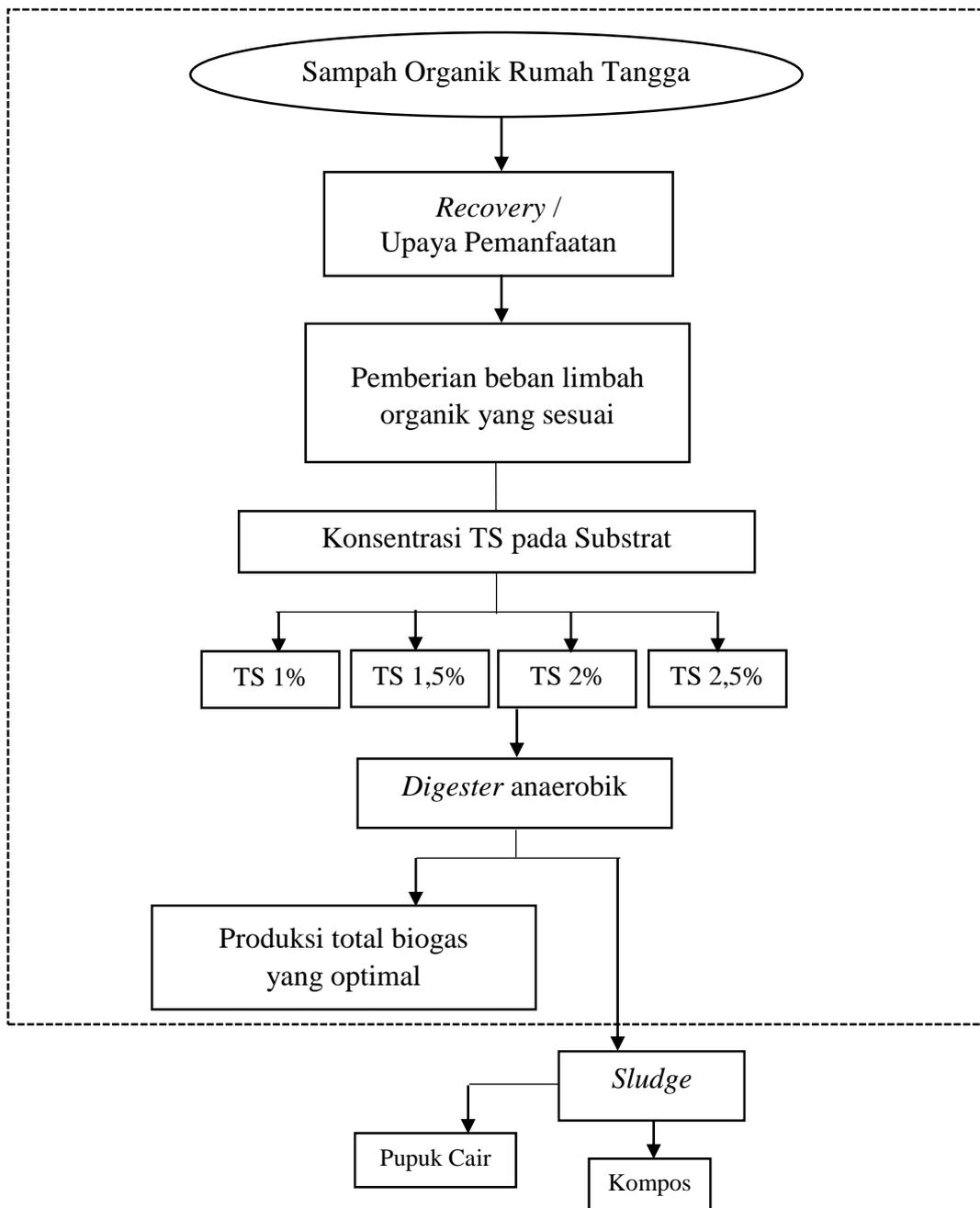
Kandungan TS akan berpengaruh terhadap kinerja proses dan jumlah biogas yang diproduksi. Nugrahini dan Natalia (2014) menyatakan peningkatan kandungan TS berkaitan dengan banyaknya nutrisi yang ada dalam bioreaktor, walaupun dengan menggunakan nutrisi alami tetapi kandungan TS tinggi. Dengan peningkatan kandungan TS, berarti meningkatkan pasokan makanan yang diperlukan oleh bakteri anaerob dengan sendirinya kebutuhan nutrisi untuk pertumbuhan bakteri dapat dicukupi sehingga pertumbuhan bakteri anaerob lebih baik dibandingkan dengan pasokan makanan yang rendah sehingga berpotensi dalam produksi biogas.

Namun kandungan TS yang semakin tinggi dapat menurunkan produksi biogas (Khalid *et al.*, 2011). Kandungan TS yang terlalu tinggi menyebabkan produksi asam organik pada tahap awal digestion lebih cepat dibandingkan dengan kecepatan konsumsi asam organik oleh bakteri metanogen. Hal tersebut menyebabkan aktivitas bakteri metanogen terhambat dan menurunkan produksi biogas (Jha *et al.*, 2013). Pada kandungan TS yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan inhibisi pada tahap hidrolisis yang disebabkan oleh transfer massa yang terbatas antara mikroba dan bahan baku. Produk dari tahap hidrolisis telah berakumulasi di permukaan substrat karena transfer massa yang terbatas, akhirnya menghambat penyerapan enzim hidrolitik. Transfer massa yang terbatas membuat jumlah produk hidrolisis yang tersedia untuk mikroba asidogenik terbatas sehingga menurunkan jumlah produk yang dihasilkan pada tahap asidogenesis untuk dikonversi menjadi biogas pada tahap metanogenesis (Sheets *et al.*, 2015).

Perombakan secara anaerobik melibatkan empat kelompok mikroorganisme yang dinamakan bakteri hidrolitik, asidogenik, asetogenik, dan metanogenik yang saling ketergantungan satu dengan yang lainnya. Bakteri hidrolitik berperan pada tahap pertama untuk mendegradasi bahan-bahan organik kompleks menjadi monomer-monomernya seperti gula (glukosa), asam amino, dan asam-asam lemak. Selanjutnya monomer-monomer dapat larut tersebut dikonversi menjadi asam organik rantai pendek, asam asetat, alkohol, hidrogen, dan karbon dioksida oleh bakteri asidogenik. Produk-produk asidogenesis selanjutnya dikonversi

menjadi asam asetat oleh bakteri asetogenik dan akhirnya dikonversi menjadi metana oleh bakteri metanogenik (Wikandari *et al.*, 2014).

Sistem pengisian substrat ke dalam *digester* anaerobik terkadang dapat menyebabkan rendahnya produksi biogas. Pada suatu kondisi tertentu laju pengisian harus dikurangi untuk meminimalisir terjadinya kegagalan pada proses *digester* anaerobik untuk menghindari terjadinya akumulasi asam pada *digester* yang dapat menghambat proses *digester* anaerobik sehingga memperlambat produksi gas metana. Kegagalan proses *digester* anaerobik dalam memproduksi biogas sering terjadi juga karena pengisian substrat ke dalam *digester* yang sangat berlebihan (*overloading*). Sehingga apabila pemasukan bahan baku yang terlalu banyak, akan mengakibatkan terganggunya akumulasi asam dan produksi metana yang dihasilkan. Sebaliknya apabila pengisian bahan baku yang diberikan pada *digester* terlalu sedikit, akan berakibat produksi menjadi rendah (Darwin, 2018). Diagram alir kerangka pikir penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir kerangka pikir penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah Organik Rumah Tangga

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah pasal 1 ayat (1) sampah merupakan sisa kegiatan sehari-hari manusia dan atau proses alam yang berbentuk padat. Sejati (2009) menyebutkan bahwa sampah adalah suatu bahan yang terbuang atau dibuang merupakan hasil aktivitas manusia maupun alam yang sudah tidak digunakan lagi karena sudah diambil unsur atau fungsi utamanya. Sampah memiliki dua arti, yaitu 1) Bahan yang tidak mempunyai nilai atau tidak berharga untuk maksud biasa atau utama dalam pembikinan atau pemakaian, barang rusak atau bercacat dalam pembikinan (manufaktur), atau materi berkelebihan atau ditolak atau buangan dan 2) *Waste* (sampah/limbah) merupakan proses teratur dalam membuang bahan tak berguna atau tak layak dinginkan (Kementerian Lingkungan Hidup, 2018).

Para ahli kesehatan masyarakat Amerika membuat batasan, sampah (*waste*) adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi, atau sesuatu yang dibuang, yang berasal dari kegiatan manusia, dan tidak terjadi dengan sendirinya. Dari batasan ini jelas bahwa sampah adalah hasil kegiatan manusia yang dibuang karena sudah tidak berguna. Dengan demikian sampah mengandung prinsip sebagai berikut 1) Adanya sesuatu benda atau bahan padat 2) Adanya hubungan langsung/tidak langsung dengan kegiatan manusia 3) Benda atau bahan tersebut tidak dipakai lagi (Notoatmojo, 2003). Dari uraian diatas, dapat dilihat bahwa ada persamaan dalam mendefinisikan sampah, yakni sampah merupakan sisa-sisa aktivitas manusia maupun alam yang berbentuk padat, serta sampah adalah benda yang telah dibuang dan dianggap tidak berguna lagi.

2.1.1 Jenis-Jenis Sampah

Jenis sampah yang ada di sekitar kita cukup beraneka ragam, ada yang berupa sampah rumah tangga, sampah industri, sampah pasar, sampah rumah sakit, sampah pertanian, sampah perkebunan, sampah peternakan, sampah institusi/kantor/sekolah, dan sebagainya. Berdasarkan asalnya, sampah padat dapat digolongkan menjadi dua yaitu sebagai berikut:

1) Sampah Organik

Sampah organik adalah sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan hayati yang dapat didegradasi oleh mikroba atau bersifat *biodegradable*. Sampah ini dengan mudah dapat diuraikan melalui proses alami. Sampah rumah tangga sebagian besar merupakan bahan organik. Termasuk sampah organik, misalnya sampah dari dapur, sisa – sisa makanan, pembungkus (selain kertas, karet dan plastik), tepung, sayuran, kulit buah, daun dan ranting.

2) Sampah Anorganik

Sampah anorganik adalah sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan non-hayati, baik berupa produk sintetik maupun hasil proses teknologi pengolahan bahan tambang. Sampah anorganik dibedakan menjadi : sampah logam dan produk-produk olahannya, sampah plastik, sampah kaca dan keramik, sampah detergen. Sebagian besar anorganik tidak dapat diurai oleh alam/mikroorganisme secara keseluruhan (*unbiodegradable*). Sementara, sebagian lainnya hanya dapat diuraikan dalam waktu yang lama. Sampah jenis ini pada tingkat rumah tangga misalnya botol plastik, botol gelas, tas plastik, dan kaleng.

2.1.2 Komposisi Sampah

Menurut Damanhuri dan Padmi (2010), mengatakan komposisi sampah merupakan gambaran dari masing-masing komponen yang terdapat pada sampah dan distribusinya. Komponen komposisi sampah adalah komponen fisik sampah

seperti sisa-sisa makanan, kertas-karton, kayu, kain-tekstil, karet-kulit, plastik, logam besi-non besi, kaca dan sebagainya (misalnya tanah, pasir, batu, keramik). Pengelompokan sampah yang paling sering dilakukan yaitu berdasarkan komposisi sampah, misalnya dinyatakan sebagai % berat atau % volume dari kertas, kayu, karet, plastik, logam, kaca, kain, makanan dan sampah lain lain (Damanhuri dan Padmi, 2010).

Menurut Damanhuri dan Padmi (2010), komposisi dan komponen sampah diklasifikasikan ke dalam 9 komponen, yaitu :

1) Sampah Makanan

Sampah makanan adalah sampah yang terklasifikasi sebagai sampah dapur seperti : sisa makanan (nasi, mie, biskuit, roti, dll), bungkus makanan dari daun, sampah sayuran/buah-buahan, kulit buah, batang sayuran, dan lainnya.

2) Sampah Kertas, Karton, dan Nappies

Sampah kertas, karton dan *nappies* meliputi : kertas koran, kertas pembungkus, barang cetakan, buku tulis, karton, tampon, *disposable diapers*, kertas *tissue*, dan sejenisnya.

3) Sampah Kayu, Kebun, dan Taman

Sampah kayu, kebun dan taman meliputi : kayu bekas *furniture*, kayu bangunan (pagar, kusen), daun, ranting/batang pohon dari perawatan taman/halaman, dan lain-lain.

4) Sampah Kain dan Produk Tekstil

Sampah kain dan produk tekstil meliputi : pakaian bekas, selimut bekas, lap, majun, kain perca, pel, tas/sepatu dari kain, kasur/bantal bekas dan lain-lain.

5) Sampah Karet dan Kulit

Sampah karet dan kulit meliputi : sisa karet busa, ban bekas, sarung tangan karet, tas/sepatu dari karet atau kulit dan lain-lain.

6) Sampah Plastik

Sampah plastik meliputi: botol, kemasan, ember dari plastik, kantong kresek, gantungan baju dan barang lainnya dari plastik.

7) Sampah Logam

Sampah logam meliputi: besi bekas perkakas, rangka *furniture*, kawat, potongan logam, kaleng minuman dan lain-lain.

8) Sampah Gelas

Sampah gelas meliputi: pecahan gelas, piring dan barang-barang keramik, botol, lampu, dan barang-barang dari gelas/keramik .

9) Sampah lain-lain

Sampah lain-lain meliputi komponen yang tidak termasuk dalam klasifikasi di diantaranya: tanah, abu, batu, bongkahan bangunan, barang-barang elektronik bekas.

Menurut Damanhuri dan Padmi (2019). komposisi sampah dipengaruhi oleh beberapa faktor:

1) Cuaca

Cuaca mempengaruhi komposisi sampah, di daerah yang kandungan airnya tinggi kelembaban sampah juga akan tinggi.

2) Frekuensi Pengumpulan

Semakin sering sampah di kumpulkan maka semakin tinggi tumpukan sampah terbentuk. Tapi sampah basah akan berkurang karena membusuk dan yang akan terus bertambah adalah kertas dan sampah kering lainnya yang sulit terdegradasi.

3) **Musim**

Musim dalam hal ini apabila musim buah-buahan berlangsung maka sampah yang akan terkumpul akan mendominasi buah-buahan sesuai musim buah tersebut.

4) **Tingkat Sosial Ekonomi**

Daerah ekonomi tinggi umumnya menghasilkan sampah yang terdiri atas bahan kaleng, kertas, dan sebagainya.

5) **Pendapatan Perkapita**

Masyarakat dari tingkat ekonomi lemah akan menghasilkan total sampah yang lebih sedikit dan homogen.

6) **Kemasan Produk**

Kemasan produk bahan kebutuhan sehari-hari juga akan mempengaruhi. Negara maju seperti Amerika tambah banyak yang menggunakan kertas sebagai pengemas, sedangkan negara berkembang seperti Indonesia banyak menggunakan plastik sebagai pengemas.

2.2 **Anaerobic Digester (Bioreaktor)**

Reaktor biogas adalah suatu alat pengolah dengan proses pembusukan bahan organik oleh bakteri anaerobik pada kondisi tanpa udara, yang menghasilkan biogas dan pupuk caik. Berdasarkan cara pengisiannya ada dua jenis *digester* (unit pencernaan) atau *biodigester* yaitu *batch feeding* dan *countinous feeding*. *Batch feeding* adalah jenis *biodigester* yang pengisian bahan organik dilakukan sekali penuh, kemudian ditunggu sampai biogas dihasilkan. Setelah biogas tidak berproduksi lagi atau produksinya sangat rendah, isian *digesternya* dibongkar lalu diisi kembali dengan bahan organik yang baru. *Countinous feeding* merupakan jenis *biodigester* yang pengisian bahan organiknya dilakukan setiap hari dalam jumlah tertentu, setelah biogas mulai berproduksi. Pada pengisian awal *digester* diisi penuh, kemudian ditunggu sampai biogas berproduksi. Setelah berproduksi,

pengisian bahan organik dilakukan secara kontinyu setiap hari dengan jumlah tertentu (Wijayanti dan Andriyanto, 2008).

2.2.1 Komponen Utama *Digester*

Komponen-komponen *digester* cukup banyak dan bervariasi. Komponen yang digunakan untuk membuat *digester* tergantung dari jenis *digester* yang digunakan dan tujuan pembangunan *digester*. Secara umum komponen *digester* terdiri dari empat komponen utama sebagai berikut:

1) Saluran Masuk *Slurry* (Bahan Organik).

Saluran ini digunakan untuk memasukkan *slurry* (campuran sampah organik dan air) kedalam reaktor utama biogas. Tujuan pencampuran adalah untuk memaksimalkan produksi biogas, memudahkan mengalirkan bahan baku dan menghindari endapan pada saluran masuk.

2) Ruang *Digestion* (Ruang Fermentasi)

Ruangan *digestion* berfungsi tempat terjadinya fermentasi anaerobik dan dibuat kedap udara. Ruang ini dapat juga dilengkapi dengan penampung biogas.

3) Saluran Keluar *Residu* (*Sludge*)

Fungsi saluran ini adalah untuk mengeluarkan kotoran (*Sludge*) yang telah mengalami fermentasi anaerobik oleh bakteri. Saluran ini bekerja berdasarkan prinsip kesetimbangan hidrostatis. Residu yang keluar pertama kali merupakan *slurry* masukan yang pertama setelah waktu retensi. *Slurry* yang keluar sangat baik untuk pupuk karena mengandung kadar nutrisi yang tinggi.

4) Tangki Penyimpan Biogas

Tujuan dari tangki penyimpanan biogas adalah untuk menyimpan biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi anaerobik. Jenis tangki penyimpanan biogas ada dua, yaitu tangki bersatu dengan unit reaktor (*fixed dome*) dan terpisah dengan reaktor (*floated dome*). Untuk tangki terpisah, konstruksi dibuat

khusus sehingga tidak bocor dan tekanan yang dihasilkan dalam tangki seragam.

2.2.2 Komponen Pendukung *Digester*

Selain empat komponen utama tersebut diatas, pada sebuah *digester* perlu ditambahkan beberapa komponen pendukung untuk menghasilkan biogas dalam jumlah banyak dan aman. Beberapa komponen pendukung adalah:

1) Katup Pengaman (*control valve*)

Fungsi dari katup pengaman adalah sebagai pengaman *digester* dari lonjakan tekanan biogas yang berlebihan. Bila tekanan dalam tabung penampung biogas lebih tinggi dari tekanan yang diizinkan, maka biogas akan dibuang keluar. Selanjutnya tekanan dalam *digester* akan turun kembali. Katup pengaman tekanan cukup penting dalam reaktor biogas yang besar dan sistem kontinyu, karena umumnya *digester* dibuat dari material yang tidak tahan tekanan yang tinggi supaya biaya konstruksi *digester* tidak mahal. Semakin tinggi tekanan di dalam *digester*, semakin rendah produksi biogas di dalam *digester* terutama pada proses hidrolisis dan asidifikasi. Selalu pertahankan tekanan diantara 1,15-1,2 bar di dalam *digester*.

2) Sistem Pengaduk

Pada *digester* yang besar sistem pengaduk menjadi sangat penting. Tujuan dari pengadukan adalah untuk menjaga material padat tidak mengendap pada dasar *digester*. Pengadukan sangat bermanfaat bagi bahan yang berada di dalam *digester* dan temperatur secara merata diseluruh bagian. Dengan pengadukan potensi material mengendap di dasar *digester* semakin kecil, konsentrasi merata dan memberikan kemungkinan seluruh material mengalami proses fermentasi anaerob secara merata. Selain itu dengan pengadukan dapat mempermudah pelepasan gas yang dihasilkan oleh bakteri menuju ke bagian penampung biogas. Pengadukan dapat dilakukan dengan:

- a. Pengadukan mekanis, yaitu dengan menggunakan poros yang dibawahnya terdapat semacam baling-baling dan digerakkan dengan motor listrik secara berkala.
- b. Mensirkulasi bahan dalam *digester* dengan menggunakan pompa dan dialirkan kembali melalui bagian atas *digester*. Pada saat melakukan proses pengadukan hendaknya dilakukan dengan pelan. Sebagaimana diketahui bahwa tumbuhnya bakteri membutuhkan media yang cocok. Media yang cocok sendiri terbentuk dari bahan organik secara alami dan membutuhkan waktu tertentu sehingga pengadukan yang terlalu cepat dapat membuat proses fermentasi anaerobik justru terhambat.

3) Saluran biogas

Tujuan dari saluran biogas adalah untuk mengalirkan biogas yang dihasilkan *digester*. Bahan untuk saluran gas disarankan terbuat dari polimer untuk menghindari korosi. Untuk pemanfaatan biogas sebagai bahan bakar, pada ujung saluran pipa dapat disambung dengan pipa yang terbuat dari logam supaya tahan terhadap temperatur pembakaran yang tinggi.

2.3 Biogas

Biogas merupakan *renewable energy* yang dapat dijadikan bahan bakar alternatif untuk menggantikan bahan bakar yang berasal dari fosil seperti minyak tanah dan gas alam (Houdkova *et al.*, 2008). Biogas juga sebagai salah satu jenis bioenergi yang didefinisikan sebagai gas yang dilepaskan jika bahan-bahan organik seperti kotoran ternak, kotoran manusia, jerami, sekam dan daun-daun hasil sortiran sayur difermentasi atau mengalami proses metanisasi (Hambali, 2008).

Biogas dihasilkan apabila bahan-bahan organik terurai menjadi senyawa-senyawa pembentuknya dalam keadaan tanpa oksigen (anaerob). Fermentasi anaerobik ini biasa terjadi secara alami di tanah yang basah, seperti dasar danau dan di dalam tanah pada kedalaman tertentu. Proses fermentasi adalah penguraian bahan-bahan organik dengan bantuan mikroorganisme. Fermentasi anaerob dapat menghasilkan

gas yang biasa disebut dengan biogas (Sutarno dan Firdaus, 2009). Biogas dapat dihasilkan dari fermentasi berbagai macam limbah organik seperti sampah biomassa, kotoran manusia, kotoran hewan dapat dimanfaatkan menjadi energi melalui proses anaerobik digestion (Pambudi, 2008). Biogas yang terbentuk dapat dijadikan bahan bakar karena mengandung gas metana (CH_4) dalam persentase yang cukup tinggi. Komponen biogas disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen Penyusun Biogas

No	Jenis Gas	Rumus Kimia	Jumlah (%)
1	Metana	CH_4	54 - 74
2	Karbondioksida	CO_2	27 - 75
3	Nitrogen	N_2	3 - 5
4	Hidrogen	H_2	0 - 1
5	Karbonmonoksida	CO	0 - 1
6	Oksigen	O_2	0 - 1
7	Hidrogen Sulfide	H_2S	Sedikit sekali (ppm)

Sumber : Sukmana dan Multjaningrum, (2011)

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 (Abbas *et al.*, 2012). Selain itu, biogas yang dihasilkan dari instalasi secara tidak langsung telah banyak membawa manfaat terhadap lingkungan. Sampah yang awalnya ditampung di tempat pemrosesan akhir (TPA), dengan dibangunnya instalasi biogas dapat dimanfaatkan dengan baik (Haryanto *et al.*, 2017). Saat ini, 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 gas metana yang lebih tinggi. (Haryati, 2006).

2.4 Proses Pembentukan Biogas

Proses pembentukan biogas terjadi karena adanya dekomposisi bahan organik dari berbagai jenis air limbah, buangan padat dan biomassa, secara anaerobik (tertutup dari udara bebas) menjadi metana (Aulia, 2014). Pemanfaatan sampah organik rumah tangga dengan penerapan teknologi bersih melalui pengembangan proses perombakan anaerob substrat hasil perombakan bakteri metanogen.

Tahapan pembuatan biogas dari limbah organik adalah sebagai berikut: (Maramba, 1978).

1) Hidrolisis

Pada tahapan hidrolisis, mikrobia hidrolitik mendegradasi senyawa organik kompleks yang berupa polimer menjadi monomernya yang berupa senyawa yang tidak larut dengan berat molekul yang lebih rendah. Lipid berubah menjadi asam lemak rantai panjang dan gliserin, polisakarida menjadi gula (mono dan disakarida), protein menjadi asam amino, dan asam nukleat menjadi purin dan pirimidin. Proses hidrolisis membutuhkan mediasi exoenzim yang diekskresi oleh bakteri fermentatif. Hidrolisis molekul kompleks dikatalisasi oleh enzim ekstraseluler seperti selulase, protease, dan lipase.

Walaupun demikian, proses penguraian anaerob sangat lambat dan sangat terbatas dalam penguraian limbah selulotik yang mengandung lignin.

2) Asidogenesis

Monomer-monomer hasil hidrolisis dikonversi menjadi senyawa-senyawa organik sederhana seperti asam lemak volatil, alkohol, asam laktat, senyawa-senyawa mineral seperti karbondioksida, hidrogen, amoniak, dan gas hidrogen sulfida. Tahap ini dilakukan oleh berbagai kelompok bakteri, yang mayoritas adalah bakteri obligat anaerob dan sebagian dari bakteri anaerob fakultatif.

Berbagai studi tentang digesti anaerob pada berbagai ekosistem menunjukkan bahwa 70 % atau lebih metana yang terbentuk diperoleh dari asetat (pers.1). Asetat merupakan intermediet kunci seluruh fermentasi pada berbagai ekosistem tersebut. Hanya sekitar 30 % bahan organik yang dikonversi menjadi metana melalui jalur hidrogenotropik dari reduksi CO₂ menggunakan H₂ (pers.2) (Maramba, 1978).

2.5 Faktor yang Mempengaruhi Total Biogas

Pada proses pengolahan anaerob banyak faktor yang mempengaruhi stabilitas reaktor, terdapat beberapa parameter yang harus dikontrol.

1) Kandungan Padatan

Kandungan padatan pada bahan organik yang akan digunakan sebagai substrat pada proses anaerobik *digester* merupakan salah satu parameter yang penting untuk diketahui. Hal ini karena dengan mengetahui parameter kandungan padatan pada substrat maka akan dapat diketahui karakteristik dari substrat atau bahan organik yang akan dimasukkan pada reaktor biogas. Sehingga kinerja reaktor biogas dalam mengolah bahan organik juga dapat diketahui (Darwin, 2018).

Beberapa parameter kandungan *solid* diantaranya yaitu *Total Solids*, *Total Suspended Solid* dan *Volatile Solids* (Monet, 2003). Pengertian *total solid* (TS) adalah jumlah materi padatan yang terdapat dalam limbah pada bahan organik selama proses *digester* terjadi dan ini mengindikasikan laju penghancuran/pembusukan material padatan limbah organik. *Total Solid* merupakan salah satu faktor yang dapat menunjukkan telah terjadinya proses pendegradasian karena padatan ini akan dirombak pada saat terjadinya pendekomposisi bahan. Jumlah TS biasanya direpresentasikan dalam % bahan baku. Pengertian *volatile solid* (VS) merupakan bagian padatan (*total solid-TS*) yang berubah menjadi fase gas pada tahapan asidifikasi dan metanogenesis sebagaimana dalam proses fermentasi limbah organik. *Volatile*

Solid merupakan jumlah indikasi awal pembentukan gas metana (Nugraha, 2014). Total Padatan tersuspensi atau *Total Suspended Solids* (TSS) dalam air atau padatan tidak terlarut dalam air adalah senyawa kimia yang terdapat dalam air, baik dalam keadaan melayang, terapung, maupun mengendap. Senyawa ini dijumpai dalam bentuk organik maupun anorganik. Padatan tersuspensi ini menyebabkan air berwarna keruh (Diky *et al.*, 2008).

2) **Organic Loading Rate (OLR)**

Organic Loading Rate (OLR) adalah besaran yang menyatakan jumlah material organik dalam air buangan atau limbah yang diuraikan oleh mikroorganisme dalam reaktor per unit volume per hari (Indriyati, 2005). Besarnya nilai OLR atau laju beban organik yang terdapat didalam reaktor didasarkan pada nilai waktu tinggal hidraulik atau dan kondisi *influen* beban organik yang masuk (Padmono, 2003). Laju organik yang berbeda memberikan dampak yang berbeda terhadap laju reaksi (Indriyati, 2005).

3) **Derajat keasaman (pH)**

Derajat keasaman (pH) menunjukkan sifat asam atau basa pada suatu bahan. Derajat keasaman merupakan suatu ekspresi konsentrasi ion hidrogen. Konsentrasi ion hidrogen merupakan parameter penting pada air dan air limbah. Rentang pH yang cocok dengan kehidupan biologi adalah 6-9 (Metcalf and Eddy, 2003). Nilai pH berpengaruh terhadap proses anaerob. Nilai pH yang rendah diakibatkan oleh proses dari tahap kedua, yakni terbentuknya asam lemak volatil. Pada kondisi yang sangat asam, bakteri acetogenic (bakteri pembentuk asam asetat) mungkin masih bisa bertahan hidup, tetapi bakteri metanogenik (bakteri pembentuk gas metana) sama sekali tidak bisa bertahan hidup (Padmono dan Susanto, 2007).

4) **Pengadukan**

Pengadukan dan pembuatan biogas perlu dilakukan, hal ini bertujuan untuk menghomogenkan bahan baku agar mempercepat kontak substrat dengan mikroorganisme pada pembuatan biogas, seperti kotoran ternak, limbah

pertanian, dan bahan-bahan lainnya. Karena pada saat pencampuran dilakukan, bahan-bahan tersebut tidak tercampur dengan baik dan merata. Pengadukan dapat dilakukan sebelum dimasukkan ke dalam *digester* atau ketika bahan sudah berada di dalam *digester* (Haryanto *et al.*, 2017). Pencampuran dapat dilakukan melalui metode mekanik atau resirkulasi gas. Metode ini meliputi pompa eksternal, injeksi gas atau resirkulasi dari lantai atau atap *digester*, baling-baling atau turbin, dan konsep tabung. Pengaduk mekanik lebih efektif daripada resirkulasi gas, tetapi mereka sering menjadi tersumbat (Gerardi, 2003).

5) Suhu

Menurut Metcalf and Eddy (2003), suhu merupakan faktor lingkungan terpenting yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba karena enzim yang menjalankan metabolisme sangat peka terhadap suhu. Kondisi optimum yang mendukung pertumbuhan mikroba adalah sekitar 27-30°C. Suhu optimum untuk pertumbuhan mikroba adalah sekitar 25-35 °C.

6) Ketersediaan Oksigen

Kondisi tidak adanya oksigen menjadi syarat mutlak dalam proses secara anaerob seperti *biodigester*. Bakteri metanogen adalah bakteri yang hidup dalam kondisi tanpa oksigen, sehingga kehadiran oksigen dapat menghambat pertumbuhan bakteri metanogen (Damanhuri dan Padmi, 2019). Berdasarkan hal tersebut, reaktor yang dapat digunakan adalah *anaerobic digester*.

7) Ukuran Substrat

Ukuran substrat berpengaruh terhadap dekomposisi sampah. Semakin besar rasio luas permukaan terhadap volume akan menyebabkan semakin kecilnya ukuran substrat dan dekomposisi akan berlangsung lebih cepat (Damanhuri dan Padmi, 2019). Sehingga, perlu untuk dilakukan pencacahan terlebih dahulu.

8) **Inokulasi dan Start-up**

Penambahan *inokulum* dapat mempengaruhi waktu detensi dalam proses pengolahan sampah dengan *anaerobic digester*. Pada tahap awal pengoperasian *digester*, dibutuhkan inokulasi bakteri yang cocok untuk bekerja dalam kondisi anaerob. Dalam proses inokulasi, konsentrasi substrat yang diumpankan dinaikkan perlahan-lahan. Kenaikan pengumpanan substrat yang mendadak akan menyebabkan kegagalan proses (Vogeli *et al.*, 2014). Proses biologis *anaerobic digester* sapi dan air dengan perbandingan 1:1 atau mengisi *digester* dengan kotoran sapi sebanyak 10% dari volume aktif *digester* tanpa memasukkan substrat yang akan diolah (Vogeli *et al.*, 2014). Proses ini dinamakan sebagai inokulasi bakteri atau proses untuk menumbuhkan bakteri. Gas yang terbentuk dari proses inokulasi merupakan indikasi bahwa bakteri sudah berada dalam jumlah yang cukup banyak. Gas karbondioksida merupakan gas yang pertama kali terbentuk pada minggu pertama proses *start-up*. Gas ini tidak mudah terbakar dan dapat diemisikan. Setelah beberapa hari, biogas baru akan terbentuk.

Dalam fasa *start-up* ini, populasi bakteri perlu diadaptasikan dengan substrat yang akan diolah di *digester* dengan cara menambahkan proporsi substrat yang akan diolah sedikit demi sedikit terhadap *inokulum* yang digunakan. Keberhasilan proses *start-up* dalam mengadaptasikan bakteri terhadap substrat yang akan diolah ditandai dengan pembentukan gas karbondioksida di awal dan biogas.

9) **Hydraulic Retention Time (Waktu Detensi)**

Waktu detensi menyatakan jumlah waktu yang dibutuhkan substrat untuk tinggal di dalam reaktor. Dengan adanya waktu detensi yang sesuai, akan memungkinkan terjadinya reaksi yang lengkap dalam proses *anaerobic digester* dan ini sangat bergantung pada temperatur proses, jenis teknologi dan komposisi substrat. Waktu detensi yang ideal untuk terjadinya *anaerobic digester* adalah 15-30 hari (Ricci *et al.*, 2016). Waktu detensi ini dipengaruhi oleh jenis sampah yang akan diolah termasuk rasio penambahan *digestate*.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April - Mei 2021 di Laboratorium Pengelolaan Limbah Agroindustri, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor biogas, *crusher*, seperangkat alat ukur biogas sederhana, timbangan, *beaker glass*, botol sampel, centrifugator, tabung *centrifuge*, spektrofotometer, tabung CODs, vortex, cawan porselen, oven, desikator, neraca analitik, pH meter & thermometer, erlenmeyer, *hotplate & stirrer*, *chiller*, mortar, alu, furnace, dan *gaskromatografi*.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampah organik rumah tangga, *inokulum* berupa sludge dari *digester* biogas limbah tapioka yang didapatkan dari CV. Tapioka Bangun Makmur, Jl. Kota Gajah, Gunung Sugih, Dusun Sriwaluyo II, Desa Buyut Ilir, Kecamatan Gunung Sugih, Lampung Tengah dan bahan analisis lainnya.

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif dengan menyajikan hasil pengamatan dalam bentuk tabel dan grafik dan dianalisis secara deskriptif.

Proses pembentukan biogas menggunakan bioreaktor jenis semi kontinyu yaitu pada perlakuan penelitian dengan keadaan bioreaktor yang sudah terisi penuh volume kerjanya (terlebih dahulu dilakukan proses aklimatisasi). Proses aklimatisasi dilakukan dengan memasukkan *inokulum* terlebih dahulu ke dalam masing-masing bioreaktor sebanyak 50% volume kerja bioreaktor yaitu 10 liter. Substrat dengan konsentrasi yang paling rendah yaitu *slurry* dengan persentasi TS1% dimasukkan sebanyak 1 liter per hari hingga volume kerja terisi dengan penuh yaitu selama 10 hari. Proses aklimatisasi dikatakan berhasil apabila dihasilkannya biogas dan adanya gas metana yang terkandung pada biogas. Hal ini menandakan bahwa bioreaktor siap untuk digunakan pada penelitian ini.

Penelitian dilakukan dengan pengambilan limbah dari dalam bioreaktor (*effluent*) dengan penggantian limbah baru (*slurry*) setiap harinya. Limbah dari dalam reaktor dikeluarkan secara manual melalui katup yang ada pada *outlet* sebanyak 1 liter, bioreaktor diisi kembali dengan *slurry* baru sebanyak 1 liter melalui *inlet* agar bioreaktor tetap dalam keadaan terisi penuh sesuai volume kerjanya yaitu 20 liter sehingga waktu tinggal air limbah di dalam bioreaktor (HRT) tetap 20 hari.

Penelitian pendahuluan berupa pembuatan *slurry* yang dilakukan terhadap sampah organik rumah tangga dengan penambahan air dengan perbandingan 1:3 didapatkan rerata TS 3,8%. Pengukuran *Total Solid* (TS) pada sampah organik rumah tangga tanpa penambahan air didapatkan nilai TS 6,7%. *Slurry* dapat dihancurkan dengan baik dan tidak terlalu pekat. Pada penelitian ini dilakukan variasi konsentrasi TS substrat sampah organik rumah tangga (*slurry*) yang lebih rendah berdasarkan hasil dari penelitian pendahuluan, yaitu 1% ; 1,5% ; 2% ; 2,5%. Perlakuan konsentrasi TS *slurry* pada bioreaktor disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perlakuan Konsentrasi TS *slurry* pada Bioreaktor

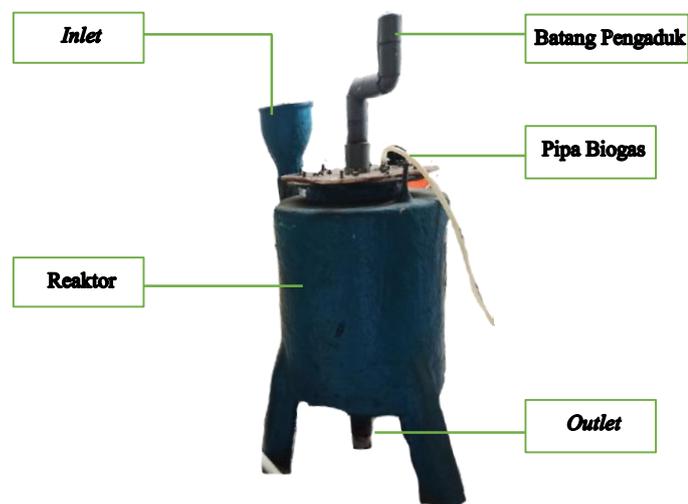
Perlakuan	TS (%)	TS (gram)	HRT (hari)	Loading/hari (liter)
1	1	10	20	1
2	1.5	15	20	1
3	2	20	20	1
4	2.5	25	20	1

Setiap hari dilakukan penambahan *slurry* sebanyak 1 liter pada bioreaktor selama 20 hari dengan variasi perlakuan yang berbeda beda sesuai konsentrasi TS *slurry* yang telah ditetapkan.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Persiapan Bioreaktor dan Proses Aklimatisasi

Volume bioreaktor yaitu 25 liter dan untuk kapasitas volume kerja dari bioreaktor sebanyak 80% sehingga volume bioreaktor yang dapat digunakan yaitu 20 liter. Bioreaktor terbuat dari *fiberglass*, jenis bahan yang digunakan memiliki kelebihan diantaranya kuat, tahan lama, tidak berkarat, anti bocor serta ringan. Komponen yang terdapat pada *digester* yaitu *inlet* (tempat masukkan *slurry*), alat pengaduk, lubang yang dipasangkan selang (keluaran biogas) dan pipa keluaran. Komponen bioreaktor disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Komponen bioreaktor
Bioreaktor : Penelitian Oktiana (2015) dan Kawaroe (2016)

Penelitian ini digunakan dua bioreaktor dengan ukuran yang sama yaitu bioreaktor A dan bioreaktor B untuk empat perlakuan, masing masing bioreaktor digunakan dua kali perlakuan yang berbeda. Pada waktu yang bersamaan dilakukan dua perlakuan yang berbeda, diawali dengan perlakuan yang memiliki persentase terkecil yaitu TS 1% (bioreaktor A) dan TS 1,5% (bioreaktor B). Hal ini

dilakukan agar *inokulum* melakukan penyesuaian dalam mendekomposisi substrat. Menurut Herald D (2010) penambahan konsentrasi dilakukan secara bertahap bertujuan untuk menghindari terjadinya pembebanan secara tiba-tiba (*shock loading*) yang dapat mematikan *inokulum* dalam bioreaktor. Setelah 20 hari pengamatan selesai pada dua perlakuan sebelumnya, dilanjutkan perlakuan presentase *slurry* TS 2% (bioreaktor A) dan TS 2,5% (bioreaktor B).

Proses aklimatisasi adalah upaya untuk mengetahui tingkat kemampuan bakteri bertahan hidup dan beradaptasi pada suatu kondisi (Indriyati, 2003). Proses aklimatisasi dilakukan dengan memasukkan *inokulum* terlebih dahulu ke dalam masing-masing bioreaktor sebanyak 50% volume kerja bioreaktor yaitu 10 liter. Substrat dengan konsentrasi yang paling rendah yaitu *slurry* dengan konsentrasi TS 1% dimasukkan sebanyak 1 liter per hari hingga volume kerja terisi dengan penuh yaitu selama 10 hari. Selama proses aklimatisasi dilakukan pengamatan berupa adanya biogas yang dihasilkan, serta kandungan metana pada biogas sebagai parameter bahwa bioreaktor siap digunakan pada penelitian.

3.4.2 Persiapan Bahan

Bahan berupa sampah organik rumah tangga dan air. Sampah rumah tangga yang telah dikumpulkan dipilah, kegiatan ini bertujuan untuk memisahkan bahan yang tidak diinginkan seperti plastik, karet, dan sampah rumah tangga yang terlalu keras. Penimbangan sampah rumah tangga dan air sesuai konsentrasi TS *slurry* yang telah ditetapkan. Penghancuran limbah makanan dan air yang telah ditimbang dengan mesin *crusher*, prinsip kerja dari mesin ini bahan yang dimasukkan akan dihancurkan oleh rotor yang berputar, melewati celah dan keluarannya berupa *slurry*.

3.4.3 Pengisian Substrat dan Fermentasi

Limbah dari dalam reaktor dikeluarkan secara manual melalui katup yang ada pada *outlet* sebanyak 1 liter, bioreaktor diisi kembali dengan *slurry* sesuai dengan

konsentrasi TS yang ditetapkan sebanyak 1 liter melalui *inlet*. Dilakukan perlakuan pengadukan hingga *inokulum* dan substrat homogen. Substrat yang telah masuk kedalam bioreaktor difermentasi secara anaerob selama 20 hari.

3.5 Pengamatan

Pengamatan kandungan bahan masukan maupun *effluent* meliputi *Total Solids* (TS), *Total Suspended Solid* (TSS), *Chemical Oxygen Demand solubel* (CODs), *Volatile Solids* (VS), pH dan suhu. Parameter pengamatan yang dilakukan untuk produksi biogas termasuk parameter volume gas, dan kandungan metana. Parameter pengamatan yang dilakukan juga meliputi produktivitas biogas dan produktivitas gas metana.

3.5.1 Pengukuran Nilai Derajat Keasaman (pH) dan Suhu

Slurry (substrat) yang di masukan kedalam bioreaktor dan *effluent* yang berasal dari bioreaktor yang dikeluarkan dan diukur pH dan suhunya seketika setelah limbah dikeluarkan, menggunakan pH meter. Pengukuran nilai suhu dan pH ini dilakukan 2 kali dalam seminggu. Pengukuran pH dilakukan dengan membilas elektroda pada pH meter dengan air suling sebanyak tiga kali dan keringkan dengan tisu. Rendam elektroda ke dalam sampel selama ± 1 menit sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap kemudian keringkan dengan tisu. Angka yang tertera pada layar pH meter merupakan nilai pH dan suhu dari air limbah yang terukur. Angka hasil pengukuran tersebut kemudian dicatat pada lembar pengamatan (APHA AWWA WEF, 2017)

3.5.2 Analisis Kandungan *Total Solid* (TS)

Karakterisasi bahan substrat dan *effluent* yang dianalisa yaitu *Total Solid* (TS) dilakukan 2 kali dalam seminggu. Analisa TS bertujuan untuk melihat komponen kering pada bahan. Analisa ini dilakukan pada awal pengisian *digester* dan akhir pengamatan biogas. Pengukuran TS awal pengisian dilakukan terlebih dahulu

dengan mengukur berat basah sampel yang kemudian dimasukan ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu 105 ° C. Setelah bahan kering maka diukur massa bahan sehingga didapatkan nilai TS bahan dengan Persamaan 1.

Total Solid atau TS

$$TS \text{ (mg TS/L)} = \frac{A-B \times 1000}{\text{Volume Sampel (mL)}} \quad \dots\dots(1)$$

Keterangan:

A = Berat residu kering + cawan setelah pemanasan 105°C (mg)

B = Berat cawan (mg)

(APHA AWWA WEF, 2017)

3.5.3 Analisis Kandungan *Volatile Solids* (VS)

Analisa *Volatile Solid* (VS) dilakukan untuk melihat jumlah komponen organik dalam bahan Perhitungan VS dilakukan dengan mengukur massa setelah perhitungan TS dikeringkan di dalam oven yang kemudian diabukan dengan furnace selama 2 jam dengan suhu 550⁰C. Bahan yang telah menjadi abu kemudian diukur massanya dan dihitung nilai VS bahan dengan Persamaan 2.

Volatile Solid atau VS

$$VS \text{ (mg VS/L)} = \frac{A-B \times 1000}{\text{Volume Sampel (mL)}} \quad \dots\dots(2)$$

Keterangan:

A = Berat residu kering + cawan setelah pemanasan 105°C (mg)

B = Berat cawan (mg)

(APHA AWWA WEF, 2017)

3.5.4 Analisis Kandungan *Total Suspended Solid* (TSS)

Analisis *Total Suspended Solid* (TSS) dilakukan 2 kali dalam seminggu. Sampel limbah dari masing-masing bioreaktor dan limbah segar yang telah digunakan untuk pengukuran suhu dan pH diambil sebanyak 50 gram larutan dari bioreaktor dan *inlet*, kemudian di sentrifus selama 15 menit pada 3000 rpm. Hasil sentrifugasi didapatkan larutan dan padatan yang terpisah. Padatan dimasukkan ke dalam cawan porselen yang sebelumnya telah dioven dan ditimbang untuk diketahui berat kering dari cawan porselennya. Cawan porselen yang berisi padatan tersebut dimasukkan kedalam oven selama 2 jam dengan suhu 105 ° C. Sebelum ditimbang, masukan cawan berisi sampel tersebut kedalam desikator selama 30 menit. Selisi berat cawan + sampel yang telah dioven 105 ° C selama 2 jam dengan berat kering cawan kosong dibagi volume sampel menupakan nilai *Total Suspended Solid* (TSS) sampel tersebut seperti pada persamaan 3 (APHA, 1998).

Total Suspended Solid atau TSS (%)

$$\text{TSS (\%)} = \frac{B-A}{C} * 100\% \quad \dots\dots(3)$$

Keterangan:

A = Berat cawan kering setelah dioven dengan suhu 105°C, 2 jam (mg)

B. = Berat cawan + sampel setelah dioven dengan suhu 105°C, 2 jam (mg)

C = Berat larutan sampel (mg)

3.5.5 Analisis *Chemical Oxygen Demand Soluble* (CODs)

Sebelum dilakukan analisis CODs, terlebih dahulu dipersiapkan reagen COD dengan menyiapkan larutan pencerna dan larutan pereaksi asam sulfat. Larutan Pencerna terdiri dari 10.216 g K₂Cr₂O₇; yang telah dikeringkan pada suhu 150 °C selama 2 jam. Setelah itu ditambahkan 167 ml, H₂SO₄ pekat dan 33,3 g H₂SO. Dilarutkan, dan didinginkan pada suhu ruang kemudian diencerkan sampai 1000 mL. Larutan pereaksi asam sulfat dibuat dengan cara menambahkan 10,12 kristal

Ag SO₄ kedalam 1000mL H₂SO₄ pekat. Dibiarkan 1 jam sampai larut. COD reagen memasukkan 1,5 mL larutan pencerna dan 3,5 mL larutan asam sulfat kedalam vial berkapasitas 10 mL.

Sampel diaduk kembali lalu diambil sebanyak 0,2 mL atau 200 uL menggunakan mikropipet. Masukkan kedalam vial yang berisi reagen COD kemudian panaskan dengan unit reaktor DBR200 pada suhu 150 ° C selama 2 jam. Setelah dipanaskan, vial keluarkan dan biarkan hingga dingin (suhu ruang) kemudian ukur nilai CODs-nya dengan HACH Spektrofotometri DR4000 pada panjang gelombang 620 nm (APHA, 1998).

3.5.6 Pengukuran Volume Biogas

Pengukuran volume biogas dilakukan setiap hari dari sehari setelah pengisian substrat hingga 20 hari pengamatan. Penelitian ini menggunakan galon sebagai alat pengukur volume biogas. Produksi gas harian diukur dengan cara membuka kran tempat keluaran biogas, kemudian dialirkan menggunakan selang yang tersambung dengan galon yang berisi air. Gas yang keluar dari reaktor akan mendorong air sehingga volumenya turun. Selisih penurunan volume air merupakan volume biogas. Volume biogas yang diamati yaitu volume biogas harian kumulatif. Pengukuran volume biogas menggunakan galon disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengukuran Volume Biogas Menggunakan Galon Bioreaktor : Penelitian Oktiana (2015) dan Kawaroe (2016)

3.5.7 Pengukuran Komposisi Biogas

Pengukuran komposisi biogas dilakukan setelah gas diproduksi. Pengukuran dilakukan dengan alat *gas chromatography* (Shimadzu Shincarbon ST 50-80 D-375), menggunakan kolom jenis shincarbon dengan panjang 1- 4 meter dan detektor TCD (*Thermal Conductivity Detector*) pada temperatur 200 ° C dan arus 80 mA. Cara analisa yaitu sampel gas diambil sebanyak 0,2 ml menggunakan srynge lalu disuntikan pada *injection port*, kemudian data berbentuk kromatogram dan hasil perhitungan akan indikator dimonitor. Pengukuran komposisi biogas dilakukan untuk melihat besaran komposisi CH₄ (Metana) pada biogas yang dihasilkan (Shimadzu Corporation, 2004).

3.5.8 Perhitungan Produktivitas Biogas dan Metana

Perhitungan produktivitas biogas dilakukan diakhir penelitian, adapun perhitungannya disajikan pada persamaan 4 dan 5.

$$\text{Produktivitas Biogas berdasarkan TSremoval} = \frac{\text{Volume Biogas}}{\text{TS removal}} \dots\dots(4)$$

$$\text{Produktivitas Biogas berdasarkan VSremoval} = \frac{\text{Volume Biogas}}{\text{VS removal}} \dots\dots(5)$$

Perhitungan produktivitas metana dilakukan diakhir penelitian, adapun perhitungannya disajikan pada persamaan 6 dan 7.

$$\text{Produktivitas Metana berdasarkan TSremoval} = \frac{\text{Volume Biogas} \times \% \text{Metan}}{\text{TS removal}} \dots\dots(6)$$

$$\text{Produktivitas Metana berdasarkan VSremoval} = \frac{\text{Volume Biogas} \times \% \text{Metan}}{\text{VS removal}} \dots\dots(7)$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Konsentrasi total padatan substrat sampah organik rumah tangga (*slurry*) berpengaruh pada besarnya produksi biogas. Produksi biogas yang paling besar diperoleh dari TS *slurry* 1,5% dengan total produksi kumulatif sebesar 188,836 L selama 20 hari waktu tinggal, produktivitas biogas 11,39 L/g TSr atau 279,76 L/g VSr, produktivitas gas metana 5,91 L/TSr atau 174,73 L/VSr dan kandungan gas metana 62,519%. Pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa semakin sedikit konsentrasi total padatan *slurry* semakin sedikit pula produksi biogasnya. Namun pada konsentrasi total padatan 2% dan 2,5% kandungan gas metana pada minggu ke-2 mengalami penurunan hingga mencapai 0,92% - 3,002% sehingga dihentikan pada hari ke-29.

5.2 Saran

Dilihat dari potensi biogas yang dihasilkan, produksi biogas dari substrat sampah organik rumah tangga perlu dikaji analisis keekonomiannya baik skala rumah tangga maupun komunitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, Triatmojo, S. dan Yusiati, L.M. 2012. Pengaruh Penambahan Limbah Kulit Pisang (*Musa spp*) terhadap Produksi Gas Metana dalam Fermentasi Metanogenik Kotoran Ternak. *Buletin Peternakan*. Vol. 36 (2) : 87-94.
- APHA. 1998. *Standard Methods For Examination of Water and Wastewater*, 20th Edition. American Public Health Association. Washington DC.
- APHA AWWA WEF. 2017. *Standart Methods for the Exemination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017*. American Public Health Association. Washington, DC. 1546 p.
- Ardinata, I.H., Syafrudin dan Nugraha. W.D. 2016. Pengaruh Konsentrasi Total Padatan pada Produksi Biogas dari Limbah Sekam Padi dengan Metode Solid State Anaerobic Digestion (SS-AD). *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 5, (4).
- Arfian, C., Haryanto, A., Hasanudin, U. dan Zulkarnain, I. 2017. Produksi Biogas Dari Campuran Kotoran Sapi Dengan Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. Vol. 6, (1): 23-30.
- Aulia, A. (2014). Teknologi Biogas. Departemen Badan Litbang Pertanian.
- Baskara, M.F., Suprpta, N. dan Tenaya, G.N.P. 2020. Pengaruh Total Solid terhadap Akumulasi Tekanan Biogas Termofilik. *Teknik Desain Mekanika*. Vol. 9 (1): 816-819.
- Buekens A. 2005. Energy Recovery from Residual Waste by Means of Anaerobic Digestion Technologies. Paper *The Future of Residual Waste Management in Europe*.
- Damanhuri, E. Dan Padmi, T. 2010. *Pengelolaan Sampah*. Diktat Teknik Lingkungan ITB. Bandung. 30 hlm.
- Damanhuri, E. dan Padmi, T. 2019. *Pengelolaan Sampah Terpadu*. ITB Press. Bandung. 308 hlm.

- Darwin. 2018. *Prinsip dan Aplikasi Teknologi Anaerobik Digesi Teknik Pengolahan Limbah dan Produksi Energi Terbarukan*. Deepublish. Yogyakarta. 92 hlm.
- Deublein, D. and Steinhauser, A. 2011. *Biogas from Waste and Renewable Resources*. Wiley-VCH. Germany. 719 hlm.
- Diky, A., Fahritesi, A.R., Feronica, S.W. dan Putri, D.S. 2008. *Proses Pengolahan Limbah Tahu dan Penurunan Baku Mutu Lingkungan Limbah Cair yang layak Dibuang ke Lingkungan*. [Tugas Akhir]. Teknik Kimia. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Fairuz, A., Haryanto, A. dan Tusi, A. 2015. Pengaruh Penambahan Ampas Kelapa dan Kulit Pisang Terhadap Produksi Biogas dari Kotoran Sapi. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. Vol. 4, (2): 91-98.
- Fry, L.J. 1974. *Practical Building of Methane Power Plant For Rural Energy Independence, 2nd edition*. Chapel River Press. Hampshire-Great Britain.
- Gerardi, M.H. 2003. *The Microbiology of Anaerobic Digester s*. John Wiley and Sons, Inc. Hoboken. 177 p.
- Ginting, N. 2007. *Teknologi Pengolahan Limbah Peternakan*. Penuntun Praktikum Departemen Peternakan USU. Medan.
- Hambali, E. 2007. *Teknologi Bioenergi Cetakan Ke-1*. PT. Agromedia Pustaka. Jakarta. 110 hlm.
- Haryanto, A., Cahyani, D., Triyono, S., Murdapa, F. and Haryono, D. (2017) Economic Benefit and Greenhouse Gas Emission Reduction Potential of A Family-Scale Cowdung Anaerobic Biogas *Digester*. *International Journal of Renewable Energy Development*. Vol. 6 (1): 29-36.
- Haryanto, A., Okfrianas, R., dan Rahmawati, W., 2019. Pengaruh Komposisi Subtrat dari Campuran Kotoran Sapi dan Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) terhadap Produktivitas Biogas pada *Digester* Semi Kontinu. *Jurnal Rekayasa Proses*. Vol. 13 (1): 47-56.
- Haryati, T. 2006. Biogas: Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif. *Wartazoa*. Vol. 16 (3): 160-169.
- Houdkova, L., Boran, J., Pecek, J., and Sumpela, P. 2008. Biogas-A Renewable Source of Energy. *Journal of Thermal Science*. Vol 12 (4) : 27-33.
- Indriyati. 2003. Proses Pembenuhan (*Seeding*) dan Aklimatisasi pada Reaktor Tipe *Fixed Bed*. *Jurnal Teknologi Lingkungan P3TL-BPPT* Vol. 4 (2): 54-60.

- Indriyati. 2005. Pengolahan Limbah Cair Organik Secara Biologi Menggunakan Reaktor Anaerobik Lekat Diam. *Jurnal Air Indonesia* Vol. 1 (3): 340-343.
- Ismuyanto, B., dan Julinanda. 2017. *Teknik Perlakuan Limbah Gas Hasil Bakar Industri*. UB Press. Malang. 104 hlm.
- Jha, A.K., Li, J., Zhang, L., Ban, Q. and Jin, Y. 2013. Comparison Between Wet and Dry Anaerobic Digestions of Cow Dung Under Mesophilic and Thermophilic Conditions. *Advances in Water Resource and Protection*. Vol. 1 (2): 28-38.
- Kapdi, S.S., Vijay, V.K., Rejesh, S.K. and Prasad, R. 2006. Upgrading Biogas for Utilization as a Vehicle Fuel. *Asian Journal on Energy and Environment*. Vol. 7 (04): 387-393.
- Kardono. 2007. Integrated Solid Waste Management in Indonesia. *Proceedings of International Symposium on EcoTopia Science*. ISET S07: 629-633.
- Karlson, A., Bjorn, A., Yekta, S.S., and Svensson, Bo H. 2014. *Improvement Of The Biogas Production Process*. Biogas Research Center (BRC) Report. Sweden. 87 p.
- Kawaroe, M., Hasanudin, U., Krisye. 2016. Pencernaan Anaerobik Makroalga *Gracilaria sp.* Pada Sistem Batch untuk Memproduksi Bio-Metana. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. Vol. 8 (2): 595-603.
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2018. *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*.
- Khaerunnisa, G. dan Rahmawati, I. 2013. Pengaruh pH dan Rasio COD:N terhadap Produksi Biogas dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (Vinasse). *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. Vol. 2 (3): 1-7.
- Khalid, A., Arshad, M., Anjum, M., Mahmood, T. and Dawson, L. 2011. The Anaerobic Digestion of Solid Organic Waste. *Waste Management*. Vol. 31 (8): 381-388.
- Kresnawaty, I., I. Susanti., Siswanto., dan Panji, T.. 2008. Optimasi Produksi Biogas dari Limbah Lateks Cair Pekat dengan Penambahan Logam. *Jurnal Menara Perkebunan*. Vol. 76 (1): 23-35.
- Mahyudin, R.P, Hadi, S.P. dan Purwanto, P. 2017. Waste Reduction by Scavengers in Bsirih Landfill Banjarmasin South Kalimantan Indonesia ; Waste Composition Based Analysis. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*. Vol. 5 (11): 118-126
- Manurung, R. 2004. Proses Anaerobik Sebagai Alternatif Untuk Mengolah Limbah Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU* 1-9.

- Maramba, F.D. 1978. *Biogas and Waste Recycling: The Philippine Experience*. Manila Maya Farms Division—Liberty Flour Mills Inc. Metro. 230 p.
- Marliani, N. 2014. Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga (Sampah Anorganik) sebagai Bentuk Implementasi dari Pendidikan Lingkungan Hidup. *Formatif*. Vol. 4 (2): 124-132.
- MetCalf and Eddy. 2003. *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse, 4th Ed*. McGraw Hill Book Co. New York. 1819 p.
- Munazah, A.R dan Prayatni, S. 2008. Penyisihan Organik Melalui Dua Tahap Pengolahan dengan Modifikasi ABR dan Constructed Wetland pada Industri Rumah Tangga. *Jurusan Teknik Lingkungan ITB*. Vol. 4 (4): 93-100.
- National Academy of Sciences. 1981. *Methane generation from Human, Animal and Agricultural Wastes*. 2nd Ed. National Academy of Sciences. Washington, D.C. 147 p.
- Ni'mah, L. 2014. Biogas from Solid Waste of Tofu Production and Cow Manure Mixture: Composition Effect. *Chemica*. Vol. 1 (1): 1-9.
- Notoatmodjo, S. 2003. Ilmu Kesehatan Lingkungan. Rineka Cipta. Jakarta.
- Novita, E., Wahyuningsih, S., dan Pradana, H.A. 2018. Variasi Komposisi Input Proses Anaerobik untuk Produksi Biogas Pada Penanganan Limbah Cair Kopi. *Jurnal Agroteknologi*. Vol. 12 (01): 43-57.
- Nugraha, M.A. 2014. *Kajian Laju Alir Recycle Air Lindi terhadap Kualitas Biogas dengan Green Phosko (GP7) dan Reaktor Tipe Partition*. [Tugas Akhir]. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang. 46 hlm.
- Nugrahini, P. dan Natalia, M. 2014. Pengolahan Sampah Organik (Sayur-sayuran) Pasar Tugu Menjadi Biogas Menggunakan Starter Kotoran Sapi Dan Pengaruh Penambahan Urea Secara Anaerobik Pada Reaktor Batch. *Jurnal Teknik Kimia UNILA*. Vol. 1: 1 -6
- Oktiana, T.D., Santoso, J., dan Kawaroe, M. 2015. Lga Hijau (*Ulva sp.*) sebagai Bahan Baku Produksi Biogas. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. Vol. 7 (1): 191-203.
- Padmono D. 2003. Pengaruh Beban Organik terhadap Efisiensi Anaerobic Fixed Bed Reactor dengan Sistem Aliran Catu Up-Flow. *Jurnal Teknologi Lingkungan P3TL-BPPT*. Vol. 4 (3): 148 – 154.
- Padmono, D. dan Susanto, J.P. 2007. Biogas Sebagai Energi Alternatif Antara Mitos dan Fakta Ilmiah. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 8 (1): 34-42.

- Pambudi, N. A. 2008. *Pemanfaatan Biogas Sebagai Energi Alternatif*. Dikti. Jakarta.
- Rakasiwi, R. R., Ivontianti, W. D. dan Haryati, Y. 2019. Evaluasi Waktu Start Up pada Proses Penguraian Sampah Organik Pasar Secara Anaerobik Menggunakan *Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)*. *Prosiding Seminar Nasional Infrastruktur Energi Nuklir 2019 Pontianak*. 539-547.
- Ratnaningsih, Widyatmoko, H. dan Yananto, T. 2009. Potensi Pembentukan Biogas pada Proses Biodegradasi Campuran Sampah Organik Segar dan Kotoran Sapi dalam Batch Reaktor Anaerob. *Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Trisakti*. Vol. 5 (1): 20-26.
- Ricci, M., Confalonieri, and Alberto, J. 2016. *Technical Guidance on The Operation of Organic Waste Treatment Plants*. International Solid Waste Association (ISWA). 75 p.
- Sanjaya, D., Haryanto, A. dan Tamrin. 2015. Produksi Biogas dari Campuran Kotoran Sapi dengan Kotoran Ayam. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. Vol. 4 (2): 127-136.
- Saputra, T., Triatmojo, S. dan Pertiwiningrum, A. 2010. Produksi Biogas dari Campuran Feses Sapi dan Ampas Tebu (*Bagasse*) dengan Rasio C/N yang Berbeda. *Buletin Peternakan* Vol. 34 (2): 114-122.
- Saputro, R. P., dan Ambarwati. 2017. Kinetika Pembuatan Biogas dari Substrat Kulit Kopi dengan Mikroorganisme Kotoran Sapi dan Rumen. [Skripsi]. Departemen Teknik Kimia. Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Sejati, K. 2009. *Pengolahan Sampah Terpadu dengan Sistem Node, Sub Point, Center Point*. Kanisius. Yogyakarta. 88 hlm.
- Sharifani, S. 2009. *Degradasi Biowaste Fasa Cair, Slurry, dan Padat dalam Reaktor Batch Anaerob sebagai Bagian dari Mechanical Biological Treatment*. [Skripsi]. Fakultas Sipil Dan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Sheets, J.P., Ge, X. and Li, Y. 2015. Effect of Limited Air Exposure and Comparative Performance Between Thermophilic and Mesophilic Solid-State Anaerobic Digestion of Switchgrass. *Bioresource Technology*. Vol. 180: 296-303.
- Shimadzu Corporation. 2004. *GC-2014 Gas Chromatography Instruction Manual*. Shimadzu Corporation Analytical and Measuring Instrument Division. Kyoto. Jepang. 306 p.

- Simamora, S., Salundik, Wahyuni, S. dan Surajudin. 2006. *Membuat Biogas Pengganti Minyak dan Gas Dari Kotoran Ternak*. Agromedia Pustaka. Jakarta. 52 hlm.
- Sukmana, R.W. dan Muljatiningrum, A. 2011. *Biogas dari Limbah Ternak*. Nuansa. Bandung. 158 hlm.
- Sulistyo, A. 2010. *Analisis Kapasitas Pembangkit dan Perhitungan Pengurangan Emisi Pada Pemanfaatan Sampah Organik di Pasar Induk Kramat Jati*. [Tesis]. Universitas Indonesia. Jakarta. 74 hlm.
- Sunyoto, Saputro, D.D. dan Suwahyo. 2016. Pengolahan Sampah Organik Menggunakan Reaktor Biogas di Kabupaten Kendal. *Rekayasa*. Vol. 14 (1): 29-36.
- Sutarno dan Firdaus, F. 2009. Analisis Prestasi Produksi Biogas (CH₄) dari Polyethylene Biodigester Berbahan Baku Ternak Sapi. *Logika*. Vol. 4, (1): 31-37.
- Tanata, S., Gunawan, M. R. dan Pandia, S. 2013. Pengaruh Komposisi Campuran Limbah Padat dan Cair Industri Tapioka Terhadap Persentase Penyisihan Total Suspended Solid (TSS) dengan Starter Kotoran Sapi. *Jurnal Teknik Kimia USU*. Vol. 2 (3): 8-11.
- Tjokrokusumo. 1995. *Pengantar Konsep Teknologi Bersih : Khusus Pengelolaan dan Pengolahan Air*. STTL YLH. Yogyakarta. 239 hlm.
- Undang-Undang Republik Indonesia No. 18 Tahun 2008. Tentang Pengelolaan Sampah. 46 hlm.
- Vogeli, Y., Lohri, C.R., Gallardo, A., Diener, S. and Zurbrugg, C. 2014. *Anaerobic Digestion of Biowaste in Developing Countries*. Eawag-Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. Switzerland. 135 p.
- Wahyuni, S. 2013. *Panduan Praktis Biogas*. Penebar Swadaya. Jakarta. 116 hlm.
- Wijayanti, E. dan Andrianto, G. 2008. *Pembuatan Biogas Dari Limbah Cair Industri Tahu Dan Limbah Kotoran Sapi*. [Tugas Akhir]. Teknik Kimia Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Wikandari, R., Millati, R., Cahyanto, M.N. and Taherzadeh, M.J. 2014. Biogas Production from Citrus Waste by Membrane Bioreactor. *Membranes*. Vol. 4: 596-607.
- Wiratmana, P.A., Sukadana, G.K. dan Tenaya, G. N. P. 2012. Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Bahan Kering Terhadap Produksi dan Nilai Kalor Biogas Kotoran Sapi. *Jurnal Energi dan Manufaktur*. Vol. 5 (1): 22-32.

- Yahya, Y., Tamrin dan Triyono, S. 2017. Produksi Biogas dari Campuran Kotoran Ayam, Kotoran Sapi, dan Rumput Gajah Mini (*Pennisetum Purpureum cu. Mott*) dengan Sistem Batch. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. Vol. 6 (3): 151-160.
- Yenni, Dewilda, Y. dan Sari, S.M. 2012. Uji Pembentukan Biogas dari Substrat Sampah Sayur dan Buah dengan Kosubstrat Limbah Isi Rumen Sapi. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*. Vol. 9 (1): 26-36.
- Zhao C. 2011. *Effect of Temperature on Biogas Production in Anaerobic Treatment of Domestic Wastewater UASB System in Hammarby Sjostadsverk*. TRITA LWR Degree Project. Sweden. 34 p.