

TUGAS AKHIR

**EFEKTIVITAS BIODEGRADASI SAMPAH BUAH
DENGAN PENAMBAHAN BIOAKTIVATOR
KOTORAN SAPI**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**



**SOFIATI MUKRIMAH
13513183**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2018**

HALAMAN PENGESAHAN
EFEKTIVITAS BIODEGRADASI SAMPAH BUAH
DENGAN PENAMBAHAN BIOAKTIVATOR
KOTORAN SAPI

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin
Tanggal : 19 Februari 2018

Disusun Oleh:
Sofiati Mukrimah
13 513 183

Tim Penguji :


Dr. Ir. Kasam, M.T

()

Anja Asmarany, S.Si, M.Si

()

Dhandhun Wacano, S.Si, M.Sc

()

TUGAS AKHIR
EFEKTIVITAS PROSES BIODEGRADASI SAMPAH
BUAH DENGAN PENAMBAHAN BIOAKTIVATOR
KOTORAN SAPI

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan



Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Dr. Ir. Kasam, M.T
Tanggal: 20.2.2018

Anja Asmarany, S.Si, M.Si
Tanggal: 20 Februari 2018



Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan FTSP UII

An SekProdi
Any Juliani ST, MSc

21/2-2018

Hudori, S.T., M.T
Tanggal:

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 19 Februari 2018

Yang membuat pernyataan



Sofiati Mukrimah

NIM: 13 513 183

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya, penulis bisa selesai menyusun laporan Tugas Akhir dengan judul **“Efektivitas Biodegradasi Sampah Buah dengan Penambahan Bioaktivator Kotoran Sapi”**.

Selama proses penyusunan tugas akhir, penulis banyak sekali mendapatkan bantuan dan masukan dari berbagai pihak. Dari tulus penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas nikmat dan karunia-Nya yang telah diberikan, serta sholawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan pedoman kepada seluruh umat.
2. Orang tua dan kakak-kakak (Noor Fauziah Isnaeni, Burhan Sidqi, Ashif Khairul Anam) yang tidak pernah lupa memberikan doa dan dukungan, serta anggota keluarga lain yang juga senantiasa memberikan dukungan.
3. Pembimbing penulis, Bapak Kasam dan Ibu Anja yang telah mencurahkan waktu dan tenaganya untuk membimbing penulis hingga penulis berhasil menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Adam Rus Nugroho selaku dosen pembimbing akademik penulis yang selalu memberikan masukan terkait kuliah dan mendorong penulis untuk segera menyelesaikan studi.
5. Segenap karyawan Jurusan Teknik Lingkungan yang telah membantu memperlancar proses pengerjaan tugas akhir.
6. Teman-teman penulis yang tidak pernah lupa untuk menanyakan kemajuan dari tugas akhir penulis: Yosi, Maika, Lisa, Andin, Arsy.
7. Teman dalam pengerjaan tugas akhir ini, Muhammad Triansyah. Semoga cepat menyelesaikan tugas akhirnya.

8. Teman-teman dari LPM SOLID FTSP UII, Mas Arya, Mas Osi, Mas Arif, Mbak Rei, Bang Kibo, Bang Mufly, Bang Ipin, Helmy, Alfin, Hafian, dan Ode, yang telah bersama penulis selama 4 tahun perkuliahan. Terima kasih atas dukungan kalian.
9. Teman-teman Oposisi: Galis, Arif, Dodi, Trian, Mashud, Dian, Aldi, Ridho. Terima kasih atas bantuan kalian.
10. Teman-teman baik sejak SMP: Durry, Syifa, Angel, Rian yang sampai sekarang belum juga buka kapsul waktu kami.
11. Teman-teman SMA yang kalau bertemu rasanya tidak ada bedanya seperti saat masih di SMA: Lani, Hani, Saguh, Dina, Fajar, Budi, Ajie, Aji, Estri, dan semua teman sekelas yang tidak bisa disebut satu persatu.
12. Teman-teman angkatan di Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
13. Teman-teman dari Zetta Media: Mbak Prima, Rika, Uril, dan Aisyah. Terima kasih atas kebersamaan kita dan pengalaman yang berharga.
14. Teman-teman dari Prelo Student Partner: Adi, Barru, Dita, Dius, Rey, dan Sani, terima kasih atas dedikasi, kerja keras, dan kebersamaan kita yang meski singkat tapi sangat bermanfaat, serta kakak-kakak dari Prelo Indonesia.
15. Kim Seokjin, yang mengajarkan penulis bahwa pendidikan tetaplah nomor satu sesibuk apapun kegiatan kita.

Penulis sangat menyadari bila laporan ini memiliki banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran sangat diharapkan. Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis, pembaca dan masyarakat umumnya.

Yogyakarta, Januari 2018

Penulis

ABSTRACT

Fruits are one of nutrition sources for human being but some of their parts, especially their peel are often end up wasted. Nowadays, fruit waste still are not treated well. Alternative fruit waste managment that can be done is anaerobic digestion. In anaerobic digestion, it is commonly to add bioactivator, such as cow dung to advance biodegradation process. This research aims to analyse the influence of cow dung addition towards fruit waste biodegradation. The anaerobic digester made from HDPE material volumed 25 liters. This research has been done by two different treatments. For the first treatment, 2 kg of fruit wastes was mixed with 2 liters of water. For the second treatment, 2 kg of fruit wastes was mixed with 2 kg of cow dung and 2 liters of water. The results indicate that the second treatment provided faster biodegradation process. This is proven by the decline of COD content as 28,3% and 142,7% in first and second treatment, respectively. TOC content in the first and second treatment were 59,551 mg/L and 71,108 mg/L in the end of research. Total Solid content in the second treatment was higher than the first one meanwhile Volatile Solid content was lower. Biogas produced from the first and second treatment were 0,26 liter and 1,3 liter.

Keywords: Anaerobic digestion, Fruit waste, COD, TOC, TS, VS, Cow dung

ABSTRAK

Buah merupakan salah satu sumber nutrisi bagi manusia, namun bagian-bagian tertentu dari buah, terutama kulit, seringkali berakhir menjadi sampah. Hingga saat ini, sampah buah belum mendapatkan penanganan yang maksimal. Alternatif penanganan sampah buah yang bisa dilakukan adalah fermentasi anaerobik. Pada fermentasi anaerobik umumnya ditambahkan bioaktivator berupa kotoran sapi untuk mempercepat proses biodegradasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan kotoran sapi terhadap laju biodegradasi sampah buah. Reaktor anaerobik dibuat dari drum bermaterial HDPE berukuran 25 liter. Penelitian ini dilakukan dengan memberikan dua perlakuan. Perlakuan pertama 2 kg sampah buah dicampur dengan 2 liter air. Pada perlakuan kedua, 2 kg sampah buah dicampur dengan 2 kg kotoran sapi dan 2 liter air. Hasil pengujian mengindikasikan perlakuan kedua mengalami proses biodegradasi yang lebih cepat. Hal ini dibuktikan dengan penurunan kadar COD sebesar 28,3% dan 142,7% masing-masing pada perlakuan pertama dan kedua. Kadar TOC pada perlakuan pertama dan kedua adalah 59,551 mg/L dan 71,108 mg/L pada akhir percobaan. Kadar Total Solid pada perlakuan kedua lebih tinggi, sedangkan Kadar Volatile Solid-nya lebih rendah daripada perlakuan pertama. Jumlah biogas yang dihasilkan dari pertama dan kedua masing-masing adalah 0,26 liter dan 1,3 liter.

Kata Kunci: Fermentasi anaerobik, Sampah Buah, COD, TOC, TS, VS, Bioaktivator Kotoran Sapi

DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sampah Organik.....	4
2.3 Karakteristik Buah Alpukat, Jambu, dan Mangga.....	4
2.4 Bioaktivator.....	5
2.4 Biodegradasi Anaerobik	5
2.5 Biogas.....	9
2.6 Penelitian Terdahulu	9

BAB III	11
METODE PENELITIAN.....	11
3.1 Skema Pelaksanaan Penelitian	11
3.2 Parameter Penelitian dan Metode Uji	11
3.3 Metode Penelitian.....	12
3.3.1 Lokasi Penelitian.....	12
3.3.2 Alat dan Bahan.....	12
3.3.3 Pengambilan Sampel & Bioaktivator.....	13
3.3.4 Persiapan Reaktor.....	13
3.3.5 Proses Biodegradasi	15
3.3.6 Pengujian.....	15
3.4 Analisis Data	18
BAB IV	19
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
4.1 Karakteristik Sampah Buah.....	19
4.2 Analisis Kadar COD	20
4.3 Analisis Kadar TOC.....	22
4.4 Analisis Kadar Air.....	23
4.5 Analisis Kadar TS	24
4.6 Analisis Kadar VS.....	25
4.7 Analisis pH.....	26
4.8 Analisis Suhu	27
4.8 Analisis Kadar Biogas.....	28
BAB V.....	32
KESIMPULAN DAN SARAN.....	32

5.1 Kesimpulan	32
5.2 Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Buah Alpukat, Jambu, dan Mangga	4
Tabel 2.2 Karakteristik Kotoran Sapi.....	5
Tabel 2.3 Komposisi Biogas	9
Tabel 2.4 Jurnal Penelitian Terdahulu Mengenai Pengaruh Penambahan Bioaktivator terhadap Laju Degradasi Sampah.....	9
Tabel 3.1 Parameter dan Metode Uji	12
Tabel 4.1 Karakteristik Campuran Sampah Buah.....	20

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Proses Degradasi Anaerobik	7
Gambar 3.1 Skema Pelaksanaan Penelitian	11
Gambar 3.2 Desain Reaktor Anaerobik	14
Gambar 4.1 Campuran Sampah Buah Sebelum Diblender	19
Gambar 4.2 Perbandingan Kadar COD Pada Reaktor 1 dan Reaktor 2	21
Gambar 4.3 Perbandingan Kadar TOC Pada Reaktor 1 dan Reaktor 2	22
Gambar 4.4 Perbandingan Kadar Air Dari Sampel Reaktor 1 dan Reaktor 2	24
Gambar 4.5 Perbandingan Kadar TS Pada Reaktor 1 dan Reaktor 2	25
Gambar 4.6 Perbandingan Kadar VS Pada Reaktor 1 dan Reaktor 2	26
Gambar 4.7 Perbandingan pH Pada Reaktor 1 dan Reaktor 2	27
Gambar 4.8 Perbandingan Suhu Pada Reaktor 1 dan Reaktor 2	28
Gambar 4.9 Skema Aplikasi Penelitian Terhadap Lingkungan	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kurva Kalibrasi COD dan Contoh Perhitungan	39
Lampiran 2. Kurva Kalibrasi TOC dan Contoh Perhitungan.....	40
Lampiran 3. Contoh Perhitungan Kadar Air	40
Lampiran 4. Contoh Perhitungan Kadar <i>Total Solid</i>	41
Lampiran 5. Contoh Perhitungan Kadar <i>Volatile Solid</i>	41
Lampiran 6. Perhitungan Biogas.....	41
Lampiran 7. Dokumentasi.....	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Buah-buahan merupakan makanan yang mengandung beragam nutrisi untuk menunjang kesehatan manusia. Selain dimakan langsung, buah bisa diolah menjadi berbagai macam olahan, misalnya jus dan sirup. Akan tetapi, bagian tertentu dari buah, terutama kulit seringkali menjadi sampah. Di negara berkembang, umumnya sampah buah ditangani dengan cara dibuang langsung ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Selain dibuang langsung, sampah buah juga ditangani dengan cara komposting dan pembakaran secara terbuka. Akan tetapi, penanganan dengan kedua cara tersebut menimbulkan permasalahan lain, diantaranya adalah timbulnya bau yang tidak sedap. Alternatif penanganan yang lain adalah Biodegradasi Anaerobik (BA).

Biodegradasi Anaerobik merupakan teknologi pengolahan yang di dalamnya termasuk proses dekomposisi dari bahan organik tanpa adanya oksigen (Lopes, et.al., 2004). Biodegradasi Anaerobik dikenal sebagai teknologi yang ramah lingkungan karena mampu mengurangi emisi dari sisa bahan organik sekaligus menghasilkan metan yang bisa menjadi alternatif bahan bakar. Oleh karena itu, teknologi BA saat ini cukup populer untuk dikembangkan karena memiliki banyak kelebihan.

Pada pengolahan BA, umumnya sampah makanan, buah, dan sayuran dijadikan substrat karena karena mudah terdegradasi dan memiliki kandungan organik yang tinggi. Meskipun begitu, pengolahan BA hanya dengan mengandalkan substrat akan berlangsung cukup lama karena kurang beragamnya mikroorganisme untuk mendegradasi. Oleh karena itu, penambahan bioaktivator berperan penting untuk memperkaya mikroorganisme sehingga proses

biodegradasi dapat berlangsung lebih cepat. Bioaktivator yang sering digunakan adalah kotoran hewan ternak, contohnya kotoran sapi. Ofouele, et. al., (2009) menyatakan bahwa kotoran sapi mampu menambah keragaman bakteri serta menambah suplai nutrisi yang tidak ada pada substrat.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif *pre-treatment* sampah buah serta pemanfaatan kotoran sapi sebagai sumber bioaktivator, serta membantu menjaga kelestarian lingkungan. Dengan pengembangan pengolahan BA, diharapkan emisi gas metan yang terjadi pada *landfill* dapat ditekan, serta mengurangi volume *landfill* dan menghasilkan energi terbarukan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang akan dikaji adalah sebagai berikut:

1. Sampah buah-buahan masih belum dimanfaatkan secara optimal
2. Bagaimana pengaruh penambahan bioaktivator kotoran sapi terhadap laju biodegradasi sampah buah-buahan?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh penambahan bioaktivator terhadap laju biodegradasi sampah buah
2. Menganalisis potensi bioaktivator kotoran sapi dalam meningkatkan produksi biogas

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan pengetahuan terkait biodegradasi sampah buah dengan metode fermentasi anaerobik
2. Memberikan gambaran produksi biogas yang dihasilkan dengan adanya penambahan bioaktivator kotoran sapi

1.5 Ruang Lingkup

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Lokasi pengambilan sampel sampah buah adalah *outlet* jus buah di Jalan Kaliurang KM 14,5 di Dusun Lodadi, Desa Umbulmartani, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.
2. Sampah buah yang digunakan sebagai sampel terdiri dari sampah buah jambu, alpukat, dan mangga.
3. Kotoran sapi yang digunakan sebagai bioaktivator diambil dari sapi milik warga di Jalan Bimo, Dusun Nganggruk, Desa Sardonoarjo, Kecamatan Ngaglik, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.
4. Parameter yang akan diuji adalah COD, TOC, Kadar Air, TS, VS, Suhu, pH, dan Kadar Biogas.
5. Reaktor yang digunakan adalah berjenis anaerob dengan menggunakan drum bermaterial HDPE bervolume 25 liter.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah Organik

Sampah organik adalah sampah yang mengandung senyawa-senyawa organik yang tersusun dari unsur-unsur karbon, hidrogen dan oksigen. Sampah organik mudah membusuk. Contoh dari sampah organik adalah sisa makanan, sayuran, daun-daun kering, dan sebagainya. Sampah ini dapat diolah lebih lanjut menjadi kompos (Julius, 2013).

Secara umum, sampah buah memiliki kandungan TS, VS, dan rasio C/N yang lebih tinggi daripada sampah sayuran. Kadar TS dalam sampah buah rata-rata adalah sebesar 14% di mana nilai minimumnya adalah 7,5% dan nilai maksimumnya adalah 23%. Sedangkan rasio C/N dari sampah buah rata-rata adalah sebesar 40. Perkiraan konsentrasi metana dalam biogas yang dihasilkan oleh sampah buah dan sayur berkisar antara 43% dan 70% dengan konsentrasi karbon dioksida antara 30% dan 57%. Konsentrasi metana tertinggi tercatat berasal dari sampah buah dengan kadar sebesar lebih dari 60% dari reaktor anaerobik (Asquer, et. al., 2013).

2.3 Karakteristik Buah Alpukat, Jambu, dan Mangga

Karakteristik buah alpukat, jambu, dan mangga dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.1 Karakteristik Buah Alpukat, Jambu, dan Mangga

No	Jenis Buah	Kadar Air (%)	Kadar TS (%)	Kadar VS (%)
1	Alpukat	73,2	26,8	91,24
2	Jambu	88,96–94,26	2,71–4,97	97,6
3	Mangga	83,6	16,4	94,8

Sumber: (Deressa, et. al., 2015), (Alamar, et. al., 2016), & (Uchoa-Thomaz, et. al, 2014)

2.4 Bioaktivator

Bioaktivator adalah bahan yang dapat dimanfaatkan antara lain dalam pembuatan pupuk organik, pembuatan hormon alami, pembuatan biogas, dan lain sebagainya. Bioaktivator bukanlah pupuk, melainkan bahan yang mengandung mikroorganisme efektif yang secara aktif dapat membantu mendekomposisi dan memfermentasi sampah organik. Mikroorganisme yang terdapat dalam bioaktivator secara genetik bersifat asli alami dan bukan rekayasa. Mikroorganisme efektif yang terkandung dalam bioaktivator meliputi antara lain: bakteri asam laktat (*Lactobacillus* sp.), bakteri penghancur (dekomposer), ragi, spora jamur, bakteri fotosintetik, serta bakteri menguntungkan yang lain (bakteri penambat N, pelarut fosfat, dll) (Fitriani, 2016). Bioaktivator yang sering digunakan adalah rumen sapi, kotoran sapi, atau kotoran ternak lainnya.

Karakteristik kotoran sapi dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.2 Karakteristik Kotoran Sapi

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1	Kadar Air	%	87
2	Kadar TS	kg/hari	9,072
3	Kadar VS	kg/hari	7,71
4	COD	kg/hari	8,16
5	TOC	%	13,2-38,8
6	Karbon	%	24,65

Sumber: (Lide Chen, 2014), (Moral, et. al., 2004), & (Suparman & Supiati, 2004)

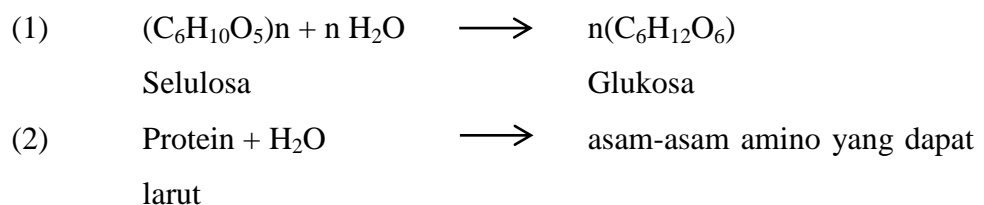
2.4 Biodegradasi Anaerobik

Biodegradasi anaerobik merupakan proses biologis di mana berbagai mikroorganisme mengubah kandungan organik kompleks menjadi produk akhir yang sederhana dan stabil dengan kondisi tanpa oksigen (Baire, 2000). Mikroorganisme anaerobik merupakan mikroorganisme yang tidak menggunakan oksigen (O_2) sebagai elektron aseptor terakhir pada respirasinya (Nelson, 2004).

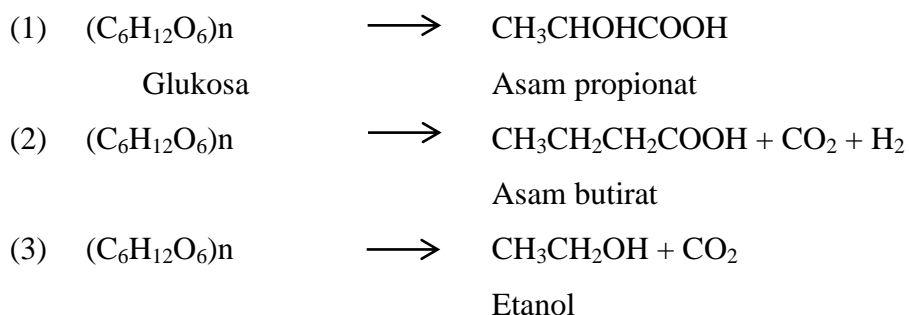
Dekomposisi secara anaerobik merupakan modifikasi biologis pada struktur kimia dan biologi bahan organik tanpa adanya oksigen (hampa udara). Proses ini merupakan proses yang dingin dan tidak terjadi fluktuasi temperatur seperti yang terjadi pada proses pengomposan secara aerobik. Namun, pada proses anaerobik perlu tambahan panas dari luar sebesar 30°C (Djuarnani, et. al., 2005).

Proses degradasi anaerobik memiliki empat fase. Proses pertama, bahan organik dalam padatan dengan mudah terpecah menjadi monomer termasuk proses dari karbohidrat, protein, dan lemak menjadi gula, asam amino, asam lemak rantai panjang. Proses tersebut disebut hidrolisis. Pada proses kedua, acidogenesis, monomer lebih lanjut terdekomposisi menjadi asam lemak rantai pendek, termasuk VFA, asam lactic, asam pyruvic, asam acetic, dan asam factic. Pada proses selanjutnya, asetogenesis, asam lactic dan asam pyruvic mulai berubah menjadi asam asetic dan hidrogen. Pada fase terakhir yang disebut metanogenesis, hidrogen dan asam asetik diubah menjadi metana oleh metanogen (Ren, et. al., 2017).

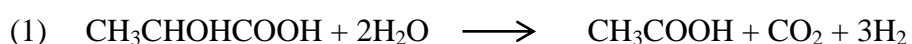
a. Reaksi proses hidrolisis:

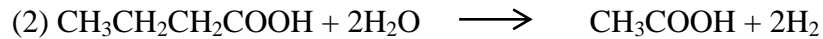


b. Reaksi proses asidogenesis:

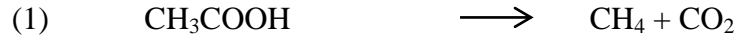


c. Reaksi proses asetogenesis:



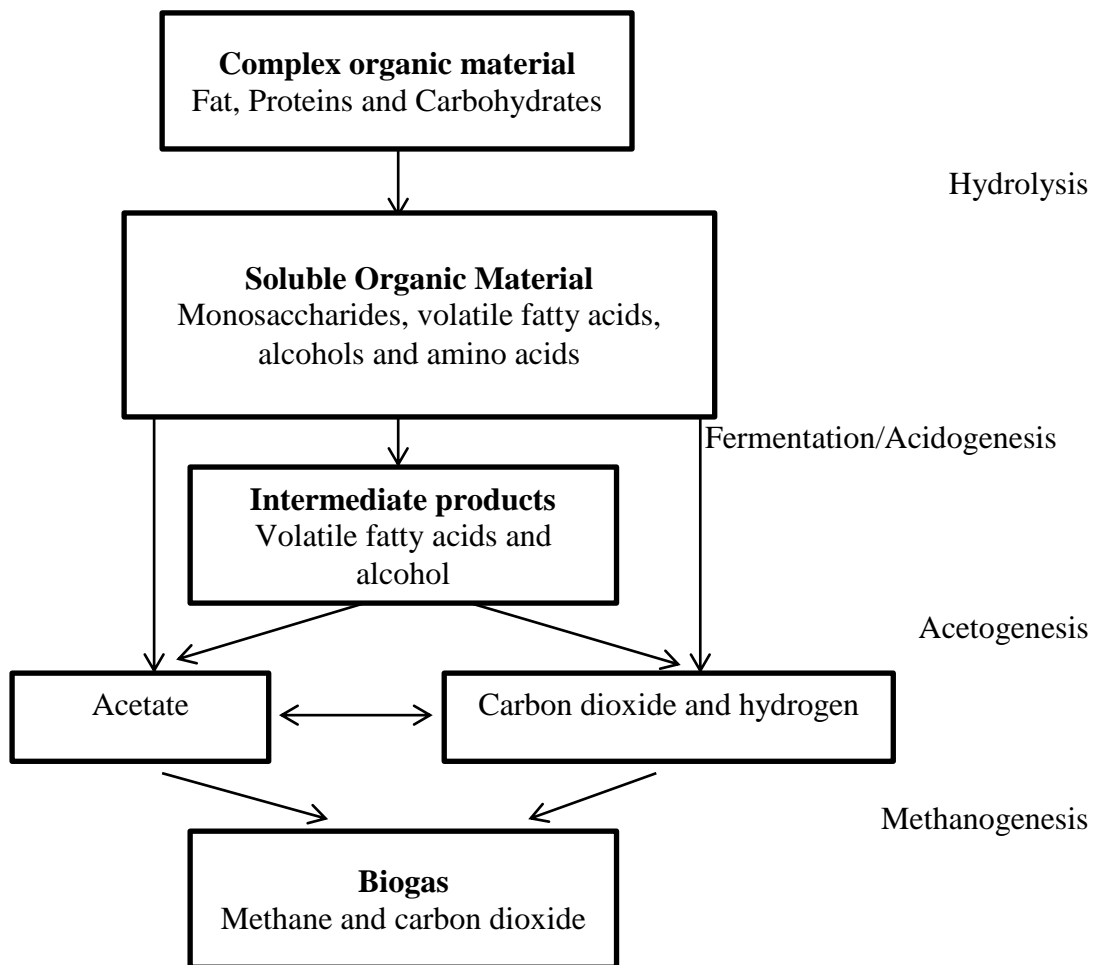


c. Reaksi proses metanogenesis



(Ni'mah, 2014) & (Buekens, 2005)

Proses degradasi secara anaerobik dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.1 Diagram Proses Degradasi Anaerobik

Sumber: (Hermansson, 2012)

Dalam proses biodegradasi anaerobik, terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi laju biodegradasi yaitu pH, kadar air, suhu, VS, TS, *Total Organic Carbon* (TOC), dan *Chemical Oxygen Demand* (COD).

Derajat keasaman atau pH merupakan salah satu faktor yang akan sangat memengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dalam proses degradasi anaerobik. Bakteri akan bekerja lebih aktif pada rentang pH optimum (Tchobanoglous, 1993). Nilai pH optimum yang dibutuhkan oleh bakteri asidogenesis yaitu 5 sampai 6,5, sedangkan pH optimum untuk proses metanogenesis adalah di atas 6,5 (Pohland, 1992). Kadar air mempengaruhi proses dekomposisi biologis, terutama dalam hal homogenisasi, ketersediaan nutrisi, dan menjaga suhu agar tetap konstan (Froster & Wase, 1989, dikutip oleh Mustami, Resma, dkk, 2015).

Suhu merupakan salah satu parameter penting dalam proses biodegradasi secara anaerob. Proses degradasi secara anaerob akan menghasilkan panas dari terdekomposisinya senyawa-senyawa organik. Proses anaerob dapat berlangsung pada rentang suhu mesofilik (25°C-40°C) dan juga pada rentang termofilik (55°C-60°C). (Buekens, 2005).

Organic Loading Rate atau jumlah beban organik didefinisikan sebagai kandungan organik yang ada pada reaktor dan ditunjukkan dalam bentuk *Total Organic Carbon* (TOC) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) (Hermansson, 2012). TOC didefinisikan sebagai jumlah karbon yang terikat di dalam senyawa organik yang terkandung di air itu sendiri (Jenie & Rahayu, 1993). Sedangkan COD merupakan kebutuhan oksigen kimia yaitu jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia (BBTKL-PPM, 2010).

Total Solid (TS) atau padatan total merupakan total dari zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi, baik yang bersifat organik maupun anorganik (Rahman, 1999). Banyaknya TS yang terdegradasi menunjukkan besarnya jumlah padatan yang berhasil dirombak menjadi biogas (Inpurwanto, 2012). Proses biodegradasi juga dapat menurunkan nilai TS (Haryati, 2006).

Kadar volatil menunjukkan kandungan organik yang hilang pada saat pemanasan. Kadar volatil dipengaruhi oleh komposisi sampah organik (Azkha,

2006). Reduksi dari nilai TS dan VS ini disebabkan adanya perombakan bahan organik oleh aktivitas mikroorganisme (Ratnaningsih, et. al., 2009).

2.5 Biogas

Biogas merupakan campuran gas-gas methana, karbon dioksida, hidrogen sulfat, nitrogen dan gas-gas lainnya yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi anaerob (Costa & Sudarmanta, 2009). Komposisi dari biogas dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.3 Komposisi Biogas

Komponen	%
Metana (CH ₄)	55-75
Karbon dioksida (CO ₂)	25-45
Hidrogen sulfida (H ₂ S)	0-3
Hidrogen (H ₂)	1-5
Nitrogen (N ₂)	0-0,3
Oksigen (O ₂)	0,1-0,5

2.6 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya:

Tabel 2.4 Jurnal Penelitian Terdahulu Mengenai Pengaruh Penambahan Bioaktivator terhadap Laju Degradasi Sampah

No	Judul dan Penyusun	Hasil
1	Pengaruh Bioaktivator Kotoran Sapi Pada Laju Dekomposisi Berbagai Jenis Sampah Daun Di Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin (Adijaya, et. al., 2014)	Perlakuan yang mendapat tambahan bioaktivator kotoran sapi menunjukkan nilai pH yang lebih tinggi karena kotoran sapi mengandung karbon dan nitrogen yang berarti efektivitas dalam proses dekomposisi sampah lebih optimal karena ketersediaan bahan organik lebih banyak.
2	Production of Biogas from Fruit	Sampah dengan campuran kotoran sapi

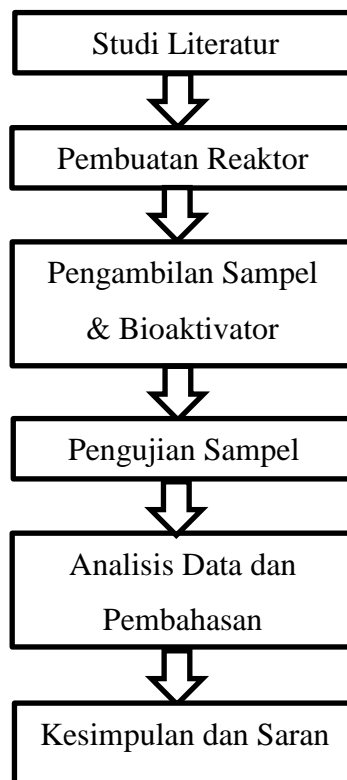
	and Vegetable Wastes Mixed with Different Wastes (Deressa et.al., 2015)	menghasilkan lebih banyak biogas dan memiliki nilai pH lebih optimum untuk proses biodegradasi.
3	Produksi Biogas dari Substrat Campuran Sampah Buah Menggunakan Starter Kotoran Sapi (Sjafruddin, 2011)	Biogas yang dihasilkan semakin banyak seiring dengan berjalannya waktu meski substrat dari sampah buah terus ditambahkan.. Meski nilai pH menurun, namun tidak menghambat proses metanogenesis pada semua reaktor.
4	The Effect of Distinct Operational Conditions on Organic Material Removal and Biogas Production in The Anaerobic Treatment of Cattle Manure (Demir, et al., 2011)	Penambahan kotoran sapi terbukti mempercepat proses biodegradasi. Pada reaktor dengan konsentrasi padatan total lebih besar, didapatkan jumlah biogas yang lebih banyak yang menandakan proses metanogenesis yang terjadi dengan baik.
5	Anaerobic Digestion of Cow Dung for Biogas Production (Abubakar & Ismail, 2012)	Pengunaan kotoran sapi pada percobaan ini membuktikan bahwa kotoran sapi mampu mempercepat laju biodegradasi. Hal ini dibuktikan dengan adanya penurunan VS sebesar 47%, penurunan COD sebesar 48,5% dan produksi biogas sebanyak 0,15 liter/VS

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Skema Pelaksanaan Penelitian

Rangkaian pelaksanaan penelitian ditunjukkan oleh skema pada Gambar 3.1 berikut ini:



Gambar 3.1 Skema Pelaksanaan Penelitian

3.2 Parameter Penelitian dan Metode Uji

Parameter yang akan diuji dan metode yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Parameter dan Metode Uji

No	Parameter	Metode Uji
1	COD	SNI 6989.2:2009 Air dan Limbah-Bagian 2: Cara uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (<i>Chemical Oxygen Demand</i> /COD) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri
2	TOC	Australian laboratory handbook of soil and water chemical methods
3	Total Solid	SNI 06-6989.26-2005 Air dan Air Limbah Bagian 26: Cara Uji Kadar Padatan Total Secara Gravimetri
4	<i>Volatile Solid</i>	SNI 06-6989.26-2005 Air dan Air Limbah Bagian 26: Cara Uji Kadar Padatan Total Secara Gravimetri

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampah buah di Pelaksanaan penelitian dilakukan di *outlet* jus buah di Jalan Kaliurang KM 14,5 di Dusun Lodadi. Lokasi pengambilan bioaktivator kotoran sapi di pemilik sapi di Jalan Bimo, Dusun Nganggruk, Desa Sardonoharjo. Lokasi penelitian di Laboratorium Rancang Bangun, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

3.3.2 Alat dan Bahan

3.3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 2 buah reaktor anaerobik, alat spektrofotometer sinar tampak, kuvet, tabung gelap berkapasitas 500 ml, tabung refluks, thermoreaktor, labu ukur, pipet ukur, pipet volume, gelas ukur, *magnetic stirrer*, neraca analitik, desikator, oven 105°C, cawan porselen, penjepit

cawan, *furnice* 600°C, ayakan 50 mesh, loyang, lumpang porselin, pH meter, dan termometer, kaca arloji.

3.3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: sampah buah, lindi sampah buah, aquades, kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$), asam sulfat pekat (H_2SO_4), raksa sulfat ($HgSO_4$), perak sulfat (Ag_2SO_4), kalium hidrogen ftalat $HOOC_6H_4COOK$ (KHP), aquades.

3.3.3 Pengambilan Sampel & Bioaktivator

a. Pengambilan Sampel

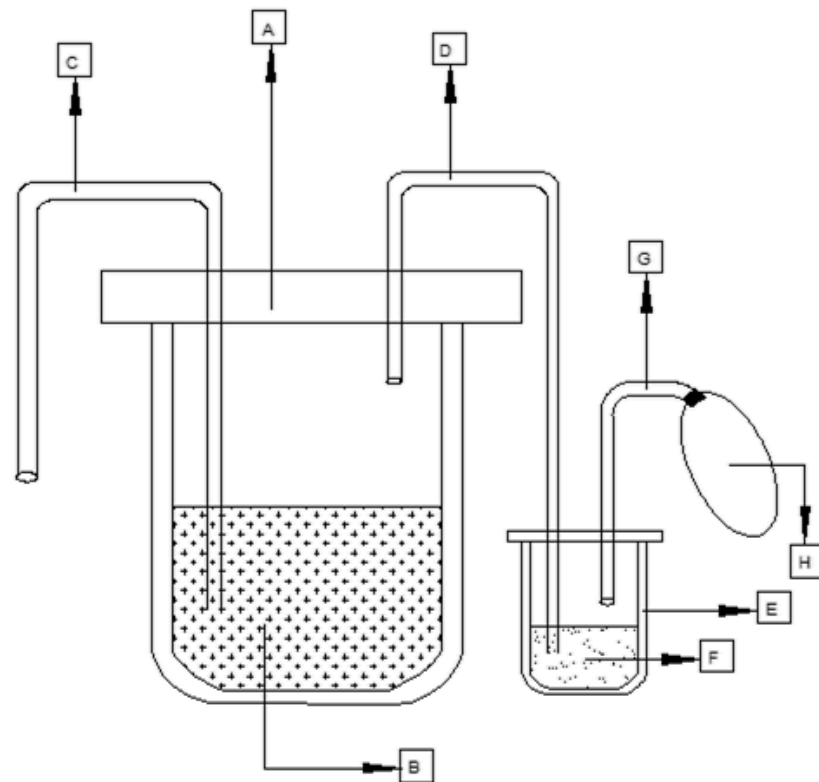
Sampah buah diambil secara *grab sampling* (sampling sesaat), yaitu metode pengambilan sampel yang dilakukan hanya pada satu waktu. Sampah buah diambil dari *outlet* penjual jus di Jalan Kaliurang KM 14,5, Dusun Lodadi, Desa Umbulmartani, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengambilan sampel dilakukan sesaat sebelum *outlet* tutup. Sampah buah yang diambil adalah sampah alpukat, jambu, dan mangga yang usianya kurang atau sama dengan tiga hari. Sampah buah yang diambil adalah sebanyak 4 kg.

b. Pengambilan Bioaktivator

Kotoran sapi diambil dari pemilik sapi di Jalan Bimo, Dusun Nganggruk, Desa Sardonoharjo, Kecamatan Ngaglik, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Kotoran sapi yang dipilih adalah yang masih segar. Jumlah kotoran sapi yang diambil adalah 4 kg.

3.3.4 Persiapan Reaktor

Berikut ini adalah desain dari reaktor anaerobik sebagai media pendegradasian sampah:



Gambar 3.2 Desain Reaktor Anaerobik

Keterangan:

A: Reaktor anaerobik

B: *Slurry*

C: Selang untuk mengeluarkan sampel

D: Selang untuk mengeluarkan gas

E: Gelas kaca

F: Air

G: Selang untuk mengeluarkan biogas

H: Plastik penampung biogas

Reaktor terbuat dari drum bermaterial HDPE dengan volume 25 liter. Di bagian tutup drum terdapat dua selang yang masing-masing berfungsi sebagai selang lindi dan selang gas. Selang gas terhubung dengan gelas kaca yang sebagian terisi air. Pada tutup gelas kaca terdapat selang yang terhubung dengan plastik untuk mengumpulkan gas metan.

3.3.5 Proses Biodegradasi

Pendegradasian sampel dilakukan setelah sampel sampah buah telah terkumpul. Sampah buah yang telah dicacah kemudian ditimbang dan dicampur dengan bioaktivator kotoran sapi sesuai kebutuhan perlakuan. Selanjutnya, campuran lalu dimasukkan ke dalam reaktor dan dibiarkan terdegradasi selama 20 hari. Setiap 5 hari sekali, dilakukan pembalikan untuk aerasi dan membuang panas berlebih (Adijaya, 2014). Pengukuran kadar COD, TOC, TS, VS, kadar air, suhu, dan pH dilakukan setiap 5 hari sekali. Perbandingan antara sampah buah dan air pada reaktor 1 adalah 1:1 (Mustami, 2015), sedangkan pada reaktor 2 perbandingan antara sampah buah : air : kotoran sapi adalah 1 : 1 : 1.

3.3.6 Pengujian

3.3.6.1 Uji COD

Pengujian COD pada sampel mengacu pada SNI 6989.2:2009 dengan menggunakan metode refluks tertutup secara spektrofotometri. Uji COD dilakukan setiap 5 hari sekali secara duplo. Langkah pertama dalam pengujian COD adalah pembuatan kurva kalibrasi dengan larutan KHP atau larutan standar. Pertama-tama, larutan induk KHP dibuat menjadi 5 larutan pada konsentrasi 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm, dan 500 ppm. Larutan standar ini kemudian diuji spektrofotometer pada panjang gelombang 60 nm untuk memperoleh nilai absorbansi dengan hasil koefisien mendekati satu. Hal ini ditandai dengan terbentuknya garis lurus dari hasil pembacaan absorbansi.

Langkah pengujian COD dimulai dengan memasukkan 1 ml sampel ke dalam labu ukur 50 ml kemudian diencerkan hingga tera. Dari proses tersebut, 2,5 ml sampel kemudian dimasukkan ke dalam tabung refluks. Sampel kemudian

ditambahkan 1,5 ml larutan pencerna dan 3,5 ml larutan H₂SO₄. Tabung ditutup, kemudian dikocok perlahan hingga homogen. Tabung refluks lalu dimasukkan ke dalam thermoreaktor yang sudah bersuhu 150°C. Prosedur selanjutnya adalah refluks tertutup selama 2 jam. Setelah refluks tertutup, sampel didinginkan perlahan hingga mencapai suhu ruang. Sampel kemudian diuji pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 600 nm. Kadar COD dapat dihitung dengan persamaan linier kurva kalibrasi. Rumus perhitungan COD adalah sebagai berikut:

Kurva kalibrasi

$$b = \frac{\sum xy - ((\sum x \sum y)/n)}{\sum x^2 - ((\sum x)^2/n)}$$

$$a = (\sum y - (b \sum x))/n$$

$$y = bx + a$$

Dimana:

x: konsentrasi (ppm)

y: Adsorbansi

3.4.6.2 Uji TOC

Pengujian TOC mengacu pada *Australian Laboratory Handbook of Soil and Water Chemical Methods*. Uji TOC dilakukan setiap 5 hari sekali dengan metode spektrofotometri. Pengujian TOC dimulai dengan mengeringkan sampel dengan cara diangin-angin pada loyang. Setelah sampel benar-benar kering, sampel kemudian digerus menggunakan lumpan porselen lalu diayak pada ayakan berukuran 50 mesh. Sampel kemudian ditimbang dan diambil sebanyak 1 gr. Sampel lalu dimasukkan ke dalam gelas ukur 100 ml dan ditambahkan K₂Cr₂O₇ sebanyak 5 ml dan larutan H₂SO₄ sebanyak 7,5 ml. Gelas ukur kemudian dikocok-kocok dan didiamkan selama 30 menit. Sampel ditambahkan aquades hingga 100 ml lalu didiamkan selama 24 jam. Setelah 24 jam, sampel diuji di alat spektrofotometer dengan panjang gelombang 561 nm.

3.4.6.3 Uji Kadar Air

Pengujian Kadar Air mengacu pada SNI 06-6989.26-2005. Uji Kadar Air dilakukan setiap 5 hari sekali secara gravimetri. Langkah pertama, cawan petri yang kosong dipanaskan dalam oven bersuhu 105°C selama 2 jam, setelah itu, cawan ditimbang dan beratnya dicatat sebagai berat cawan kosong. Sampel sebanyak ±100gr dimasukkan ke dalam cawan petri, lalu ditimbang dan dicatat sebagai berat cawan isi. Sampel dalam cawan kemudian dipanaskan selama 2 jam dalam oven bersuhu 105°C. Setelahnya, cawan dikeluarkan dan dibiarkan agak dingin sebelum dimasukkan ke dalam desikator. Cawan dipanaskan lagi selama 1 jam, kemudian timbang lagi hingga memperoleh berat yang konstan. Bila sudah mencapai berat konstan, maka beratnya dapat dicatat sebagai berat cawan isi 105°C.

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{\text{berat cawan isi} - \text{berat cawan isi } 105^{\circ}\text{C}}{\text{berat cawan isi} - \text{berat cawan kosong}} \times 100\%$$

3.4.6.4 Uji *Total Solid* (Padatan Total)

Pengujian TS dilakukan setiap 5 hari sekali bersamaan dengan pengujian kadar air. Perhitungan padatan total adalah sebagai berikut:

$$\% \text{ Kadar TS} = 100\% - \% \text{ Kadar Air}$$

3.4.6.5 Uji VS

Pengujian VS mengacu pada SNI 06-6989.26-2005. Uji VS dilakukan setiap 5 hari sekali. Sampel yang berasal dari pengujian kadar air lalu digerus sampai halus. Cawan yang berasal dari pengujian kadar air dimasukkan ke dalam *furnice* dan dioven selama 2 jam dalam suhu 600°C. Setelahnya, *furnice* dimatikan dan dibiarkan suhunya turun dengan sendirinya. Cawan dikeluarkan, lalu dibiarkan dingin sebelum dimasukkan ke dalam desikator. Cawan ditimbang dan beratnya dicatat sebagai berat cawan isi 600°C.

$$\% \text{ Kadar VS} = \frac{\text{berat cawan isi} - \text{berat cawan isi } 600^{\circ}\text{C}}{\text{berat cawan isi} - \text{berat cawan kosong}} \times 100\%$$

3.4.6.6 Uji pH

Pengujian pH menggunakan pH meter dan dilakukan setiap hari. pH meter dicelupkan ke dalam sampel yang berada di dalam reaktor.

3.4.6.7 Uji Suhu

Pengujian suhu menggunakan termometer dan dilakukan setiap hari. Termometer dicelupkan ke dalam sampel di dalam reaktor dan ditunggu sekitar lima menit sebelum dilakukan pembacaan.

3.4 Analisis Data

Data yang diperoleh dari penelitian ini merupakan data kuantitatif. Data kuantitatif tersebut merupakan nilai kadar COD, kadar TOC, kadar TS & VS, Kadar Air, serta nilai pH dan suhu. Dari data hasil penelitian kemudian dibandingkan antar reaktor dan disajikan dalam bentuk grafik. Dari grafik yang disajikan kemudian dianalisis pengaruh dari penambahan bioaktivator kotoran sapi terhadap laju biodegradasi sampah buah.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Sampah Buah

Sampah buah yang diambil terdiri dari sampah buah alpukat, jambu, dan mangga dengan berat masing-masing sebesar 1,1 kg; 1,6 kg; 1,3 kg. Ketiga jenis sampah tersebut memiliki karakteristik fisik yang berbeda. Sampah dari buah alpukat dan buah jambu bertekstur lembek. Sampah buah alpukat berwarna hijau pekat, sedangkan sampah buah jambu berwarna merah muda. Sampah buah mangga bertekstur licin dan keras karena yang dimanfaatkan adalah bagian kulitnya saja (Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Campuran Sampah Buah Sebelum Diblender

Hasil analisis terhadap karakteristik sampah buah menunjukkan kadar padatan total dan kadar VS masing-masing sebesar 69,5% dan 98,8% (Tabel 4.1). Bila dibandingkan dengan sampah sayuran dan sampah makanan, sampah buah memiliki kadar padatan total dan VS yang lebih tinggi. Pada sampah sayuran,

kadar padatan total hanya berkisar antara 3-11% sedangkan pada sampah makanan 14,3%, sedangkan kadar VS pada sampah sayuran dan sampah makanan masing-masing sekitar 97% dan 98,2% (Asquer, et. al., 2013) & (Zhang B, 2005). Kadar VS yang lebih tinggi menunjukkan sampah buah lebih *biodegradable* atau lebih mudah terdegradasi (Deressa, et. al, 2015).

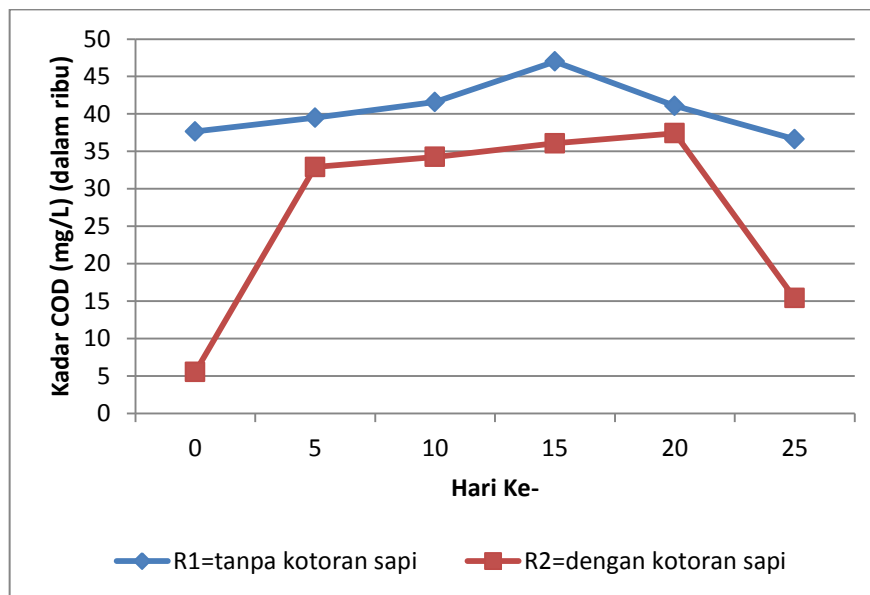
Tabel 4.1 Karakteristik Campuran Sampah Buah

No	Parameter	Konsentrasi
1	pH	3,8
2	Suhu	25°C
3	Kadar Air	30,5%
4	Kadar Padatan Total (<i>Total Solid</i>)	69,5%
5	Kadar <i>Volatile Solid</i>	98,8%

4.2 Analisis Kadar COD

Hasil analisis kadar COD menunjukkan bahwa kedua reaktor mengalami kenaikan kadar COD mulai dari hari ke-5. Pada Reaktor 1, kadar COD tertinggi terjadi pada hari ke-15 dengan nilai 47.000 mg/L. Pada Reaktor 2, kadar COD tertinggi terjadi pada hari ke-20 dengan nilai 37.416,67 mg/L (Gambar 4.2).

Kadar COD merepresentasikan jumlah dari bahan organik *readily biodegradable* (Fbs), *unbiodegradable soluble* (Fus), dan *unbiodegradable particulate* (Fup). Naiknya jumlah bahan organik yang *biodegradable* akan menyebabkan kadar COD menurun yang juga berarti meningkatkan *biodegradability* dari sampel (Hamawand & Baillie, 2015). Kenaikan kadar COD terjadi pada awal percobaan dikarenakan belum terjadinya proses metanogenesis, yaitu perombakan bahan organik menjadi gas metan sehingga kadar COD terus meningkat. Kadar COD dari sampel reaktor 2 menunjukkan nilai yang lebih rendah daripada reaktor 1, hal ini karena jumlah mikroorganisme yang berbeda.



Gambar 4.2 Perbandingan Kadar COD Pada Reaktor 1 dan Reaktor 2

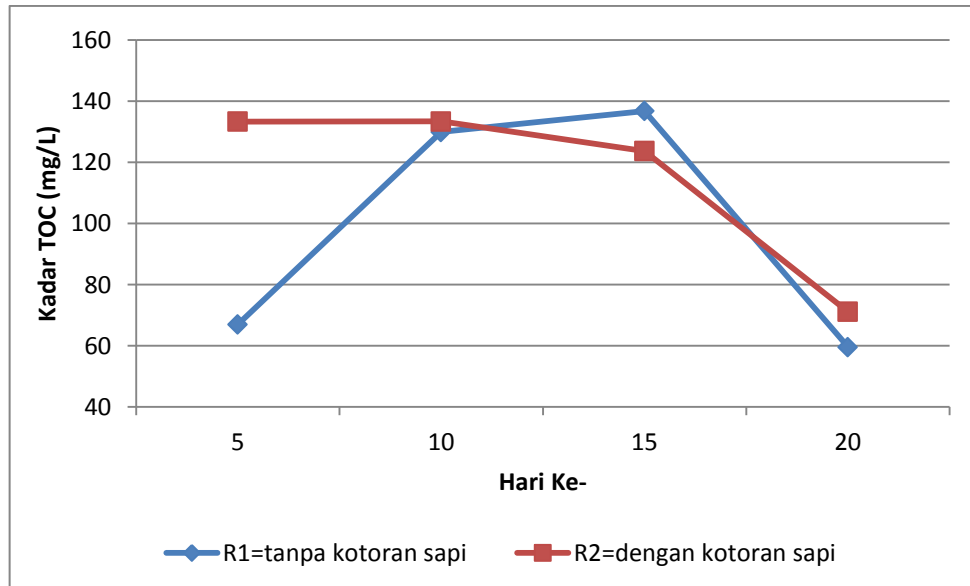
Pada reaktor 1 di mana *slurry* terbuat dari sampah buah dan air saja, bahan organik didapatkan dari sampah buah. Hal ini dapat diamati dari kadar COD yang tinggi. Pada reaktor 2, bahan organik juga didapatkan dari kotoran sapi. Penambahan kotoran sapi menyebabkan proses degradasi bahan organik menjadi lebih cepat, artinya, COD yang ada pada sampel reaktor 2 dengan cepat dirombak sehingga menyisakan bahan organik yang lebih sedikit. Mikroorganisme yang terkandung dalam kotoran sapi terbagi menjadi dua, yaitu bakteri non-metanogen (yang terdiri dari bakteri hidrolitik, asidogenik, dan bakteri asetogenik) dan bakteri metanogen. Sunarto, et. al., 2013 menjelaskan dalam proses hidrolisis, bakteri yang berperan adalah bakteri fermentatif, sedangkan pada proses asidogenesis adalah bakteri obligat anaerob dan bakteri anaerob fakultatif. Pada proses metanogenesis, bakteri yang berperan adalah bakteri asetotropik dan hidrogenotropik.

Penurunan kadar COD mulai terjadi pada hari ke-20 pada Reaktor 1 dan hari ke-25 pada Reaktor 2. Pada hari ke-20 hingga hari ke-25, sampel dari reaktor 1 mengalami penurunan kadar COD sebesar 28,3% dengan nilai 36.638,89 mg/L.

Pada Reaktor 2, penurunan terjadi pada hari ke-25 sebesar 142,7% dari kadar COD pada hari ke-20 dengan nilai 15.416,7 mg/L. Penurunan kadar COD menunjukkan mulainya proses asetogenesis dan metanogenesis. Pada proses asetogenesis, hasil dari proses asidogenesis diubah menjadi asam asetat, karbon dioksida, dan hidrogen. Sunarto, et.al., 2013 menyebutkan bahwa sekitar 70% dari kadar COD semula diubah menjadi asam asetat. Oleh karena itu, kadar COD menurun. Pada proses metanogenesis, asam asetat dari sisa proses asetogenesis dirombak menjadi biogas yang juga menyebabkan kadar COD yang menurun.

4.3 Analisis Kadar TOC

Secara umum kadar TOC dari sampel Reaktor 1 maupun 2 cenderung meningkat sampai hari ke-10 dan ke-15 (Gambar 4.3). Kadar TOC tertinggi dari sampel Reaktor 1 terjadi di hari ke-15 dengan nilai 136,8 mg/L. Sampel dari Reaktor 2 menunjukkan kadar TOC tertinggi pada hari ke-10 dengan nilai 133,4 mg/L.



Gambar 4.3 Perbandingan Kadar TOC Pada Reaktor 1 dan Reaktor 2

Pada awal percobaan, kadar TOC pada reaktor 1 lebih rendah daripada reaktor 2. Kadar TOC menunjukkan banyaknya senyawa organik secara keseluruhan, baik yang mudah terdegradasi ataupun yang sulit terdegradasi,

bahkan yang bersifat toksik. Oleh karena itu, kadar TOC pada reaktor 1 lebih rendah karena senyawa organik yang juga lebih sedikit daripada reaktor 2. Pada reaktor 2, penambahan bioaktivator menyebabkan jumlah senyawa organik secara keseluruhan lebih banyak sehingga kadar TOC-nya juga lebih tinggi.

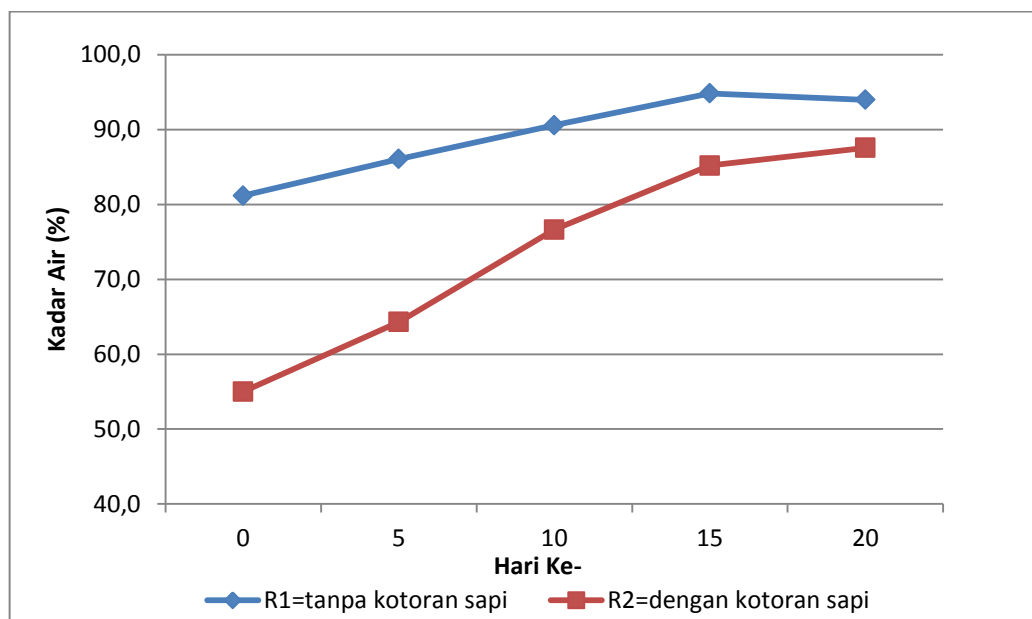
Pada kedua reaktor, meningkatnya kadar TOC menunjukkan proses yang berlangsung adalah hidrolisis dan asidogenesis. Pada proses hidrolisis, senyawa organik yang kompleks polimer dirombak menjadi senyawa organik monomer seperti gula mudah larut, asam amino, dan asam lemak rantai panjang, sedangkan pada proses asidogenesis senyawa organik monomer dirombak menjadi hidrogen, asam lemak rantai pendek dan alkohol. Artinya, pada proses hidrolisis dan asidogenesis, senyawa organik masih dirombak menjadi senyawa organik yang lain sehingga jumlah senyawa organik meningkat yang ditunjukkan melalui kadar TOC.

Pada saat kadar TOC menurun menunjukkan proses yang terjadi adalah asetogenesis dan metanogenesis. Proses asetogenesis menghasilkan asam asetat, hidrogen dan karbon dioksida sehingga jumlah senyawa organik menurun. Fersiz & Veli, 2015 menjelaskan bahwa penurunan kadar TOC merupakan petunjuk adanya proses biodegradasi oleh mikroorganisme yang menghasilkan karbondioksida dan air.

4.4 Analisis Kadar Air

Kadar air dari sampel sampah buah pada Reaktor 1 dan Reaktor 2 cenderung mengalami peningkatan seperti ditunjukkan oleh Gambar 4.4.

Secara keseluruhan, kadar air dari sampel Reaktor 2 mengalami kenaikan sebesar 59,2% sedangkan Reaktor 1 mengalami kenaikan sebesar 15,7%. Kenaikan kadar air menunjukkan adanya proses biodegradasi karena bahan organik yang dirombak akan menghasilkan air pada proses metanogenesis. Reaktor 2 mengalami kenaikan kadar air lebih besar daripada reaktor 1, hal ini disebabkan oleh aktifnya bakteri metanogen yang ada di reaktor 2 namun tidak tersedia pada reaktor 1.



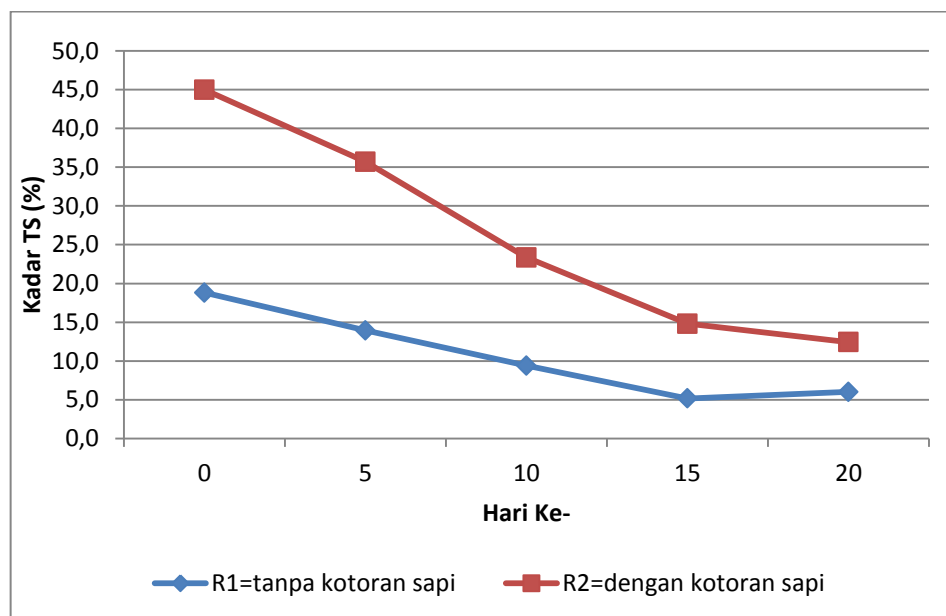
Gambar 4.4 Perbandingan Kadar Air Dari Sampel Reaktor 1 dan Reaktor 2

Alnakeeb, et. al., 2017 menjelaskan semakin tinggi kadar air, maka semakin tinggi juga kontak antara mikroorganisme dan molekul organik. Oleh karena itu, enzim dapat mengubah senyawa organik kompleks menjadi sederhana yang nantinya akan dikonversi menjadi biogas pada proses metanogenesis.

4.5 Analisis Kadar TS

Berdasarkan hasil pengujian, Kadar TS dari sampel kedua reaktor mengalami penurunan (Gambar 4.5). Kadar TS pada sampel Reaktor 1 adalah 18,8%, pada hari ke-20, kadar TS-nya menjadi 6%. Pada sampel dari Reaktor 2, kadar TS di hari ke-0 dan ke-20 masing-masing adalah 45% dan 12,4%. Secara keseluruhan, penurunan kadar TS pada reaktor 1 dan 2 masing-masing adalah 12,8% dan 32,6%.

Penurunan kadar TS menunjukkan adanya proses perubahan bahan organik menjadi biogas dan air. Adapun sampel dari reaktor 2 mengalami penurunan yang lebih banyak daripada reaktor 1 karena adanya penambahan kotoran sapi. Kotoran sapi mengandung mikroorganisme yang memungkinkan selulosa yang banyak dikandung oleh sampah buah terdegradasi dengan lebih mudah.



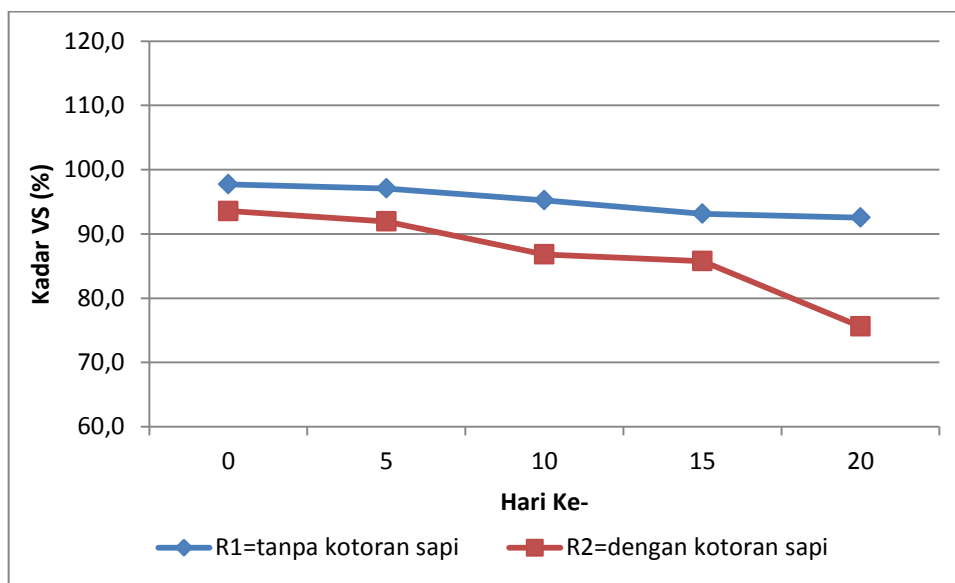
Gambar 4.5 Perbandingan Kadar TS Pada Reaktor 1 dan Reaktor 2

Saat kadar TS mulai menurun secara perlahan, maka dapat diketahui proses yang terjadi adalah metanogenesis karena sebagian besar TS dirombak menjadi biogas dan air. Sjafruddin, 2011 menjelaskan penurunan kadar TS ini mengindikasikan adanya proses degradasi senyawa organik menjadi biogas. Saat kadar TS cenderung tetap, hal ini disebabkan oleh adanya pembentukan sel-sel mikroorganisme. Kadar TS sendiri sangat berpengaruh dalam proses biodegradasi anaerobik, khususnya dalam produksi biogas dan metan (Pavan et al, 2000).

4.6 Analisis Kadar VS

Sampel dari kedua reaktor mengalami penurunan kadar VS sampai hari ke-20 (Gambar 4.6). Pada hari ke-0, kadar VS dari sampel Reaktor 1 dan Reaktor 2 masing-masing adalah 97,7% dan 93,6%. Di hari ke-20, kadar VS dari sampel Reaktor 1 dan Reaktor 2 masing-masing adalah 92,6% dan 75,6%. Selama 20 hari masa percobaan, penurunan kadar VS pada Reaktor 1 adalah 5,2% sedangkan Reaktor 2 sebesar 17,9%.

Volatile Solid merupakan parameter penting dalam proses anaerobik karena menunjukkan jumlah substrat atau sumber makanan yang disuplai pada reaktor atau biasa disebut *Organic Loading Rate (OLR)* (Moukazis, et. al, 2017).



Gambar 4.6 Perbandingan Kadar VS Pada Reaktor 1 dan Reaktor 2

Volatile Solid juga berperan sebagai substrat atau sumber makanan bagi bakteri non metanogen yang bekerja pada tahap awal proses anaerobik. Oleh karena itu, sejak awal percobaan, kadar VS terus mengalami penurunan karena dikonsumsi oleh bakteri non-metanogen. Setelah itu, VS akan dirombak menjadi biogas pada proses metanogenesis yang juga akan membuat kadar VS menurun.

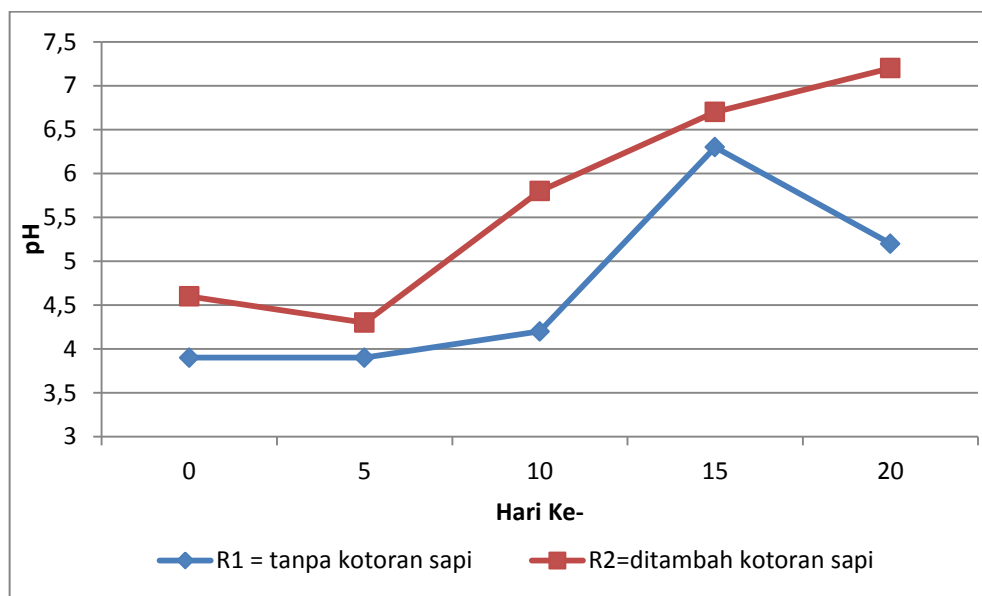
4.7 Analisis pH

Nilai pH pada Reaktor 1 dan Reaktor 2 cenderung fluktuatif (Gambar 4.7). Nilai pH pada Reaktor 1 terus meningkat hingga hari ke-15, sedangkan pH pada Reaktor 2 menurun pada hari ke-5 lalu terus meningkat hingga hari ke-20.

Penurunan ini terjadi karena tingginya kadar *volatile fatty acids* (VFA) dari proses asidogenesis dan rendahnya aktivitas bakteri metanogen. Saat jumlah VFA menurun, bakteri metanogen menjadi lebih aktif yang juga memicu naiknya pH. Beevi, et. al, 2013 menjelaskan banyaknya VFA yang dibentuk menandakan bahwa sampel mengandung bahan-bahan yang mudah terdegradasi.

Nilai pH tertinggi dari sampel Reaktor 1 adalah 6,3 pada hari ke-15. Sementara itu, pH tertinggi dari sampel Reaktor 2 adalah 7,2 pada hari ke-20.

Nilai pH hingga 6,3 menunjukkan adanya proses asidogenesis karena pH tersebut merupakan rentang optimum untuk bakteri obligat anaerob dan bakteri fakultatif.



Gambar 4.7 Perbandingan pH Pada Reaktor 1 dan Reaktor 2

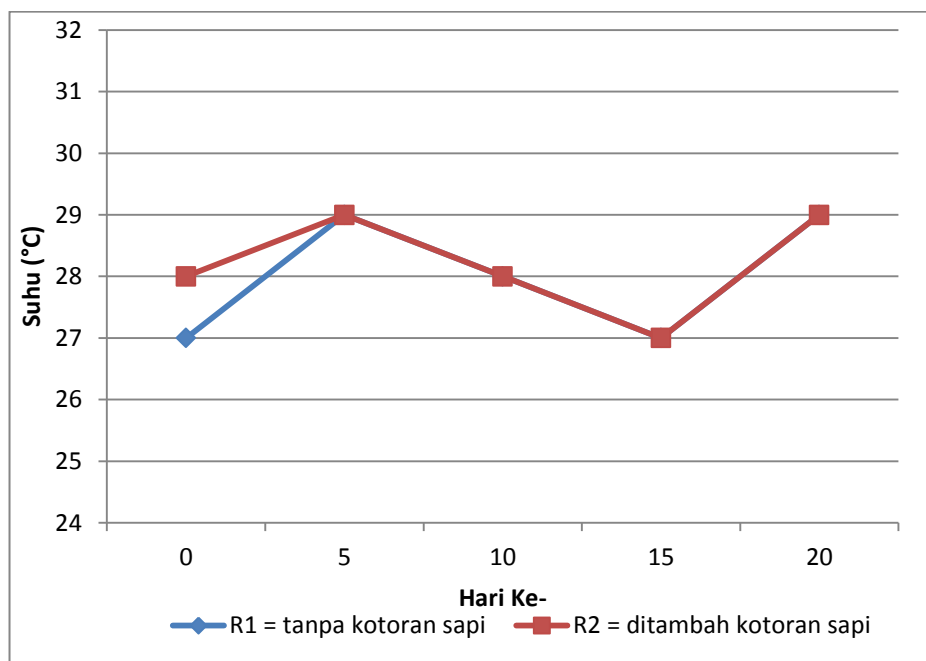
Nilai pH optimum untuk pertumbuhan bakteri metanogen adalah di atas 6,3 hingga 7,5 (Deublein & Steinhauser, 2008). Oleh karena itu, dapat diketahui proses yang terjadi pada Reaktor 1 adalah hidrolisis dan asidogenesis serta metanogenesis. Pada Reaktor 2, nilai pH berada di atas 6,3 mulai hari ke-15 hingga seterusnya. Hal ini menunjukkan terjadinya proses metanogenesis hingga akhir masa percobaan.

4.8 Analisis Suhu

Suhu yang terukur dari Reaktor 1 dan Reaktor 2 cenderung fluktuatif (Gambar 4.8). Suhu tertinggi dari kedua reaktor adalah 29°C sedangkan suhu terendahnya adalah 27°C.

Suhu yang diuji merupakan suhu dalam rentang mesofilik. Suhu optimum untuk proses mesofilik adalah 35°C. Rendahnya suhu yang terjadi pada kedua reaktor bisa disebabkan oleh pengaruh cuaca. Reaktor anaerobik cenderung sensitif terhadap perubahan cuaca, sehingga suhu dalam reaktor juga terpengaruh yang akhirnya berpengaruh terhadap laju degradasi. Khanal, 2008 menyebutkan

bahwa pada reaktor anaerobik, setiap penurunan 1°C, laju degradasi menurun sebesar 11%.



Gambar 4.8 Perbandingan Suhu Pada Reaktor 1 dan Reaktor 2

Suhu sangat berperan penting dalam sistem anaerobik karena berpengaruh terhadap interaksi dan keragaman mikroorganismenya. Semakin tinggi suhu pada reaktor, maka semakin besar frekuensi interaksi antar mikroorganismenya yang selanjutnya menyebabkan makin bervariasinya mikroorganismenya. Lin et.al, 2017 menjelaskan bahwa saat suhu meningkat, interaksi antara metanogen hidrogenotropik dan bakteri hidrolitik akan meningkat. Hal ini akan berkontribusi dalam peningkatan produksi gas metan.

4.8 Analisis Kadar Biogas

Reaktor 1 yang berisi sampah buah dan air menghasilkan biogas sebanyak 0,26 liter; sedangkan Reaktor 2 yang berisi sampah buah, air, dan kotoran sapi menghasilkan 1,3 liter. Jumlah biogas yang dihasilkan reaktor 2 lebih banyak daripada reaktor 1 karena adanya penambahan bioaktivator. Meskipun sampah buah memiliki potensi dalam menghasilkan biogas karena kandungan bahan

organiknya yang tinggi, akan tetapi penambahan kotoran sapi terbukti efektif dalam meningkatkan produksi biogas. Hal ini dikarenakan kotoran sapi kaya akan karbon dan nitrogen, dua senyawa yang penting dalam produksi biogas, serta kandungan bakteri metanogen yang berperan langsung dalam mengonversi bahan organik menjadi biogas. Gupta, et.al., 2016 menyebutkan penambahan kotoran sapi berhasil meningkatkan produksi biogas karena kotoran sapi kaya akan bakteri metanogen di antaranya *Pseudomonas* sp. dan *Azobacter* sp. Sunarto, et.al., 2013 menjelaskan biogas dihasilkan dari asetat atau dari reduksi karbon dioksida oleh bakteri asetotropik dan hidrogenotropik dengan menggunakan hidrogen. Bakteri asetotropik metanogen mengubah asam asetat menjadi metana dan karbon dioksida, sedangkan bakteri hidrogenotropik metanogen mengubah hidrogen dan karbon dioksida menjadi metana dan air.

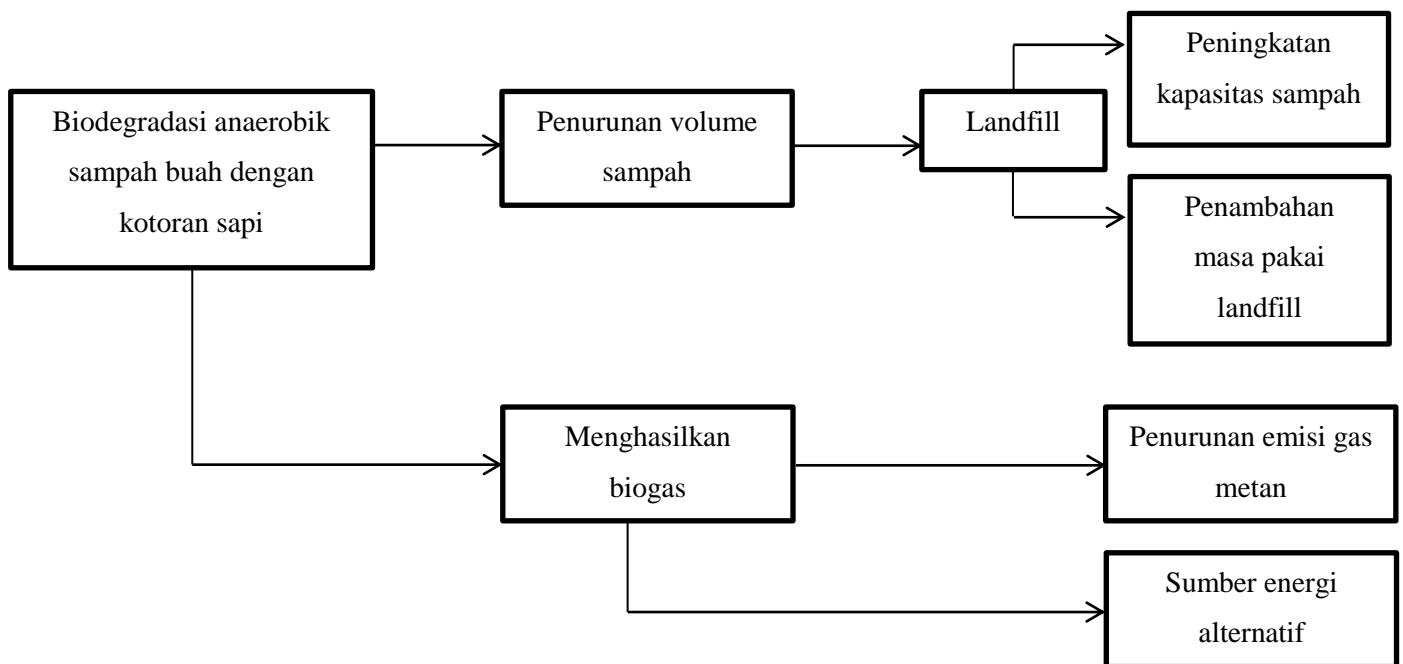
Bahan lain yang berfungsi untuk mempercepat proses biodegradasi adalah EM4 (*Effective Microorganism*). Meskipun sama-sama berfungsi mempercepat biodegradasi, terdapat perbedaan antara EM4 dan kotoran sapi. Pada EM4, mikroorganisme yang dikandungnya adalah *Lactobacillus* sp yang berperan dalam pemecahan senyawa organik kompleks menjadi sederhana. Artinya, EM4 mampu mempercepat proses hidrolisis dalam biodegradasi anaerobik. Sedangkan kotoran sapi mengandung mikroorganisme metanogen yang berperan dalam penguraian asam asetat menjadi biogas. Artinya, kotoran sapi dapat meningkatkan produksi biogas karena mikroorganisme yang dikandungnya berperan langsung dalam proses pembentukan biogasnya.

Pada percobaan lain yang dilakukan oleh Wang, et al (2018), 509 ml biogas/hari mampu dihasilkan dari campuran kotoran sapi dan campuran sampah buah dan sampah sayur (5%) sebanyak 1 liter Hasil penelitian tersebut menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis. Dua faktor yang sangat mempengaruhi produksi biogas di antaranya adalah pengadukan dan suhu. Reaktor dengan sistem pengadukan otomatis cenderung menghasilkan biogas yang lebih banyak. Selain itu, reaktor dengan rentang suhu termofilik (35°C - 60°C) telah terbukti memproduksi biogas lebih

banyak. Odedina, et. al., 2017 menjelaskan suhu termofilik akan membuat proses hidrolisis dan asidogenesis lebih efektif sehingga biogas yang dihasilkan juga lebih banyak.

4.9 Aplikasi Penelitian Terhadap Lingkungan

Dari penelitian ini, manfaat yang dapat diberikan pada lingkungan digambarkan pada skema berikut ini:



Gambar 4.9 Skema Aplikasi Penelitian Terhadap Lingkungan

1. Penurunan volume pada *landfill*

Dari hasil penelitian yang dilakukan, diketahui teknologi anaerobik dengan penambahan kotoran sapi mampu mempercepat proses biodegradasi. Oleh karena itu, teknologi biodegradasi secara anaerobik dengan penambahan kotoran sapi dapat dijadikan salah satu alternatif dalam penanganan sampah, terutama sampah buah. Pada *landfill*, proses biodegradasi terjadi secara alami namun berlangsung cukup lama sehingga berimbas pada menumpuknya sampah. Maka, dengan penambahan kotoran sapi pada sampah organik di *landfill*, proses biodegradasi dapat berlangsung lebih cepat. Hal ini berakibat pada menurunnya volume sampah di *landfill* juga dengan lebih cepat. Bila

volume sampah pada *landfill* menyusut dengan lebih cepat, maka volume sampah yang bisa ditampung *landfill* akan meningkat, serta usia *landfill* berpotensi lebih panjang dari yang seharusnya.

2. Penurunan emisi gas metan

Gas metan merupakan salah satu penyumbang terbesar gas rumah kaca yang juga berarti berperan dalam pemanasan global. Namun gas metan sendiri merupakan energi yang bisa dimanfaatkan. Oleh karena itu, biogas yang dihasilkan oleh proses biodegradasi anaerobik dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Implikasi jangka panjangnya adalah, biodegradasi anaerobik dengan penambahan kotoran sapi turut serta dalam upaya penurunan emisi gas metan.

3. Produksi energi alternatif terbarukan

Biodegradasi anaerobik menghasilkan biogas yang bisa dimanfaatkan untuk beberapa sektor, baik dari skala rumah tangga hingga nasional. Pada skala rumah tangga, biogas dapat dimanfaatkan sebagai sumber penerangan dan pengganti gas LPG (*Liquified Petroleum Gas*). Meskipun belum umum dilakukan di Indonesia, akan tetapi biogas memiliki potensi besar untuk menjadi energi alternatif bahan bakar kendaraan. Dengan menggunakan teknologi biodegradasi anaerobik pada *landfill*, maka volume biogas yang dihasilkan akan cukup banyak. Oleh karena itu, biogas dapat menjadi sumber energi terbarukan bagi masyarakat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Secara keseluruhan, proses biodegradasi dengan sampah buah yang ditambahkan dengan kotoran sapi berlangsung lebih cepat yang ditunjukkan oleh hasil pengujian COD, TOC, VS, dan TS.
2. Biogas yang dihasilkan oleh reaktor dengan campuran sampah buah dan kotoran sapi enam kali lebih banyak dari reaktor yang hanya memakai sampah buah. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan penambahan kotoran sapi dapat meningkatkan produksi biogas dari proses fermentasi anaerobik.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian adalah:

1. Reaktor yang digunakan sebaiknya memiliki volume lebih kecil dan transparan sehingga dapat dilakukan pengamatan dan pengukuran dengan lebih mudah.
2. Pada reaktor sebaiknya dibuat lubang sampling yang terjaga kerapatannya agar tutup reaktor tidak perlu dibuka sehingga berpotensi mengganggu proses anaerobik.
3. Untuk mendapatkan produksi biogas yang lebih maksimal, reaktor perlu dilengkapi dengan pengaduk.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, B.S & Ismail, N. (2012). **Anaerobic Digestion Of Cow Dung For Biogas Production.** *Journal of Engineering and Applied Sciences.* Vol 7. 169-172.
- Adijaya, Putri Harmin., Fahrudin., & Tambaru, Elis. (2014). **Pengaruh Bioaktivator Kotoran Sapi Pada Laju Dekomposisi Berbagai Jenis Sampah Daun di Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin.** *Jurnal Universitas Hasanuddin.*
- Alnakeeb, A., Najim, K., & Ahmed, A. (2017). **Anaerobic Digestion of Tomato Wastes from Groceries Leftovers: Effect of Moisture Content.** *International Journal of Current Engineering and Technology.* 1468-1470.
- Alamar, Priscila D., Caramês, Elem T.S., Poppi, Ronei J., Pallone, Juliana A.L. (2016). **Quality Evaluation Of Frozen Guava And Yellow Passion Fruit Pulps By NIR Spectroscopy And Chemometrics.** *Food Research International.* 209-214.
- Asquer, C., Pistis, A., & Scano, E. A. (2013). **Characterization of Fruit and Vegetable Wastes as A Single Substrate for Anaerobic Digestion.** *Environmental Engineering and Management Journal.* 89-92.
- Azkha, Nizwardi. (2006). **Analisis Timbulan, Komposisi, dan Karakteristik Sampah di Kota Padang.** *Jurnal Kesehatan Masyarakat.* Vol 1. 14-18.
- Baire, L. d. (2000). **Anaerobic Digestion of Solid Waste: State-Of-The-Art.** *Water Science Technology.* 283-290.

- BBTKL-PPM. (2010). **Laporan Situasi dan Kecenderungan Parameter Pencemaran Air Badan Air Serta Risiko Gangguan Kesehatan di Kali Surabaya Semester II.** Surabaya.
- Beevi, S., Jose, & Madhu, D. (2013). **Effect of Total Solid Concentration on Anaerobic Digestion of The Organic Fraction of Municipal Solid Waste.** *International Journal of Scientific and Research Publications*. Vol 3. 1-5.
- Buekens, A. (2005). **Energy Recovery from Residual Waste by Means of Anaerobic Digestion Technologies.** *The Future of Residual Waste Management in Europe.*
- Costa, Joaquim da & Sudarmanta, Bambang. (2009). **Optimasi Produksi Biogas Pada Anaerobic Digester Biogas Type Horizontal Berbahan Baku Kotoran Sapi dengan Pengaturan Suhu dan Pengadukan.** *Jurnal Institut Teknologi Sepuluh Nopember.*
- Demir, N.M., Coşkun, Tamer., & Debik, Eyüp. (2011). **The Effect of Distinct Operational Conditions on Organic Material Removal and Biogas Production in The Anaerobic Treatment Of Cattle Manure.** *World Renewable Energy Congress*. 8-13 May 2011. 56-63.
- Deressa, L., Libsu, S., Chavan, R., Manaye, D., & Dabassa, A. (2015). **Production of Biogas Fruit and Vegetable with Different Wastes.** *Environmental and Ecology Research*. Vol 3. 65-71.
- Deublein, Dieter & Steinhauser, Angelika (2008). **Biogas from Waste and Renewable Resources: an Introduction.** WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Djuarnani, Nan., Kristian., Setiawan, Budi Susilo. (2005). **Cara Cepat Membuat Kompos.** Agromedia Pustaka.

- Fersiz, S., & Veli, S. (2015). **Aerobic Decomposition of Food Waste with Different Ratios of Solids at Ambient Temperatures and Evaluation of CO₂ Emissions**. *J Mater Cycles Waste Manag.* 748-755.
- Fitriani, A. (2016). **Pengaruh Variasi Volume Rumen Sapi sebagai Bioaktivator Pembuatan Kompos dari Sampah Rumah Tangga**. Skripsi. Universitas Lampung.
- Gupta, K. K., Aneja, K. R., & Rana, D. (2016). **Current Status of Cow Dung as a Bioresource for Sustainable Development**. *Bioresources and Bioprocessing.* 1-11.
- Hamawand, I., & Baillie, C. (2015). **Anaerobic Digestion and Biogas Potential: Simulation of Lab and Industrial-Scale Processes**. *Energies.* 454-474.
- Haryati. (2006). **Biogas: Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif**. *Jurnal Wartazoa.* Vol 6. 160-169.
- Hermansson, Maria. (2012). **Evaluation of Anaerobic Digestion After Pre-Treatment of Wastewaters from Pulp and Paper Industry**. Skripsi. Royal Institute of Technology.
- Inpurwanto. (2012). **Produksi Biogas dari Limbah Peternakan Ayam dengan Penambahan Beban Organik dan Waktu Tinggal Hidraulik pada Biodigester Anaerobik Sistem Kontinyu**. Tesis. Universitas Sebelas Maret.
- Jenie, B.S & Rahayu, W.P. (1993). **Penanganan Limbah Industri Pangan**. Kanisius.
- Julius, T. (2013). **Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Metana Cair dari Sampah Organik dengan Kapasitas Sampah Organik 480.000 kg/hari**. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Khanal, S. K. (2008). **Anaerobic Biotechnology for Bioenergy Production**. Wiley-Blackwell.

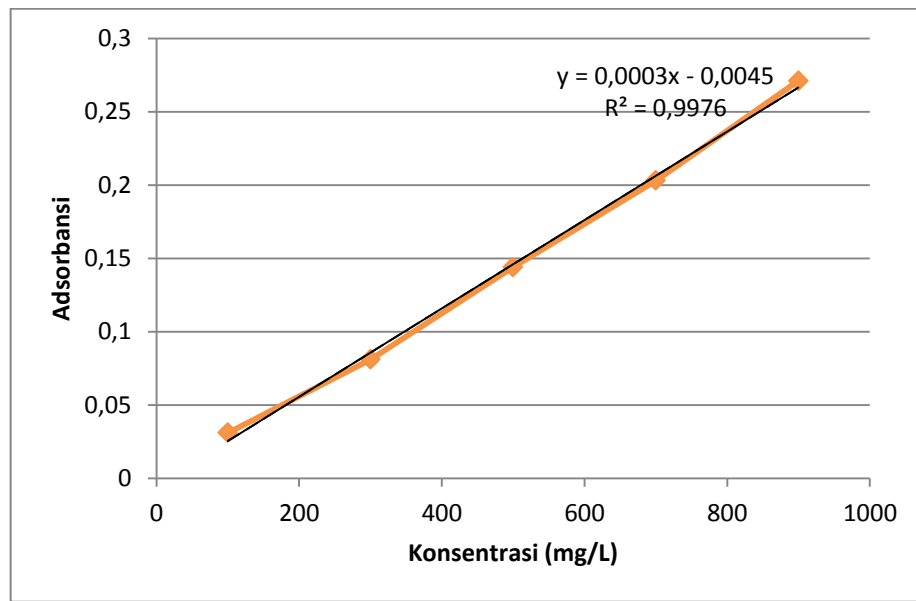
- Lide Chen, H. N. (2014). **Anaerobic Digestion Basic**. *Journal of University of Idaho*. 1-6.
- Lin, Q., Vrieze, J. D., Li, C., Li, J., Li, J., & Yao, M. (2017). **Temperature Regulates Deterministic Processes and The Succession Of Microbial Interactions in Anaerobic Digestion Process**. *Water Research*. 134-143.
- Lopes, Wilton Silva., Leite, Valderi Duarte., Prasad, Shiva. (2004). **Influence of Inoculum on Performance of Anaerobic Reactors for Treating Municipal Solid Waste**. *Bioresource Technology*. Vol 94. 261-266
- Moral, R., Moreno-Caselles, J., Perez-Murcia, M.D., Perez-Espinosa, A., Rufete, B., Paredes, C. (2004). **Characteristisation of The Organic Matter Pool in Manures**. *Biosource Technology*. 153-158.
- Moukakis, I., Pellerá, F.-M., & Gidakos, E. (2017). **Slaughterhouse by-Products Treatment using Anaerobic Digestion**. *Waste Management*. 652-662.
- Mustami, R., Ainun, S., & Hartati, E. (2015). **Karakteristik Substrat dalam Proses Anaerob Menggunakan Biodegester**. *Jurnal Reka Lingkungan*. 1-12.
- Nelson, D. L. (2004). **Lehninger: Principles Of Biochemistry 4th edition**. Worth Publishers Inc.
- Ni'mah, L. (2014). **Biogas From Solid Waste of Tofu Production And Cow Manure Mixture: Composition Effect**. *Chemica*. Vol. 1. 1-9.
- Odedina, M.J., Charnnok, B., Saritpongteeraka, K., Chaiprapat, S. (2017). **Effects of Size and Thermophilic Pre-Hydrolysis of Banana Peel During Anaerobic Digestion, and Biomethanation Potential of Key Tropical Fruit Wastes**. *Waste Management*. Vol 68.
- Ofoefule, A.U., Uzodinma, E.O., & Onokwuli, O.D. (2009). **Comparative Study of The Effect Of Different Pretreatment Methods on Biogas Yield**

- From Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *International Journal of Physical Sciences*. Vol. 4. 535-539.**
- Pavan, P., Battistoni, P., & Alvarez, M. (2000). **Performance of Thermophilic Semi-Dry Anaerobic Digestion Process Changing The Feed Biodegradability.** *Water Science Technology*. 75-81.
- Pohland, F.G & Malina, J.F. (1992). **Design of Anaerobic Process for The Treatment of Industrial and Municipal Waste.** Technomic Publishing Co.
- Rahman, A. (1999). **Kamus dan Istilah Asing "Teknik Penyehatan dan Lingkungan".** Universitas Trisakti.
- Ratnaningsih, Widyatmoko, & Yananto. (2009). **Potensi Pembentukan Biogas pada Proses Biodegradasi Campuran Sampah Organik Segar dan Kotoran Sapi dalam Batch Reaktor Anaerob.** *Jurnal Teknologi Lingkungan*. Vol 5. 20-26.
- Ren, Yuanyuan., Yu, Miao., Wu, Chuanfu., Wang, Qunhui., Gao, Ming., Huang, Qiqi., & Lui, Yu. (2017). **A Comprehensive Review on Food Waste Anaerobic Digestion: Research.** *Bioresource Technology*. Vol 247. 1069-1076.
- Sjafruddin, R. (2011). **Produksi Biogas dari Substrat Campuran Sampah Buah Menggunakan Starter Kotoran Sapi.** *Media Perspektif*. Vol 11. 62-67.
- Sunarto, Pangastuti, A., & Mahajoeno, E. (2013). **Karakteristik Metanogen Selama Proses Fermentasi Anaerob Biomassa Limbah Makanan.** *Jurnal Ekosains*. Vol 5. 44-58.
- Suparman, Maman & Supiati. (2004). **Analisis Mineral Pada Proses Dekomposisi Feses Sapi dengan Menggunakan Probiotik.** *Prosiding Temu Teknis Nasional Tenaga Fungsional Pertanian*. 43-50.

- Tchobanoglous. (1993). **Integrated Solid Waste Management Engineering**. McGraw Hill Inc.
- Uchoa-Thomaz, Athayde, Ana Maria., Sousa, Eldina Castro., Carioca., Beserra José Osvaldo. (2014). **Chemical Composition, Fatty Acid Profile and Bioactive Compounds of Guava Seeds (*Psidium guajava* L.)**. *Food Science and Technology*. 485-492.
- Wang, X., Li, Z., Bai, X., Zhou, X., Cheng, S., Gao, R., et al. (2018). **Study on Improving Anaerobic Co-Digestion of Cow Manure and Corn Straw by Fruit and Vegetable Waste: Methane Production and Microbial Community in CSTR Process**. *Bioresource Technology*. 290-297.
- Zhang B, H. Z. (2005). **Anaerobic Digestion of Kitchen Wastes in A Single-Phased Anaerobic Sequencing Batch Reactor (ASBR) with Gas-Pushed Adsorb of CO₂**. *Journal of Environmental Science*. 259-255.

LAMPIRAN

1. Kurva Kalibrasi COD dan Contoh Perhitungan



Diketahui: $y = 0,0003x - 0,0045$

Adsorbansi (y) = 0,193 A

A = 0,0045

B = 0,0003

Faktor pengenceran = 50

Dicari: Kadar COD (x)

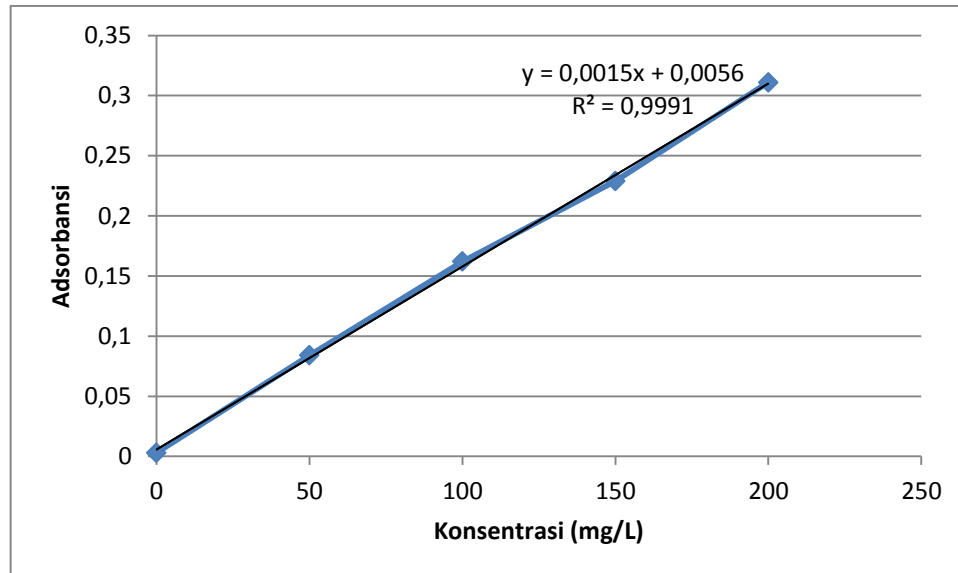
Penyelesaian:

$$y = bx + a$$

$$x = \frac{y + a}{b} = \frac{0,193 + 0,0045}{0,0003} = 658,3 \text{ mg/L}$$

$$\text{Kadar COD} = 658,3 \text{ mg/L} \times 50 = 32916,7 \text{ mg/L}$$

2. Kurva Kalibrasi TOC dan Contoh Perhitungan



Diketahui:

$$y = 0,0015x - 0,0056$$

$$\text{Adsorbansi (y)} = 0,108 \text{ A}$$

$$A = 0,0056$$

$$B = 0,0015$$

Dicari: Kadar TOC (x)

Penyelesaian:

$$y = bx + a$$

$$x = \frac{y + a}{b} = \frac{0,108 + 0,0056}{0,0015} = 67,014 \text{ mg/L}$$

$$\text{Kadar TOC} = 67,014 \text{ mg/L}$$

3. Contoh Perhitungan Kadar Air

Diketahui:

- Berat cawan kosong = 48,792 gram
- Berat cawan isi = 98,858 gram
- Berat cawan isi 105°C = 53,5 gram

Maka, kadar airnya adalah:

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air} &= \frac{\text{Berat cawan isi} - \text{Berat cawan isi } 105^{\circ}\text{C}}{\text{Berat cawan isi} - \text{Berat cawan kosong}} \times 100\% \\ &= \frac{98,858\text{gr} - 53,5\text{gr}}{98,858\text{gr} - 48,792\text{gr}} \times 100\% = 90,6\% \end{aligned}$$

4. Contoh Perhitungan Kadar *Total Solid*

Kadar TS dari perhitungan di atas adalah = $100\% - 90,6\% = 9,4\%$

5. Contoh Perhitungan Kadar *Volatile Solid*

Diketahui:

- Berat cawan kosong = 48,792 gram
- Berat cawan isi = 53,5 gram
- Berat cawan isi 600°C = 49,016 gram

Maka, kadar VS yang diperoleh adalah:

$$\begin{aligned} \text{Kadar VS} &= \frac{\text{Berat cawan isi} - \text{Berat cawan isi } 600^{\circ}\text{C}}{\text{Berat cawan isi} - \text{Berat cawan kosong}} \times 100\% \\ &= \frac{53,5\text{gr} - 49,016\text{gr}}{53,5\text{gr} - 48,792\text{gr}} \times 100\% = 95,2\% \end{aligned}$$

6. Perhitungan Biogas

Diketahui:

- Massa biogas Reaktor 1 = 0,288 gram
- Suhu rata-rata pada Reaktor 1 = $28^{\circ}\text{C} + 273 = 301\text{ K}$
- Massa biogas Reaktor 2 = 1,409 gram
- Suhu rata-rata pada Reaktor 2 = $301,2\text{ K}$
- Tekanan = 1 atm

Rumus:

$$PV = nRT$$

Keterangan:

P = Tekanan (atm)

V = Volume (L)

n = Mol zat

$$R = 0,0082$$

T = Suhu (°K)

Mol zat pada Reaktor 1 dengan asumsi kadar gas metana 60% adalah:

$$- 60\% \times 0,288 \text{ gr CH}_4 = \frac{0,1728 \text{ gr}}{16 \text{ mol}} = 0,0108$$

Volume biogas pada Reaktor 1:

$$PV = NRT$$

$$V = \frac{NRT}{P} = \frac{0,0108 \times 0,082 \times 301}{1} = 0,26 \text{ liter}$$

Mol zat pada Reaktor 2 dengan asumsi kadar gas metana 60% adalah:

$$- 60\% \times 0,1409 \text{ gr CH}_4 = \frac{0,8454 \text{ gr}}{16 \text{ mol}} = 0,0528$$

Volume biogas pada Reaktor 2:

$$PV = NRT$$

$$V = \frac{NRT}{P} = \frac{0,0528 \times 0,082 \times 301,2}{1} = 1,3 \text{ liter}$$

$$- 0,0528 \text{ mol CH}_4 \times 22,4 \text{ liter} = 1,3 \text{ liter}$$

Maka, volume gas metan dari Reaktor 2 adalah 1,3 liter.

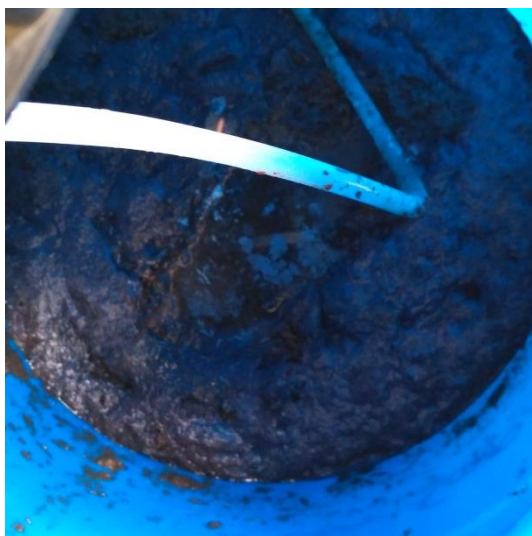
7. Dokumentasi



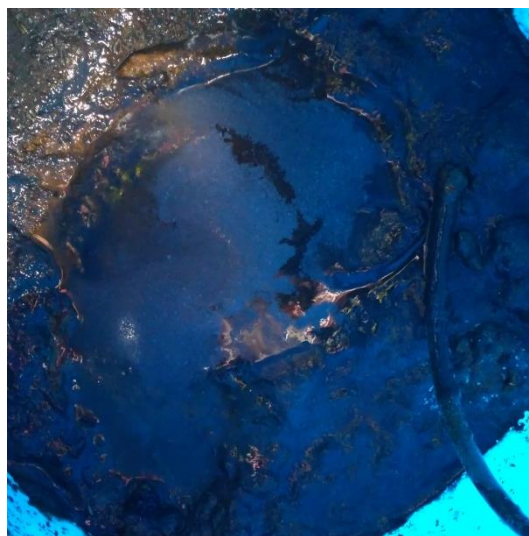
4 kg campuran sampah buah yang terdiri dari buah mangga, alpukat, dan jambu biji. Campuran sampah buah ini berusia satu hari.



Campuran sampah buah setelah diblender dan dicampur dengan 4 liter air. Campuran sampah buah kemudian dimasukkan ke dalam reaktor



Kondisi campuran dalam Reaktor hari ke-5. Campuran tampak dipenuhi oleh padatan.



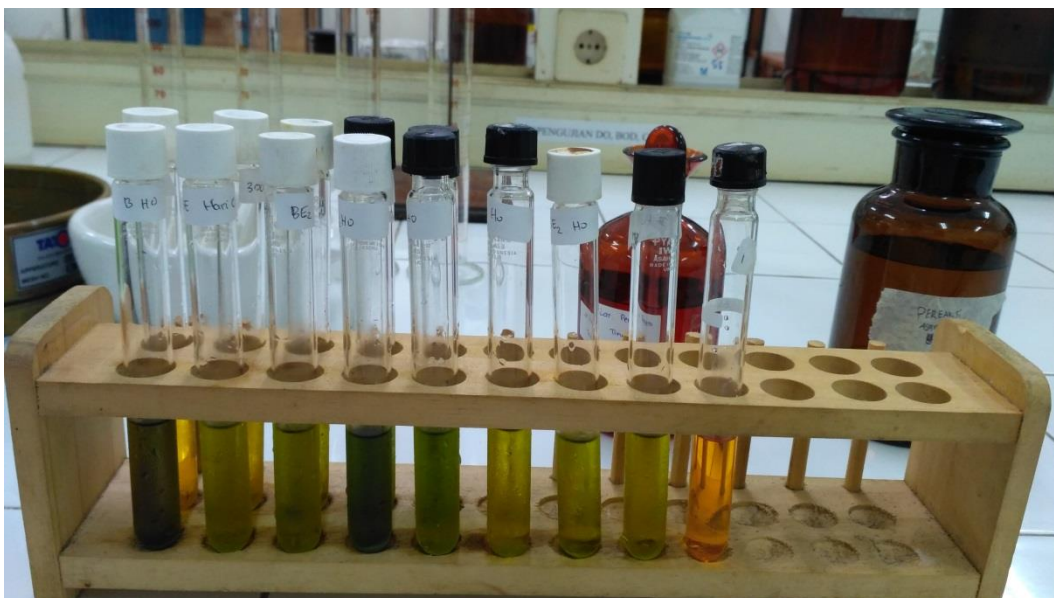
Kondisi campuran dalam Reaktor hari ke-10. Campuran mulai diisi oleh cairan namun belum merata.



Kondisi campuran dalam reaktor hari ke-15. Pada rentang waktu ini, campuran memiliki kadar air yang cukup.



Kondisi campuran dalam reaktor hari ke-20. Pada rentang waktu ini, kadar air semakin meningkat.



Pengujian Kadar COD metode spektrofotometri refluks tertutup. Warna sampel pada tabung refluks merepresentasikan kadar COD yang dikandung. Warna hijau pekat menandakan sampel memiliki kadar COD yang tinggi.



Sampel yang sudah dikeringkan kemudian digerus hingga halus untuk proses pengujian kadar TOC.



Untuk menguji kadar VS dalam sampel, sampel dimasukkan ke dalam furnace 600°C selama 2 jam.



Reaktor anaerobik sampah buah tanpa penambahan kotoran sapi, terbuat dari material HDPE.