

**PRODUKSI BIOGAS DARI *CO-DIGESTION* ANAEROBIK KOTORAN
SAPI DENGAN LIMBAH DAPUR DAN ECENG GONDOK**

TUGAS AKHIR TERJEMAHAN ARTIKEL JURNAL ILMIAH

Diajukan oleh:

ZAKIRUL FUAD

NIM. 140702033

Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Sains dan Teknologi



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2020 M / 1442 H**

LEMBAR PERSETUJUAN

PRODUKSI BIOGAS DARI *CO-DIGESTION* ANAEROBIK KOTORAN SAPI DENGAN LIMBAH DAPUR DAN ECENG GONDOK

TUGAS AKHIR TERJEMAHAN ARTIKEL JURNAL ILMIAH

Sesuai dengan keputusan Rektor Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh Nomor 14 Tahun 2020 tentang pedoman pelaksanaan penyelesaian Tugas Akhir Mahasiswa Srtata Satu (S-1) Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh pada masa Tanggap Darurat Corona Virus Disease 2019 (Covid-19)

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Diajukan oleh

**ZAKIRUL FUAD
NIM. 140702033**

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I,

(Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc)
NIDN. 2013128901

Pembimbing II,

(Adian Arisfitri Anas, M.Sc)
NIDN. 2022108701

LEMBAR PENGESAHAN

PRODUKSI BIOGAS DARI *CO-DIGESTION* ANAEROBIK KOTORAN SAPI DENGAN LIMBAH DAPUR DAN ECENG GONDOK

TUGAS AKHIR TERJEMAHAN ARTIKEL JURNAL ILMIAH

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Rabu, 26 Agustus 2020
7 Muharam 1442

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir Terjemahan Artikel Jurnal Ilmiah

Ketua,

Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.
NIDN. 2013128901

Sekretaris

Adian Aristia Anas, M.Sc.
NIDN. 2022108701

Penguji I,

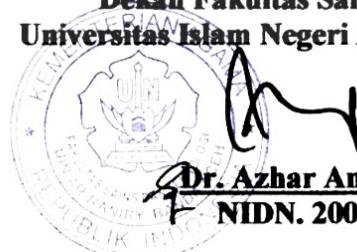
Aulia Rohendi, M.Sc.
NIDN. 2010048202

Penguji II,

T. Muhammad Ashari, M.Sc.
NIDN. 2002028301

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



Dr. Azhar Amsal, M.Pd. k
NIDN. 2001066802

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR TERJEMAHAN ARTIKEL JURNAL ILMIAH

Nama : Zakirul Fuad
NIM : 140702033
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry
Banda Aceh
Judul Artikel : *Biogas Production from Anaerobic Co-Digestion of Cow Manure with kitchen Waste and Water Hyacinth*
Judul Terjemahan : Produksi Biogas dari *Co-Digestion Anaerobik* Kotoran Sapi dengan Limbah Dapur dan Eceng Gondok

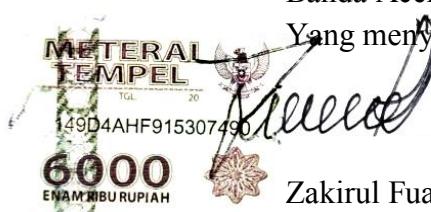
Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam penulisan Terjemahan Artikel Jurnal Ilmiah ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

Bila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 26 Agustus 2020

Yang menyatakan,



Zakirul Fuad

KATA PENGANTAR



Dengan mengucapkan Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahman dan rahim-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir pengganti Skripsi yaitu menerjemah Jurnal Renewable Energy dengan judul Artikel Ilmiah “Biogas Production from Anaerobic *Co-digestion* of Cow Manure with Kitchen Waste and Water Hyacinth”. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana pada Program Studi Strata-1 Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Perjalanan panjang telah penulis tempuh dalam rangka menyelesaikan Tugas Akhir ini, penyelesaian Skripsi mengalami kendala karena pandemi Virus Corona atau Covid-19. Namun berdasarkan keputusan Rektor UIN Ar-Raniry No. 14 Tahun 2020 tentang pedoman pelaksanaan penyelesaian Tugas Akhir mahasiswa Strata satu (S-1) Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh pada masa tanggap darurat Covid-19. Maka penulis mengambil pilihan untuk menerjemahkan Artikel Ilmiah.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini penulis menerima banyak sekali bantuan, dukungan, kritik, saran dan doa, sehingga Tugas Akhir ini berhasil diselesaikan. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati, pada kesempatan ini patutlah kiranya penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, beserta sanak saudara yang senantiasa memberikan doa dan dukungan selama penyelesaian Tugas Akhir.
2. Dr. Abdullah Mujahid Hamdan, M.Sc. Selaku Pembimbing I, yang telah berkenan memberikan tambahan ilmu serta solusi pada setiap kesulitan dalam penulisan Tugas Akhir.
3. Bapak Adian Aristia Anas, M.Sc Selaku Pembimbing II, yang telah berkenan memberikan tambahan ilmu serta solusi pada setiap permasalahan Tugas Akhir.

4. Ibu Dr. Eng. Nur Aida, M.Si. Selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
5. Ibu Yeggi Darnas, S.T. M.T. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
6. Seluruh Dosen Prodi Teknik Lingkungan yang telah memberikan dan membagi ilmunya kepada penulis.
7. Teman-teman seperjuangan di Teknik Lingkungan yang selalu memberikan dorongan semangat serta motivasi.

Akhir kata penulis berharap Allah SWT membala segala kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan limpahan berkah dan rahmat-Nya. Semoga penulisan ini bermanfaat untuk pengembangan keilmuan dan pengetahuan di masa depan.

Banda Aceh, 15 Agustus 2020
Penulis

Zakirul Fuad

A R - R A N I R Y

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR NOTASI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I ARTIKEL ASLI: <i>Biogas Production from Anaerobic Co-Digestion Of Cow Manure with kitchen Waste and Water Hyacinth.....</i>	1
 1. Introduction	2
 2. Materials and Methods	3
2.1. Benefits of Selecting Waste Materialsin Consideration	3
2.1.1. Cow Manure.....	3
2.1.2. Sewage Sludge	4
2.1.3. Kitchen Waste	4
2.1.4. Water Hyacinth	4
2.2. Sources of Raw Materials.....	4
2.3. Waste Processing.....	5
2.4. Experimental Setup.....	5
2.5. Lab-Scale Experiment	6
2.6. Pilot Scale	7
 3. Result and Discussion.....	8
3.1. Composition of Kitchen Waste.....	8
3.2. Biogas Production from KW & CM.....	9
3.3. Biogas Production from Co-Digestion of KW with SS.....	9
3.4. Comparison between KW þ CM & CM þ SS	9
3.5. Biogas Production from KW þ CM	11
3.6. Biogas Production from WH, CM & SS	11
3.7. Comparison of Biogas Production from KW þ CM & WH þ CM þ SS for 254 h	12
3.8. Total Biogas Production after 254 h.....	13
3.9. Biodegradability	13
3.10. Composition Analysis of Produced Gas	14
 Conclusions	15
 Acknowledgement	15
 References	16
BAB II TERJEMAHAN ARTIKEL: Produksi Biogas dari <i>Co-Digestion</i> Anaerobik Kotoran Sapi dengan Limbah Dapur dan Eceng Gondok	18
 1. Pendahuluan	19
 2. Bahan dan Metode	20

2.1. Manfaat Pemilihan Bahan Limbah Sebagai Pertimbangan	20
2.1.1. Kotoran Sapi (KS).....	20
2.1.2. Limbah Lumpur (LL).....	21
2.1.3. Limbah Dapur (LD)	21
2.1.4. Eceng Gondok (EG).....	21
2.2. Sumber Bahan Baku	22
2.3. Pengolahan Limbah	22
2.4. Persiapan Eksperimen.....	22
2.5. Eksperimen Skala Laboratorium	23
3. Skala Pilot	24
4. Hasil dan Pembahasan.....	25
4.1.Komposisi Limbah	25
4.2.Produksi Biogas dari LD (Limbah Dapur) & KS (Kotoran Sapi) ...	26
4.3.Produksi Biogas dari <i>Co-Digestion</i> (pencernaan) LD (Limbah Dapur) dengan LL (Limbah Lumpur)	26
4.4.Perbandingan antara LD (Limbah Dapur) þ KS (Kotoran Sapi) & KS (Kotoran Sapi) þ LL (Limbah Lumpur)	26
4.5.Produksi Biogas dari LD (Limbah Dapur) þ KS (Kotoran Sapi)	28
4.6.Produksi Biogas dari EG (Eceng Gondok), KS (Kotoran Sapi) & LL (Limbah Lumpur)	28
4.7.Perbandingan Produksi Biogas dari LD (Limbah Dapur) þ KS (Kotoran Sapi) & EG (Eceng Gondok) þ KS (Kotoran Sapi) þ LL (Limbah Lumpur) Selama 254 Jam	29
4.8. Total Produksi Biogas Setelah 254 Jam	30
4.9.Biodegradasi	31
3.10.Analisis Komposisi Gas yang dihasilkan	31
Kesimpulan	33
Ucapan Terima Kasih	33
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	34
3.1.Data Jurnal dan Data Artikel	34
3.2. <i>State Of The Art</i>	35
3.3. Kelebihan/Keunggulan dari Penelitian.....	38
3.4.Kekurangan/Keterbatasan dari Penelitian	38
3.5.Dampak Penelitian.....	38
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN.....	39
Kesimpulan	39
Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	40

DAFTAR NOTASI

CM : Cow Manure

SS : Sewage Sludge

KW : Kitchen Waste

WH : Water Hyacinth

KS : Kotoran Sapi

LL : Limbah Lumpur

LD : Limbah Dapur

EG : Eceng Gondok



DAFTAR GAMBAR

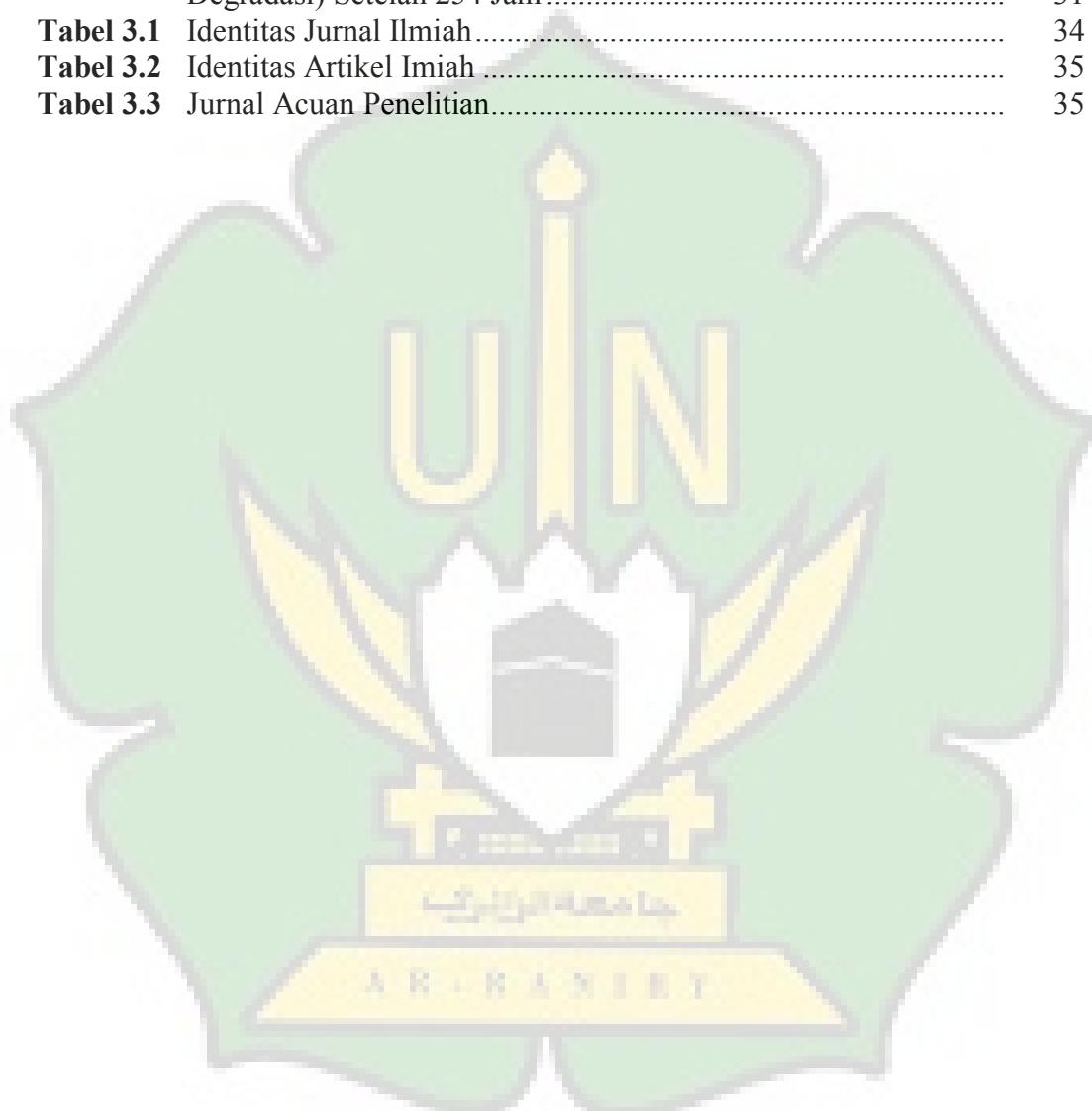
Fig. 1	Raw Materials (i) Cow Manure (ii) Sewage Sludge (iii) Kitchen Waste (iv) Water Hyacinth	5
Fig. 2	Hopper for Mashing	5
Fig. 3	Schematic Diagram of the Lab-Scale Experimental Set-up [6]	6
Fig. 4	Laboratory Scale Experiments	7
Fig. 5	A Portable Biogas Digester Set up	8
Fig. 6	Composition of Kitchen Waste	8
Fig. 7	Gas Production from KW þ CM for 10 days in Loading Rate of 200 gm/L	9
Fig. 8	Gas Production from KW þ SS for 10 days in Loading Rate of 200 gm/L	10
Fig. 9	Comparison of Gas Production for KW þ CM & KW þ SS in Loading Rate of 200 gm/L	10
Fig. 10	Gas Production from KW (Kitchen Waste) CM (Cow Manure) at a Loading Rate of 100 gm / L	11
Fig. 11	Gas Production from WH þ CM þ SS in Loading Rate of 100 gm/L	12
Fig. 12	Biogas Production (ml) vs Time (hour) Curve for KW þ CM & WH þ CM þ SS.....	12
Fig. 13	Comparison of Biogas Production of KW & CM and WH, CM & Sewage Sludge	13
Fig. 14	Composition of Biogas Produced from KW & CM	14
Fig. 15	Composition of Biogas Produced from WH, CM & SS.....	14
Gambar 1	Bahan Baku (i) Kotoran Sapi (ii) Limbah Lumpur (iii) Limbah Dapur (iv) Eceng Gondok	22
Gambar 2	Hopper untuk Menumbuk.....	22
Gambar 3	Diagram Skematis Set-up Eksperimental Skala Laboratorium [6].	23
Gambar 4	Eksperimen Skala Laboratorium	24
Gambar 5	Pemasangan <i>Digester</i> Biogas Portabel.....	25
Gambar 6	Komposisi Limbah Dapur	25
Gambar 7	Produksi Gas dari LD (Limbah Dapur) þ KS (Kotoran Sapi) Selama 10 hari dengan Loading Rate 200 gm / L	26
Gambar 8	Produksi Gas dari LD (Limbah Dapur) þ LL (Limbah Lumpur) Selama 10 hari dengan Loading Rate 200 gm / L	27
Gambar 9	Perbandingan Produksi Gas untuk LD (Limbah Dapur) þ KS (Kotoran Sapi) & LD (Limbah Dapur) þ LL (Limbah Lumpur) pada Loading Rate 200 gm / L	27
Gambar 10	Produksi Gas dari LD (Limbah Dapur) KS (Kotoran Sapi) dalam Laju Pembebanan 100 gm / L	28
Gambar 11	Produksi Gas dari EG (Eceng Gondok) þ KS (Kotoran Sapi) þ LL (Limbah Lumpur) dengan Loading Rate 100 gm / L	29

Gambar 12	Produksi Biogas (mL) vs. Kurva Waktu (Jam) untuk LD (Limbah Dapur) þ KS (Kotoran Sapi) & EG (Eceng Gondok) þ KS (Kotoran Sapi) þ LL (Limbah Lumpur).	30
Gambar 13	Perbandingan Produksi Biogas dari LD & KS dan EG, KS & Limbah Lumpur.....	30
Gambar 14	Komposisi Biogas yang dihasilkan dari LD (Limbah Dapur) & KS (Kotoran Sapi).	31
Gambar 15	Komposisi Biogas yang dihasilkan dari EG (Eceng Gondok), KS (Kotoran Sapi) & LL (Limbah Lumpur).	32



DAFTAR TABEL

Table 1.1	Data Table for Biogas Production per gram of Biomass (Degradation Rate) after 254 Hours	13
Tabel 2.1	Tabel Data untuk Produksi Biogas per gram Biomassa (Laju Degradasi) Setelah 254 Jam	31
Tabel 3.1	Identitas Jurnal Ilmiah.....	34
Tabel 3.2	Identitas Artikel Ilmiah	35
Tabel 3.3	Jurnal Acuan Penelitian.....	35



BAB I
ARTIKEL ASLI

**Biogas Production from Anaerobic *Co-Digestion* Cow Manure with
Kitchen Waste and Water Hyacinth**

Farzana Tasnim*, Dr. Salma A. Iqbal, Aminur Rashid Chowdhury

Department of Chemical Engineering and Polymer Science, Shahjalal University of Science and Technology, Sylhet, 3114, Bangladesh

ABSTRACT

The prime objective of this paper was to analyze and compare biogas production from various sources of waste material. The Renewable Energy Policy envisions that 5% of total energy production needs to be achieved by 2015 and 10% by 2020. This work focuses on the comparative study of the production of biogas through anaerobic *co-digestion* utilizing abandoned resources of biomass. Materials under study were Cow Manure, Sewage Sludge, Kitchen Waste & Water Hyacinth. Experiments were conducted under mesophilic condition (37°C) with 1.5 wt% NaOH to obtain the desirable pH. The loading ratio of each batch was maintained as 1:1 on both experiments. Kitchen Waste and Cow Manure showed promising results till about the 120th hour following plummeting production of biogas. Total production for 1 L batch of Water Hyacinth, Cow Manure & Sewage Sludge was 812 ml with 65% Methane, 14% CO and 21% other gases obtained after 800 h, while Kitchen Waste & Cow Manure provided 335 ml consisting of 60% Methane, 18% CO & 22% other gases within the same time frame. Results indicated that addition of Sewage Sludge with the widely used Cow Manure can lead to accelerated reaction, increased production and an improved methane content.

Keywords: Bio-gas Anaerobic *Co-Digestion*, Renewable Energy, Bioreactor Waste minimization.

1. Introduction

The exploration of alternative energy sources is associated with several urgent issues including the energy independence, fluctuation of petroleum fuel costs, the threat of climate change and foreseen depletion of non-renewable fuel sources [1]. These resources are declining very fast in densely populated areas where people have no access to alternative modern energy sources [2]. There are renewable sources, including wood, plants, dung, falling water, geothermal sources, solar, tidal, the wind, and wave energy, as well as human and animal muscle-power. But each has its own economic, health, and environmental costs, benefits, and risks - factors that interact strongly with other governmental and global priorities. Choices must be made, but in the certain knowledge that choosing an energy strategy means choosing an environmental strategy [3]. Renewable energy is often thought of as the next great technology that will one day replace mankind's dependency on fossil fuels. Development of Renewable Energy is of the important strategies adopted as part of Fuel Diversification Program in Bangladesh.

With a total population of 120 million and a density of 755 per square km, Bangladesh is one of the most densely populated countries in the world. 81 percent of the people are living in the rural zone and the remaining 19 percent in the urban areas [4]. As an agriculture based country, Bangladesh has developed plenty of biomass which has been used for extracting energy either through direct burning or from the production of biogas. Almost 80% of the population in our country is highly dependent on agriculture [5]. During winter seasons, huge amounts of vegetables are cultivated in our country which can be a potential source of Kitchen waste. Due to lack of efficient transportation and preservation, huge amounts of vegetables are wasted, which could be a source of biogas [6]. Due to urbanization, many solid wastes are generated and their effective disposal is a matter of concern. On the other hand, owing to its organic composition, these wastes have a great potential for biogas extraction. Although

rural areas are a major source of Cow Manure for biogas production, there is also plenty of biomass in urban regions which can be effectively utilized.

The first Biogas plant was installed in Bangladesh at Bangladesh Agriculture University (BAU) in 1972. Bangladesh Council of Scientific and Industrial Research and Integrated Rural Development Program (IFRD) established a floating dome biogas plant in 1976, which was very costly. To reduce the cost, they developed another floating type dome biogas plant in 1981. After conducting a search during 1990-91, fixed dome biogas model was considered more economical and durable compared to floating dome. From then onwards, fixed dome model began its journey throughout the country. The IFRD in collaboration with Dhaka City Corporation built an experimental Biogas Plant of 85 cubic meter digester volume in 1992 at Dholpur for the treatment of city garbage [7]. So far, the total number of biogas plants installed in Bangladesh is around 7000 [8].

Considering the scope of biogas production in Bangladesh, this work was conducted to investigate the production potentials of a combination of different sources of waste material. The principal goal of the research was to analyze the biogas production scenarios from these combinations and extract valuable information from inter-comparison.

2. Materials and Methods

2.1. Benefits Of Selecting Waste Materials In Consideration

2.1.1. Cow Manure

Open dumping of Cow Manure can emit unpleasant odors, harmful air pollutants, and greenhouse gases; including ammonia, VOC, hydrogen sulfide and particulate matter, many of which can cause health problems in humans [9]. Besides polluting the air, ammonia emissions from manure can contaminate ground water and lead to eutrophication of the soil [10]. Manure also emits methane and nitrous oxide, two potent greenhouse gases [11].

2.1.2. Sewage Sludge

Sewage Sludge can negatively impact the environment and human health. However, it cannot be denied that treatment of sludge is expensive. On the other hand, it is organizationally, technically, and economically very tough to prevent or strongly reduce the amount of municipal wastewater. Also, the presence of toxic pollutants in municipal wastewater cannot be avoided because a large part of these toxics originates from diffuse sources. The amount of nitrogen-containing components in the sludge is small compared to a number of these components present in wastewater. Anaerobic digestion is used to stabilize the Sewage Sludge and convert part of the volatile compounds into biogas. The biogas can be applied as an energy source either at the wastewater treatment plant itself or elsewhere [12].

2.1.3. Kitchen Waste

Utilization of Kitchen Waste helps to reduce landfilling cost, energy cost, carbon emission and negative consequences of the current disposal system. It also improves public image. The effluents can be used as an organic fertilizer as well [13].

2.1.4. Water Hyacinth

The biomass of Water Hyacinth is used rather than disposed of as a waste. Furthermore, the emission of landfill gas is avoided [14].

2.2. Sources Of Raw Materials

Wet Cow Manure (CM) was collected from the village nearby our university campus and Sewage Sludge (SS) was collected from the sewage system of the university. Water Hyacinth (WH) was collected from the university Masjid Pond and only the stem of WH was used. Kitchen Waste (KW) was collected from different dormitories of Shahjalal University of Science & Technology (SUST) and Surma residential area, Sylhet, Bangladesh (see Fig. 1).



Fig .1. Raw materials (i) Cow Manure (ii) Sewage Sludge (iii) Kitchen Waste (iv) Water Hyacinthh

2.3. Waste Processing

After removing the bones, plastic bags, metals and inorganic residues, Kitchen Waste and Water Hyacinth were cut into small sizes for efficient biogas production [15]. Later these were mashed into a paste by using a hopper (see Fig. 2).



Fig. 2. Hopper for Mashing.

2.4. Experimental Setup

A simple lab-scale experiment was fabricated using digesters. Each digester was made of glass. The volume of the digesters was 1 L each. CM with KW and normal water and CM with Water Hyacinth and Sewage Sludge were fed into a 1 L batch reactor. Both were loaded in a 1:1 ratio and with a loading rate of 100

gm/L. Sewage Sludge was added with Water Hyacinth instead of normal water. 1.5% NaOH was added in both digesters.

In this study, the volume of the gas produced was measured by water displacement method which considers that the volume of the generated gas equals that of the expelled water in the water collector. Each digester was connected to water chambers (plastic bottles) by means of a plastic pipe (gas pipe) that conveyed the produced gas into the water chamber. Another plastic pipe (water pipe) was used to take the displaced water from the water chamber to the water collector which was sealed by an M-seal. Both ends of the gas pipe were inserted up to the topmost portion of the digester and water chamber. On the other hand, the water pipe was sub-merged in the water chamber and placed at the top of the water collector (see Fig. 3).

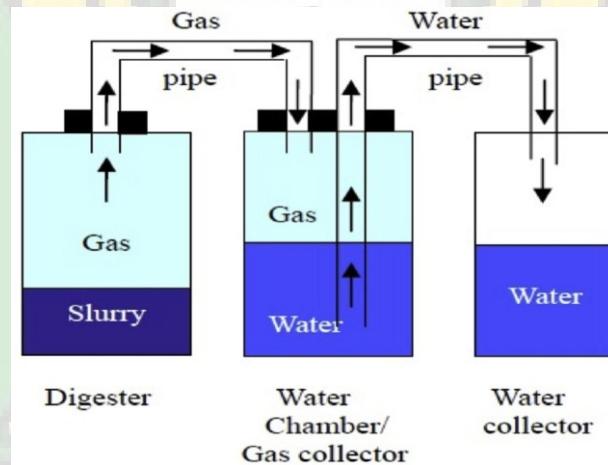


Fig. 3. Schematic diagram of the lab-scale experimental set-up [6]

2.5. Lab-scale Experiment

Water Hyacinth was loaded with SS and CM. SS acted as a seed for the microbial organism [16]. 50 gm CM was loaded with 500 ml SS and 50 gm of WH. 1.5% NaOH was added. Again, 50 gm KW was charged with 50 gm of CM

with 500 ml water and 50 gm KW was loaded with 500 ml SS separately. As the reaction proceeded and acidity increased, 1.5% NaOH on wet matter basis of



loaded organic materials was used to boost up the digestion reaction by suppressing acidity. The pH was maintained at 7 so that the bacteria does not die in the acidic condition. This whole process was conducted during summer so the average temperature was at the required 37 °C level. All of the experiments were done in a period of 6 months (see Fig. 4).

Fig. 4. Laboratory scale experiments

2.6. Pilot Scale

After performing multiple lab-scale experiments, we constructed two portable biogas reactors for a pilot-scale experiment. The total amount of water used was 30 L and 3 kg of Water Hyacinth along with 3 kg CM were added in the reactor. 30 L of Sewage Sludge was loaded. The volume of each reactor was about 60 L. A metal agitator shaft was inserted from the top surface of the reactor. The agitator was rotated manually. In order to maintain optimum temperature (37 °C) for mesophilic digestion, a heating spiral coil was placed inside the reactor and hot water from water bath was passed through the digester with the help of a pump. The reactor was operated in batch mode. The same conditions were maintained for the combination of CM & KW as well. Fig. 5 illustrates the schematic diagram of the set up:

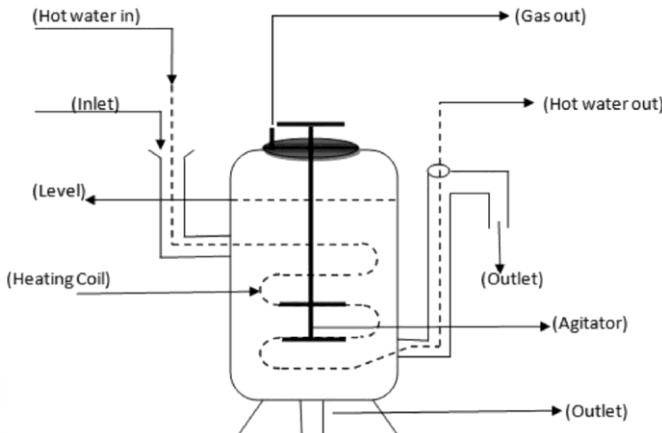


Fig. 5. A Portable Biogas Digester Set Up

3. Results and Discussion

The results from the lab trials are discussed below:

3.1. Composition of Kitchen Waste

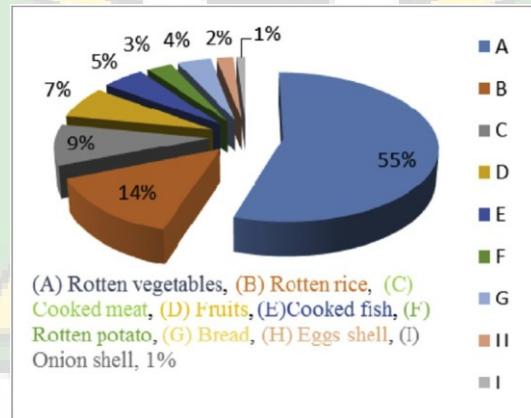


Fig. 6. Composition of Kitchen Waste.

Average composition of collected Kitchen Waste is demonstrated in Fig. 6. The total amount of rotten vegetables and rotten rice was near about 70%. Potato, eggs, fruits etc. were relatively low in mass. As we know Kitchen Waste is also a

Municipal Solid Waste (MSW), which tends to contain a higher percentage of toxic and inhibitory compounds than wastewater. In diluted slurry, these substances diffuse quickly and evenly throughout the reactor [17].

3.2. Biogas Production from Kitchen Waste (KW) & Cow Manure (CM)

3.3. Biogas Production from *Co-Digestion* of Kitchen Waste (KW) with Sewage Sludge (SS)

3.4. Comparison Between Kitchen Waste (KW) þ Cow Manure (CM) & Cow Manure (CM) þ Sewage Sludge (SS)

At a first glance, the comparison of gas production between KW SS (see Fig. 8) and KW CM (see Fig. 7) displayed that KW with CM seemed like a much more effective combination as compared to KW and SS. Although KW þ SS has demonstrated the production peak before KW þ CM, the production level reached by KW þ CM was noticeably higher than KW þ SS. Based on that, KW þ CM was chosen for the pilot scale setup.

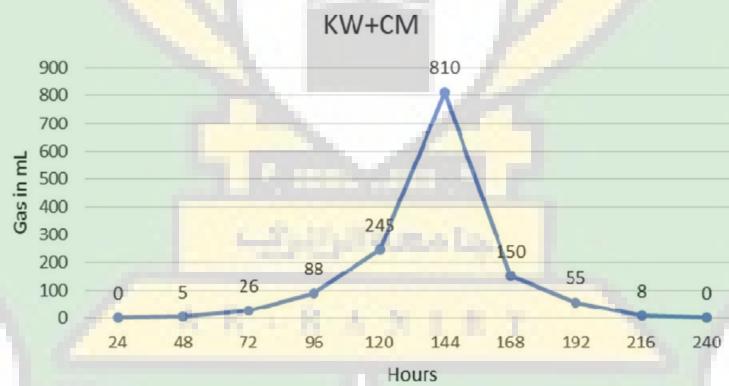


Fig. 7. Gas Production from KW þ CM for 10 days in loading rate of 200 gm/L.

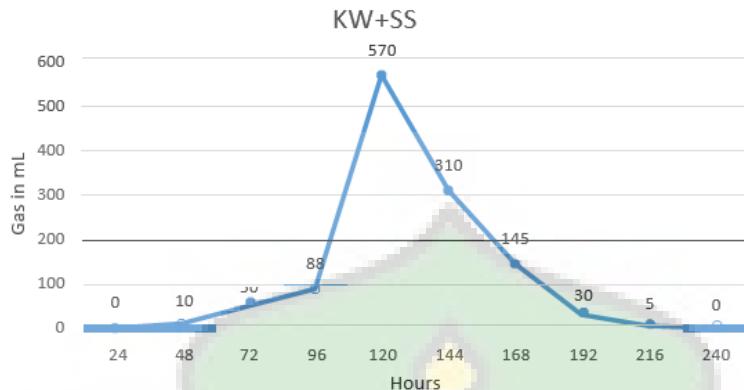


Fig. 8. Gas Production from KW þ SS for 10 days in loading rate of 200 gm/L.

Fig. 9 illustrates that KW þ CM produces a higher amount of biogas compared to KW SS. However, it is interesting to note that when SS was used with KW, the rate of production seemed to increase significantly only after 96 h, whereas the rate for KW CM rose sharply after 120 hour. Also, the production peak obtained from KW SS appeared much quicker than KW CM. This provides an indication that SS can work as an accelerator in biogas production (see Fig. 9).

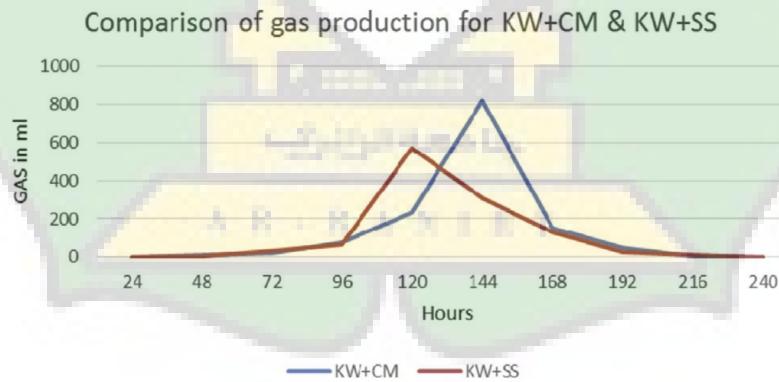


Fig.9. Comparison of Gas Production for KW þ CM & KW þ SS in loading rate of 200 gm / L.

3.5. Biogas Production from KW & CM

Biogas production from KW and CM showed a dramatic increase in production after nearly 100 h of the experiment. However, production started plummeting soon after this rise (see Fig. 10).

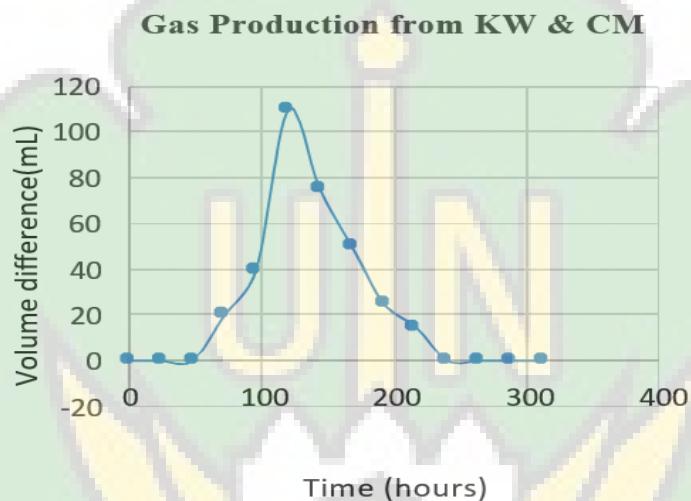


Fig.10. Gas Production from KW (Kitchen Waste) CM (Cow Manure) at a loading rate of 100 gm / L.

3.6. Biogas Production from WH, CM & SS

While in other cases gas production has been found to cease after about 240 h, gas from WH CM along with SS continued production even after the 374 hour (see Fig. 11).

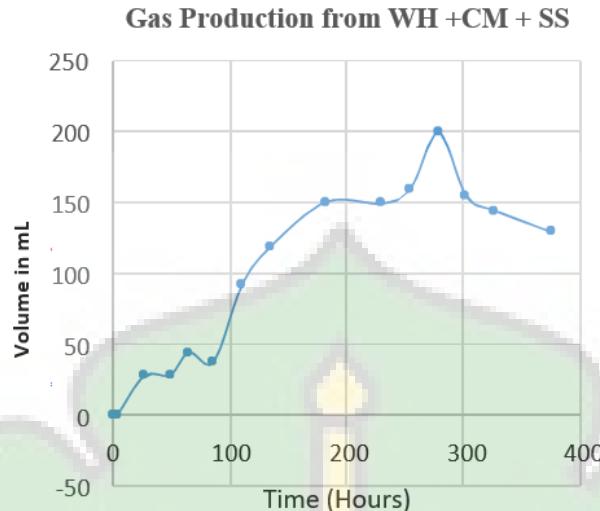


Fig. 11. Gas Production from WH þ CM þ SS in loading rate of 100 gm/L.

3.7. Comparison of Biogas Production from KW þ CM & WH þ CM þ SS for 254 h

The huge difference between KW CM & WH CM SS is observed due to the utilization of Sewage Sludge and NaOH with WH CM instead of normal water. Sewage Sludge is easily biodegradable since it consists of digestible carbohydrates and fats, compared to activated sludge which consists of complex carbohydrates, proteins, and long chain hydrocarbons [15]. Also, pure water does not contain any of that. Moreover, NaOH was used to maintain pH and initiate bacterial action. They help to increase the production of biogas [6] (see Fig. 12).

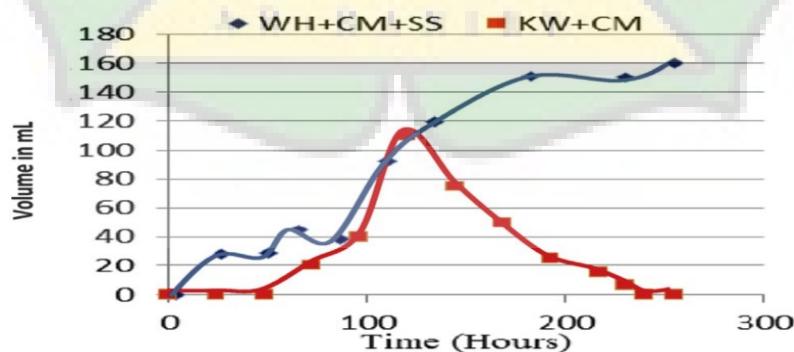


Fig. 12. Biogas Production (mL) vs Time (hour) Curve for KW þ CM & WH þ CM þ SS

3.8. Total Biogas Production after 254 h

It is important to note that the degradation rate of Water Hyacinth, Cow Manure, and Sewage Sludge was also higher than the degradation rate of Kitchen Waste and Cow Manure. This means that a combination of Water Hyacinth, Cow Manure & Sewage Sludge enables faster break down in a compost pile as compared to Kitchen Waste & Cow Manure (see Fig. 13).

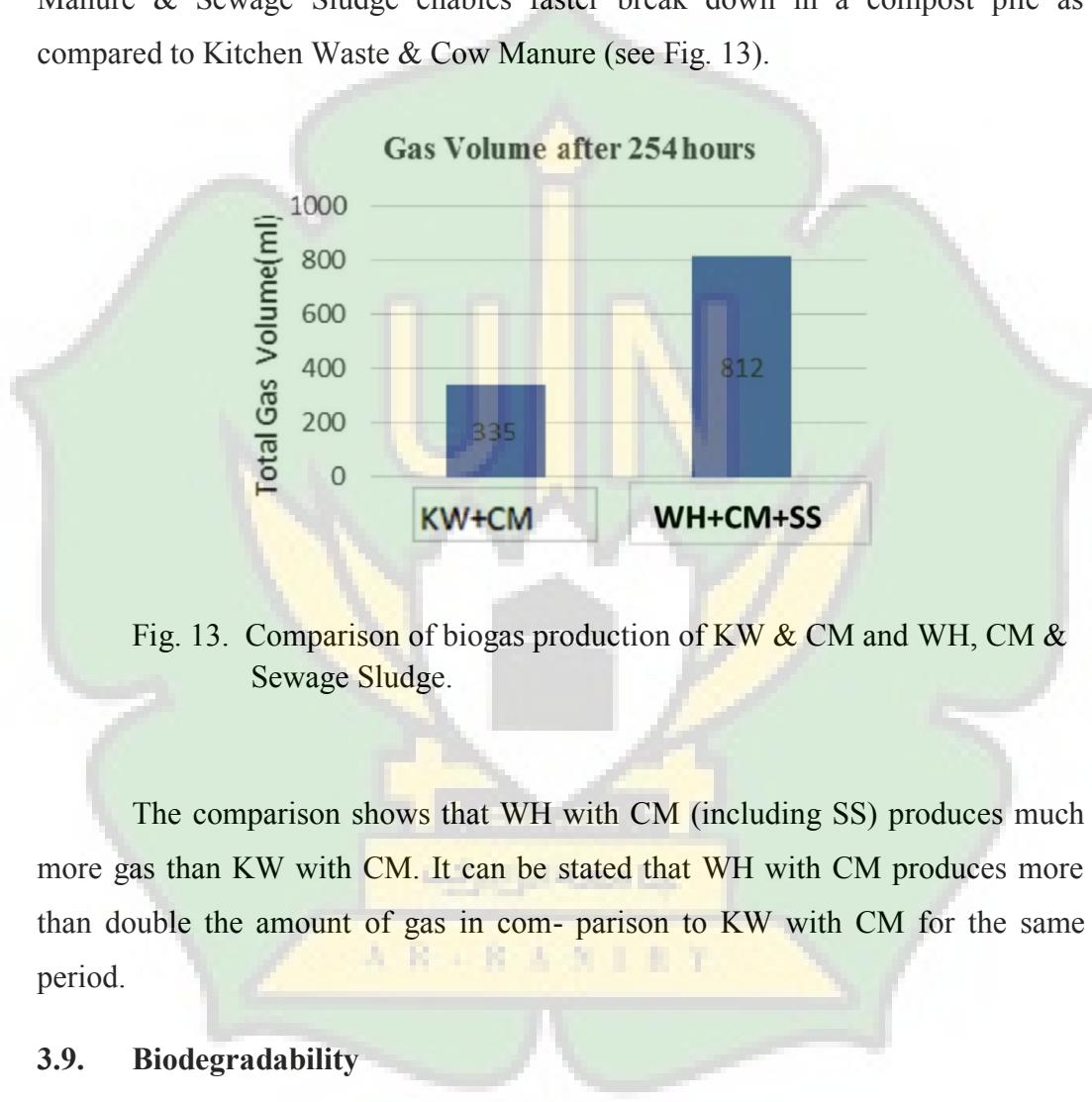


Fig. 13. Comparison of biogas production of KW & CM and WH, CM & Sewage Sludge.

The comparison shows that WH with CM (including SS) produces much more gas than KW with CM. It can be stated that WH with CM produces more than double the amount of gas in comparison to KW with CM for the same period.

3.9. Biodegradability

Digester	Loading Rate (gm/L)	Biogas Production (ml)	Degradation Rate (ml/gm)
WH þ CM þ SS	100	812	8.12

KW þ CM	100	335	3.35
(See Table 1)			

Table 1. Data Table for Biogas Production per gram of Biomass (Degradation Rate) after 254 hours

3.10. Composition Analysis of Produced Gas

(see Figs. 14 & 15)

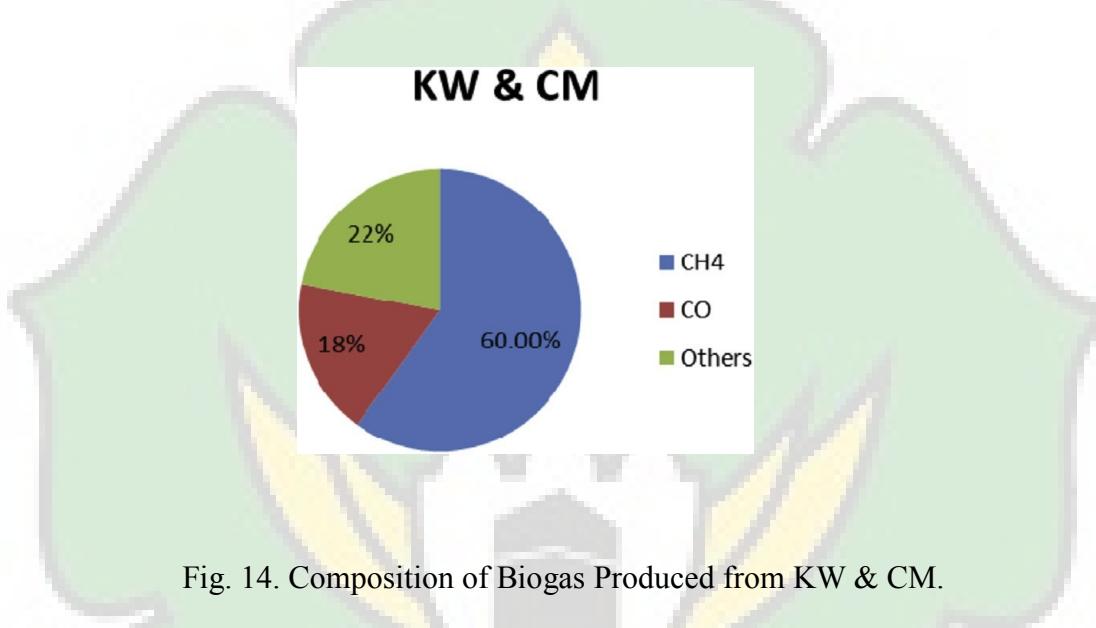


Fig. 14. Composition of Biogas Produced from KW & CM.

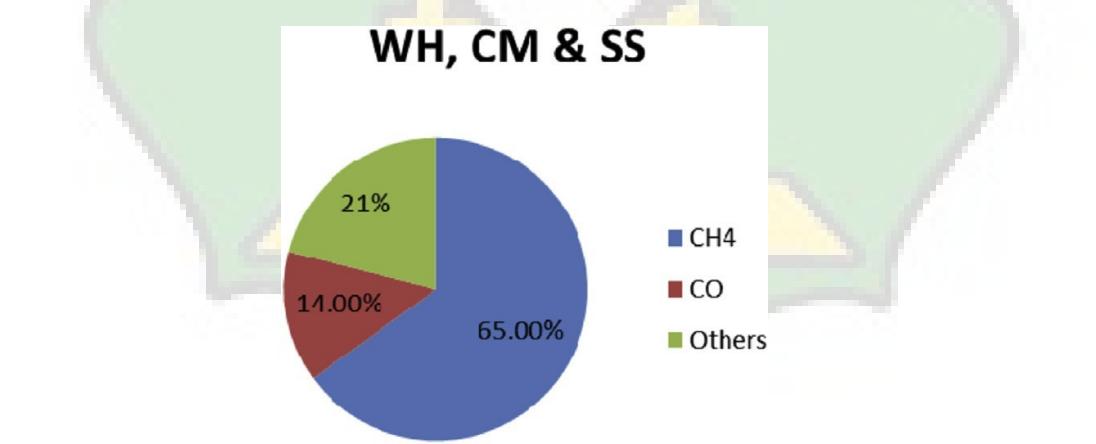


Fig. 14. Composition of Biogas Produced from WH, CM & SS.

In the composition analysis, it is found that the CH₄ content is higher in the biogas produced from WH, CM, and SS.

Following are certain recommendations that can be implemented in future research:

- 1) The slurry of the reactor can be used as fertilizer after treating.
- 2) A continuous process can be introduced instead of batch process.
- 3) Bacteria that works on the maximum point of gas production can be identified and these bacteria can be put at first to higher the rate of gas production.
- 4) The mesophilic condition can be implemented by putting the reactor in a glass house.
- 5) Lime/Limestone can be used for better biogas production in rural or urban areas instead of NaOH
- 6) New sources like beet sugar, poultry manure & agricultural residue should be considered for biogas production

4. Conclusions

Research and dissemination of biomass as a fuel throughout the country should be given a higher priority in solving our energy crisis. Sustainable bioenergy development could reduce higher levels of deforestation, net greenhouse gas emissions, and agricultural chemical runoff.

From the preceding discussion, it can be said that with Mesophilic condition (37°C) and *co-digestion* under the conditions of OLR (Organic Loading Rate) 100 gm/L treated with 1.5% NaOH, Cow Manure and Water Hyacinth with Sewage Sludge could be a significant source of potential biogas for household as well as industrial energy use. Kitchen Waste with CM can also be a reasonable substitute for natural gas. However, the gas production durability is too low in this case. Further combinations of waste materials need to be tested with special consideration of Sewage Sludge as an accelerator. It is believed that

upon the application of effective combinations of waste materials and proper adjustment in conditions, improved results can be obtained.

Acknowledgment

The research work was conducted in a laboratory of Chemical Engineering and Polymer Science (CEP) department, Shahjalal University of Science & Technology (SUST), Sylhet-3114, Bangladesh.

References

- [1] Muhammad Rashed Al Mamun, Shuichi Torii, Removal of H₂S and H₂O by chemical treatment to upgrade methane of biogas generated from anaerobic Co-digestion of organic biomass waste, IPASJ 3 (12) (December 2015).
- [2] Gudina Terefe Tuccho, Henri C. Moll, Anton J.M. School Uiterkamp, Sanderine Nonhebel, Problems with biogas implementation in developing countries from the perspective of labor requirements, Energies 9 (9) (2016) 750, <http://dx.doi.org/10.3390/en9090750>.
- [3] Our Common Future, Chapter 7: Energy: Choices for Environment and Development, UN Documents, Gathering a Body of Global Agreements.
- [4] Billah AHM. Mustain, Energy and Environment: Demand for Wood Energy in Bangladesh, Environmental and Resource Economist, Database Manager, SEMP-SDN Project, Bangladesh Institute of Development Studies (BIDS).
- [5] MoF, Budget 2013-14, Ministry of Finance, People's Republic of Bangladesh, 2015.
- [6] Salma A. Iqbal, Shahinur Rahaman, Mizanur Rahman, Abu Yousuf, in: The 10th International Conference on Mechanical Engineering, Anaerobic Digestion of Kitchen Waste to Produce Biogas, 2013.
- [7] M. Rafiqul Islam*, Barun Krishna Bakshi, Shamsun Nahar Momotaz, Prospects of renewable energy in Bangladesh: focus on biomass plant, J. Bus. Res. 4 (2002).

- [8] Mr. Md. Aminur Rahman, Economic and social commission for Asia and the pacific, in: Regional Seminar on Commercialization of Biomass Technology, June 2001, pp. 4-8. Guangzhou, China.
- [9] National Research Council, Ad Hoc Committee on Air Emissions from Animal Feeding, O Air Emissions from Animal Feeding Operations: Current Knowl- edge, Future Needs Vol Xxi, National Academies Press, Washington, DC, 2003, p. 263.
- [10] M.R.J. Doorn, D.F. Natschke, P.C. Meeuwissen, Review of Emission Factors and Methodologies to Estimate Ammonia Emissions from Animal Waste Handling US Environmental Protection Agency, 2002.
- [11] 2006 The US Inventory of Greenhouse Gas Emissions and Sinks: Fast Facts availablefrom:[http://yosemite.epa.gov/oar/globalwarming.nsf/UniqueKeyLookup/RAMR6P5M5M/\\$File/06FastFacts.pdf](http://yosemite.epa.gov/oar/globalwarming.nsf/UniqueKeyLookup/RAMR6P5M5M/$File/06FastFacts.pdf).
- [12] Wim Rulkens, Sewage sludge as a biomass resource for the production of energy: overview and assessment of the various options , Energy & Fuels 22 (2008) 9-15.
- [13] Ryan Graunke;Food and Fuel: Turning Food Waste to Biogas.
- [14] Water Hyacinth Project Turns Nuisance Plant into Potential Source of Biogas ; Published May 12, 2014 9:37pm; GMA NEWS ONLINE.
- [15] H. Hartmann, I. Angelidaki, B.K. Ahring, Increase of anaerobic degradation of particulate organic matter in full-scale biogas plants by mechanical macera- tion, Water Sci. Technol. 41 (2000) 145-153.
- [16] Zhang Hanjie, Sludge Treatment to Increase Biogas Production, August 2010.
- [17] Current Anaerobic Digestion Technologies Used for Treatment of Municipal Organic Solid Waste, California Integrated Waste Management Board, March 2008.

BAB II

TERJEMAHAN ARTIKEL

Produksi Biogas dari *Co-Digestion* Anaerobik Kotoran Sapi dengan Limbah Dapur dan Eceng Gondok.

Farzana Tasnim, Dr. Salma A. Iqbal, Aminur Rashid Chowdhury

Departemen Teknik Kimia dan Ilmu Polimer, Universitas Sains dan Teknologi Shahjalal, Sylhet,
3114, Bangladesh

ABSTRAK

Tujuan utama dari makalah ini adalah untuk menganalisis dan membandingkan produksi biogas dari berbagai sumber bahan limbah. Kebijakan Energi Terbarukan menunjukkan bahwa 5% dari total produksi energi harus dicapai pada 2015 dan 10% pada 2020. Karya ini berfokus pada studi perbandingan produksi biogas melalui *co-digestion* anaerobik memanfaatkan sumber daya biomassa yang terbengkalai. Bahan yang diteliti adalah Kotoran Sapi, Limbah Lumpur, Limbah Dapur & Eceng Gondok. Percobaan dilakukan pada kondisi mesofilik (37°C) dengan 1,5 wt% NaOH untuk mendapatkan pH yang diinginkan. Rasio pemuatan setiap *batch* dipertahankan sebagai 1: 1 pada kedua percobaan. Limbah Dapur dan Kotoran Sapi menunjukkan hasil yang menjanjikan hingga sekitar 120 jam setelah turunnya produksi biogas. Total produksi 1 L *batch* Eceng Gondok, Kotoran Sapi & Limbah Lumpur adalah 812 ml dengan 65% Metana, 14% CO dan 21% gas lain yang diperoleh setelah 800 jam, sedangkan Limbah Dapur & Kotoran Sapi menghasilkan 335 ml yang terdiri dari 60% Metana 18% CO & 22% gas lain dalam jangka waktu yang sama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan Limbah Lumpur dengan Kotoran Sapi yang banyak digunakan dapat mempercepat reaksi, meningkatkan produksi, dan meningkatkan kandungan metana.

1. Pendahuluan

Eksplorasi sumber energi alternatif dikaitkan dengan beberapa masalah mendesak termasuk kemandirian energi, fluktuasi biaya bahan bakar minyak bumi, ancaman perubahan iklim dan perkiraan menipisnya sumber bahan bakar tak terbarukan (Al Maimun dan Torii, 2015). Sumber daya ini menurun sangat cepat di daerah padat penduduk di mana orang tidak memiliki akses ke sumber energi modern alternatif (Tuccho dkk, 2016). Ada sumber terbarukan, antara lain kayu, tumbuhan, kotoran, air yang jatuh, sumber panas bumi, matahari, pasang surut, angin, dan energi gelombang, serta tenaga otot manusia dan hewan. Tetapi masing-masing memiliki biaya, manfaat, dan risiko ekonomi, kesehatan, dan lingkungannya sendiri - faktor-faktor yang berinteraksi kuat dengan prioritas pemerintah dan global lainnya. Pilihan harus dibuat, tetapi dalam pengetahuan tertentu bahwa memilih strategi energi berarti memilih strategi lingkungan (Bab 7). Energi terbarukan sering kali dianggap sebagai teknologi hebat berikutnya yang suatu saat akan menggantikan ketergantungan umat manusia pada bahan bakar fosil. Pengembangan energi terbarukan adalah satu tentang strategi penting yang diadopsi sebagai bagian dari program diversifikasi bahan bakar di Bangladesh.

Penelitian sebelumnya berkisar tentang hubungan antara parameter magnetik dan pencemaran logam berat terhadap sedimen di lingkungan perairan (Frančíškovi Dengan total populasi 120 juta dan kepadatan 755 per km persegi, Bangladesh adalah salah satu negara dengan populasi terpadat di dunia. 81 persen penduduk tinggal di daerah pedesaan dan 19 persen sisanya di daerah perkotaan (Billah AHM). Sebagai negara berbasis pertanian, Bangladesh telah mengembangkan banyak hal biomassa yang telah digunakan untuk mengekstraksi energi melalui pembakaran langsung atau dari produksi biogas. Hampir 80% populasi di negara kita sangat bergantung pada pertanian (Kemenkeu, 2015). Selama musim dingin, banyak sekali sayuran yang dibudidayakan di negara kita yang dapat menjadi sumber potensial limbah dapur. Karena kurangnya transportasi dan pengawetan yang efisien, sejumlah besar sayuran terbuang

percuma, yang dapat menjadi sumber biogas (Iqbal dkk, 2013). Akibat urbanisasi, banyak limbah padat yang dihasilkan dan pembuangan efektifnya menjadi perhatian. Di sisi lain, karena komposisi organiknya, limbah tersebut memiliki potensi besar untuk ekstraksi biogas. Meskipun daerah pedesaan merupakan sumber utama Kotoran Sapi untuk produksi biogas, terdapat banyak biomassa di daerah perkotaan yang dapat dimanfaatkan secara efektif.

Pembangkit listrik tenaga biogas pertama dipasang di Bangladesh di Bangladesh Agriculture University (BAU) pada tahun 1972. Dewan Bangladesh Penelitian Ilmiah dan Industri serta Program Pengembangan Pedesaan Terpadu (IFRD) mendirikan pabrik biogas kubah terapung pada tahun 1976, yang harganya sangat mahal. Untuk mengurangi biaya, mereka mengembangkan pabrik biogas kubah tipe lain pada tahun 1981. Setelah melakukan penelitian selama 1990-91, model biogas kubah tetap dipertimbangkan lebih ekonomis dan tahan lama dibandingkan dengan kubah terapung. Sejak saat itu, model kubah tetap memulai perjalannya ke seluruh negeri. IFRD bekerja sama dengan Dhaka City Corporation membangun Pabrik Biogas eksperimental dengan volume digester 85 meter kubik pada tahun 1992 di Dholpur untuk pengolahan sampah kota (Islam dkk, 2002). Sejauh ini, jumlah total pembangkit listrik tenaga biogas yang terpasang di Bangladesh sekitar 7000 (Rahman, 2001).

Mempertimbangkan ruang lingkup produksi biogas di Bangladesh, pekerjaan ini dilakukan untuk menyelidiki potensi produksi dari kombinasi berbagai sumber bahan limbah. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis skenario produksi biogas dari kombinasi ini dan mengekstrak informasi berharga dari antar perbandingan.

2. Bahan dan Metode

2.1. Manfaat Pemilihan Bahan Limbah Sebagai Pertimbangan

2.1.1. Kotoran Sapi (KS)

Pembuangan Kotoran Sapi secara terbuka dapat mengeluarkan bau tidak sedap, polusi udara yang berbahaya, dan gas rumah kaca; termasuk amonia, VOC,

hydrogen sulfida dan materi partikulat, banyak di antaranya dapat menyebabkan masalah kesehatan pada manusia (Dewan Riset Nasional, 2003). Selain mencemari udara, emisi amonia dari pupuk kandang dapat mencemari air tanah dan menyebabkan eutrofikasi tanah (Doorn dkk, 2002). Kotoran juga mengeluarkan metana dan dinitrogen oksida, dua gas rumah kaca yang kuat (Inventarisasi AS, 2006).

2.1.2. Limbah Lumpur (LL)

Limbah Lumpur dapat berdampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Namun, tidak dapat disangkal bahwa pengolahan lumpur mahal. Di sisi lain, secara organisasi, teknis, dan ekonomi sangat sulit untuk mencegah atau sangat mengurangi jumlah air limbah kota. Selain itu, adanya polutan beracun dalam air limbah kota tidak dapat dihindari karena sebagian besar bahan beracun ini berasal dari sumber yang tersebar. Jumlah komponen yang mengandung nitrogen dalam lumpur kecil dibandingkan dengan sejumlah komponen yang ada di air limbah. Penguraian anaerobik digunakan untuk menstabilkan limbah lumpur dan mengubah sebagian senyawa yang mudah menguap menjadi biogas. Biogas dapat digunakan sebagai sumber energi baik di instalasi pengolahan air limbah itu sendiri atau di tempat lain (Rulkens, 2008).

2.1.3. Limbah Dapur (LD)

Pemanfaatan Limbah Dapur membantu mengurangi biaya pengisian lahan, biaya energi, emisi karbon dan konsekuensi negatif dari sistem pembuangan saat ini. Itu juga meningkatkan citra publik. Efeknya dapat digunakan sebagai pupuk organik juga (Graunke).

2.1.4. Eceng Gondok (EG)

Biomassa Eceng Gondok digunakan daripada dibuang sebagai limbah. Selain itu, emisi gas *landfill* dihindari (GMA ONLINE, 2014).

2.2. Sumber Bahan Baku

Kotoran Sapi basah (KS) dikumpulkan dari desa dekat kampus universitas kami dan Limbah Lumpur (LL) dikumpulkan dari sistem pembuangan limbah universitas. Enceng Gondok (EG) dikumpulkan dari kolam Masjid Universitas dan hanya batang EG yang digunakan. Limbah Dapur (LD) dikumpulkan dari berbagai universitas di Shahjalal University of Science & Technology (SUST) dan



daerah perumahan Surma, Sylhet, Bangladesh (lihat Gambar 1).

Gambar 1. Bahan Baku (i) Kotoran Sapi (ii) Limbah Lumpur (iii) Limbah Dapur (iv) Eceng Gondok.

2.3. Pengolahan Limbah

Setelah membuang tulang, kantong plastik, logam dan residu anorganik, Limbah Dapur dan Eceng Gondok dipotong menjadi ukuran kecil untuk produksi biogas yang efisien (Hartmann dkk, 2000). Kemudian ini dihaluskan menjadi



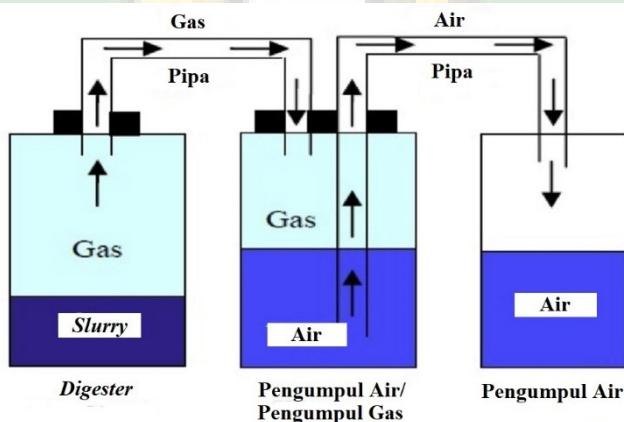
pasta dengan menggunakan hopper (lihat Gambar 2).

Gambar 2. Hopper untuk menumbuk.

2.4. Persiapan Eksperimen

Eksperimen skala lab sederhana dibuat menggunakan *digester*. Setiap *digester* terbuat dari kaca. Volume *digester* masing-masing 1 L. KS dengan LD dan air normal dan KS dengan Eceng Gondok dan Limbah Lumpur dimasukkan ke dalam reaktor *batch* 1 L. Keduanya dimuat dalam rasio 1: 1 dan dengan kecepatan pemuatan 100 gm / L. Limbah Lumpur ditambahkan dengan Eceng Gondok sebagai pengganti air biasa. 1,5% NaOH ditambahkan di kedua *digester*.

Dalam penelitian ini, volume gas yang dihasilkan diukur dengan metode *water displacement* yaitu volume gas yang dihasilkan sama dengan volume air yang dikeluarkan di pengumpul air. Setiap *digester* dihubungkan ke pengumpul air (botol plastik) melalui pipa plastik (pipa gas) yang mengalirkan gas yang dihasilkan ke dalam Pengumpul air. Pipa plastik lain (pipa air) digunakan untuk mengalirkan air yang dipindahkan dari pengumpul air ke pengumpul air yang ditutup dengan segel-M. Kedua ujung pipa gas dimasukkan hingga bagian paling atas dari *digester* dan pengumpul air. Di sisi lain, pipa air dibenamkan ke dalam bak air dan ditempatkan di bagian atas pengumpul air (lihat Gambar 3).



Gambar 3. Diagram Skematis Set-up Eksperimental Skala Laboratorium (Iqbal dkk, 2013).

2.5. Eksperimen Skala Laboratorium

Eceng Gondok diisi dengan LL dan KS. LL bertindak sebagai benih bagi organisme mikroba (Hanjie, 2010). 50 gm KS (Kotoran Sapi) dimuat dengan 500 mL LL (Limbah Lumpur) dan 50 gm EG (Eceng Gondok) . 1,5% NaOH ditambahkan. Sekali lagi, 50 gm LD (Limbah Dapur) diisi dengan 50 gm KS (Kotoran Sapi) dengan 500 mL air dan 50 gram LD (Limbah Dapur) dimuat dengan 500 mL LL (Limbah Lumpur) secara terpisah. Saat reaksi berlangsung dan keasaman meningkat, 1,5% NaOH berdasarkan materi basah dari bahan organik yang dimuat digunakan untuk meningkatkan reaksi destruksi dengan menekan keasaman. pH dipertahankan pada 7 agar bakteri tidak mati dalam kondisi asam. Seluruh proses ini disalurkan selama musim panas sehingga suhu



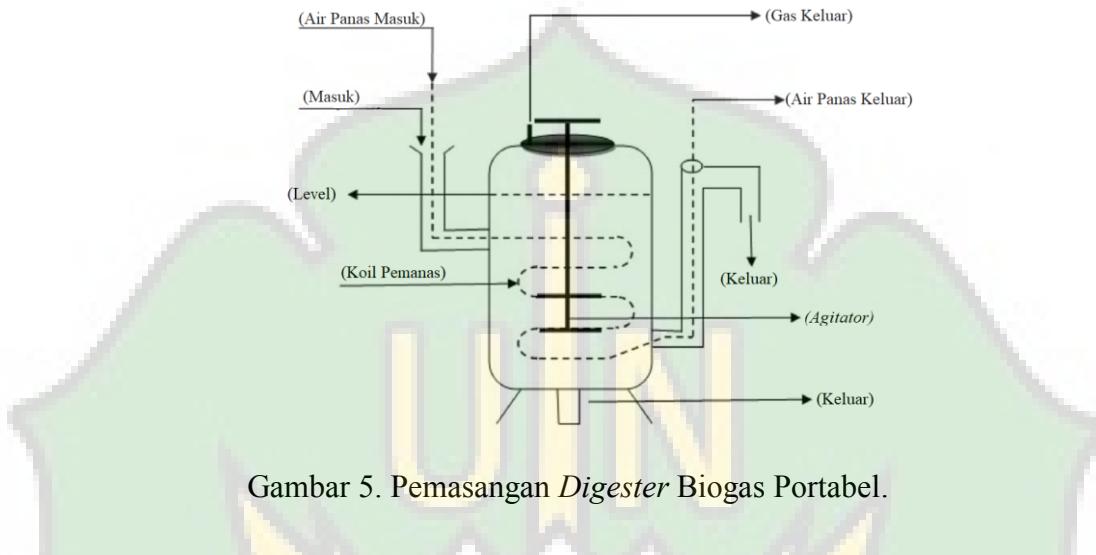
rata-rata berada pada suhu yang dibutuhkan yaitu 37°C . Semua percobaan dilakukan dalam periode 6 bulan (lihat Gambar 4).

Gambar 4. Eksperimen Skala Laboratorium

2.6. Skala Pilot

Setelah melakukan beberapa percobaan skala lab, kami membangun dua reaktor biogas portabel untuk percobaan skala pilot. Total air yang digunakan sebanyak 30 L dan ditambahkan 3 kg Eceng Gondok beserta 3 kg Kotoran Sapi ke dalam reaktor. 30 L Limbah Lumpur telah dimuat. Volume setiap reaktor sekitar 60 L. Sebuah batang pengaduk logam dimasukkan dari permukaan atas reaktor. *Agitator* diputar secara manual. Untuk menjaga suhu optimal (37°C) untuk

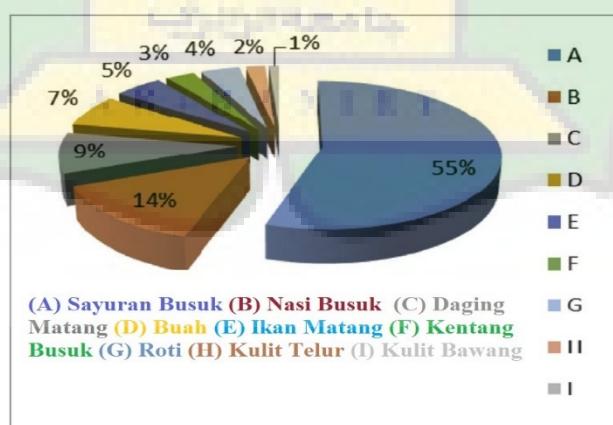
pencernaan mesofilik, pemanasan kumparan spiral ditempatkan di dalam reaktor dan air panas dari penangas air dialirkan melalui *digester* dengan bantuan pompa. Reaktor dioperasikan dalam mode *batch*. Kondisi yang sama dipertahankan untuk kombinasi KS & LD juga. Gambar 5 mengilustrasikan diagram skematik set up:



3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari uji laboratorium dibahas di bawah ini:

3.1. Komposisi Limbah Dapur



Gambar 6. Komposisi Limbah Dapur.

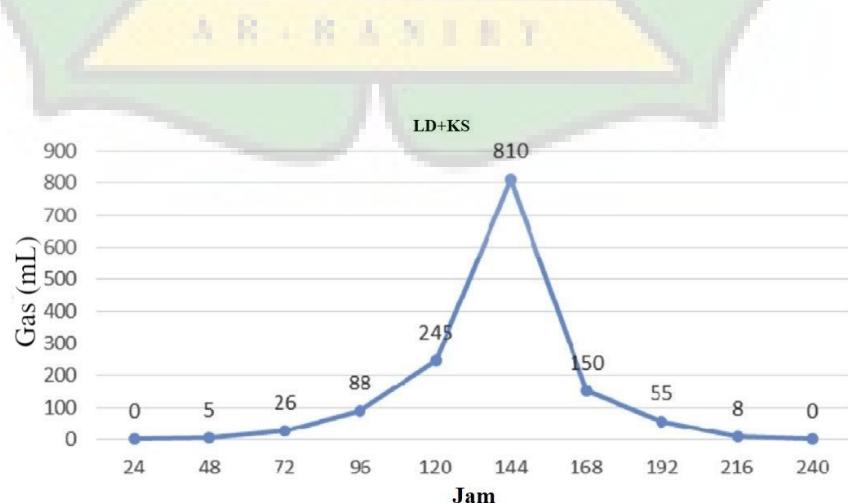
Komposisi rata-rata dari Limbah Dapur yang dikumpulkan ditunjukkan pada Gambar 6. Jumlah total sayuran busuk dan nasi busuk mendekati sekitar 70%. Kentang, telur, buah-buahan dll relatif rendah secara massal. Seperti kita ketahui Limbah Dapur juga merupakan Limbah Padat Kota (MSW) yang cenderung mengandung persentase senyawa toksik dan penghambat yang lebih tinggi dibandingkan dengan air limbah. Dalam bubur encer, zat ini berdifusi dengan cepat dan merata ke seluruh reaktor (Teknologi Pencernaan Aerobik, 2008).

3.2. Produksi Biogas dari LD (Limbah Dapur) & KS (Kotoran Sapi)

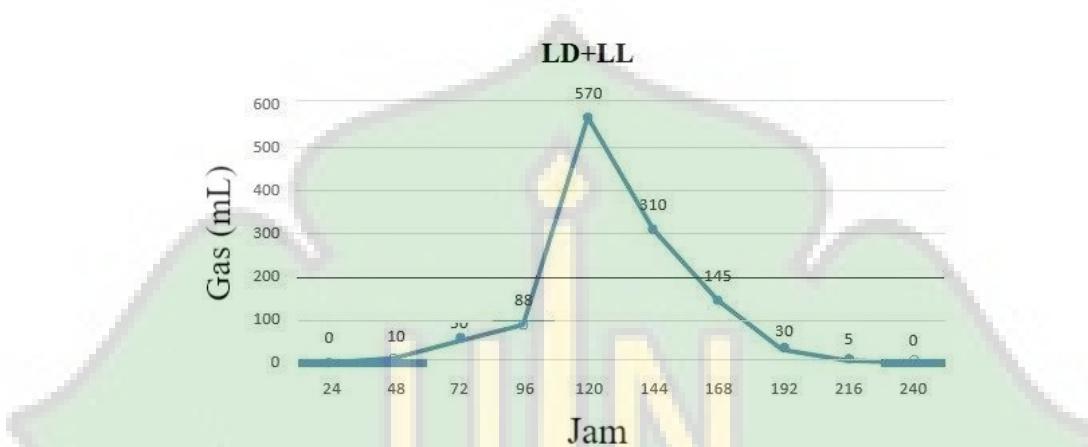
3.3. Produksi Biogas dari *Co-Digestion* LD (Limbah Dapur) dengan LL (Limbah Lumpur)

3.4. Perbandingan antara LD (Limbah Dapur) þ KS (Kotoran Sapi) & KS (Kotoran Sapi) þ LL (Limbah Lumpur)

Pada percobaan pertama, perbandingan produksi gas antara LD LL (lihat Gambar 8) dan LD KS (lihat Gambar 7) menunjukkan bahwa LD dengan KS tampak seperti kombinasi yang jauh lebih efektif dibandingkan dengan LD dan LL. Meskipun LD þ LL telah menunjukkan puncak produksi sebelum LD þ KS, tingkat produksi yang dicapai oleh LD þ KS terlihat lebih tinggi daripada LD þ LL. Berdasarkan itu, LD þ KS dipilih untuk pengaturan skala pilot.

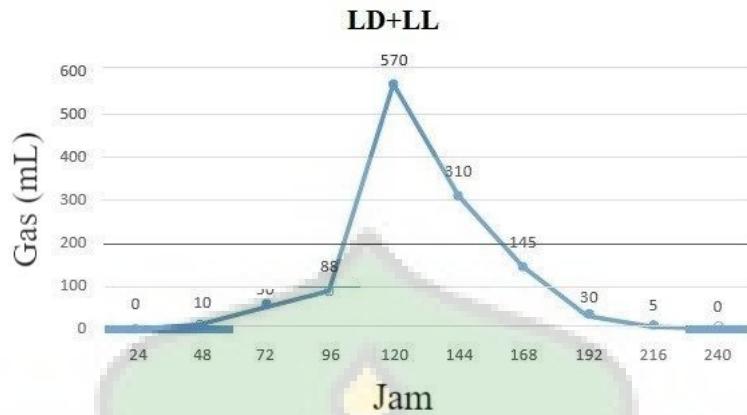


Gambar 7. Produksi Gas dari LD (Limbah Dapur) þ KS (Kotoran Sapi) selama 10 hari dengan loading rate 200 gm / L.



Gambar 8. Produksi Gas dari LD (Limbah Dapur) þ LL (Limbah Lumpur) selama 10 hari dengan loading rate 200 gm / L.

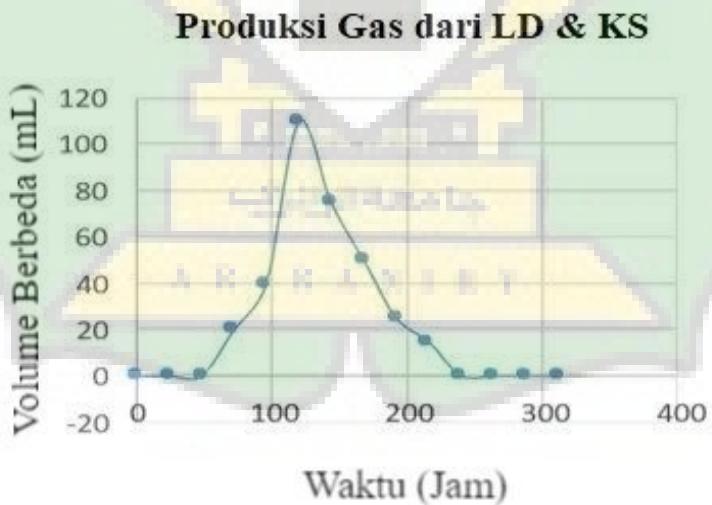
Gambar 9 mengilustrasikan bahwa LD KS menghasilkan jumlah yang lebih tinggi biogas dibandingkan dengan LD LL. Namun, menarik untuk dicatat bahwa ketika LL digunakan dengan LD, laju produksi tampaknya meningkat secara signifikan hanya setelah 96 jam, sedangkan laju untuk LD KS meningkat tajam setelah 120 jam. Selain itu, puncak produksi yang diperoleh dari LD LL tampak jauh lebih cepat daripada LD KS. Ini memberikan indikasi bahwa LL dapat bekerja sebagai akselerator dalam produksi biogas (lihat Gambar 9).



Gambar 9. Perbandingan produksi gas untuk LD (Limbah Dapur) þ KS (Kotoran Sapi) & LD (Limbah Dapur) þ LL (LimbahLumpur) pada loading rate 200 gm / L.

3.5. Produksi Biogas dari LD (Limbah Dapur) þ KS (Kotoran Sapi)

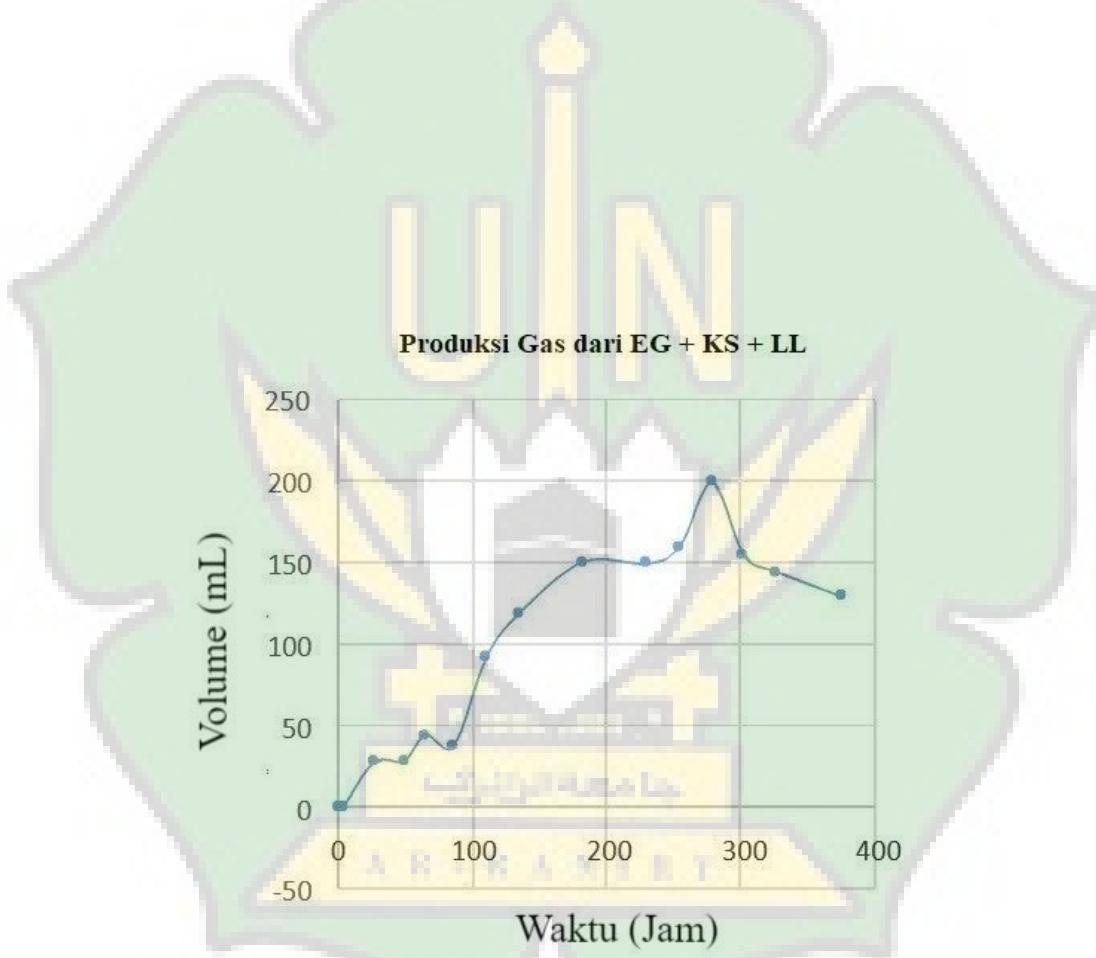
Produksi biogas dari LD dan KS menunjukkan peningkatan yang dramatis dalam produksi setelah hampir 100 jam percobaan. Namun, produksi mulai turun segera setelah kenaikan ini (lihat Gambar 10).



Gambar.10. Produksi Gas dari LD (Limbah Dapur) KS (Kotoran Sapi) dalam laju pembebahan 100 gm / L.

3.6. Produksi Biogas dari EG (Eceng Gondok), KS (Kotoran Sapi) & LL (Limbah Lumpur)

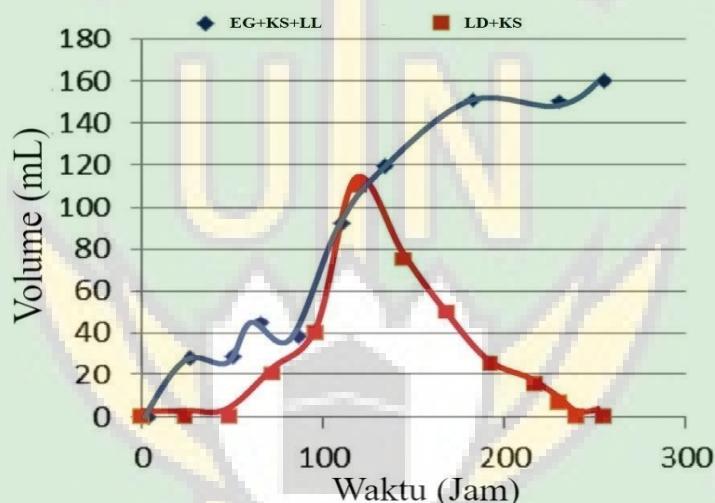
Sementara dalam kasus lain, produksi gas ditemukan berhenti setelah sekitar 240 jam, gas dari EG KS bersama dengan LL melanjutkan produksi bahkan setelah jam ke-374 (lihat Gambar 11).



Gambar 11. Produksi Gas dari EG (Eceng Gondok) þ KS (Kotoran Sapi) þ LL (Limbah Lumpur) dengan loading rate 100 gm / L.

3.7. Perbandingan Produksi Biogas dari LD (Limbah Dapur) þ KS (Kotoran Sapi) & EG (Eceng Gondok) þ KS (Kotoran Sapi) þ LL (Limbah Lumpur) selama 254 jam

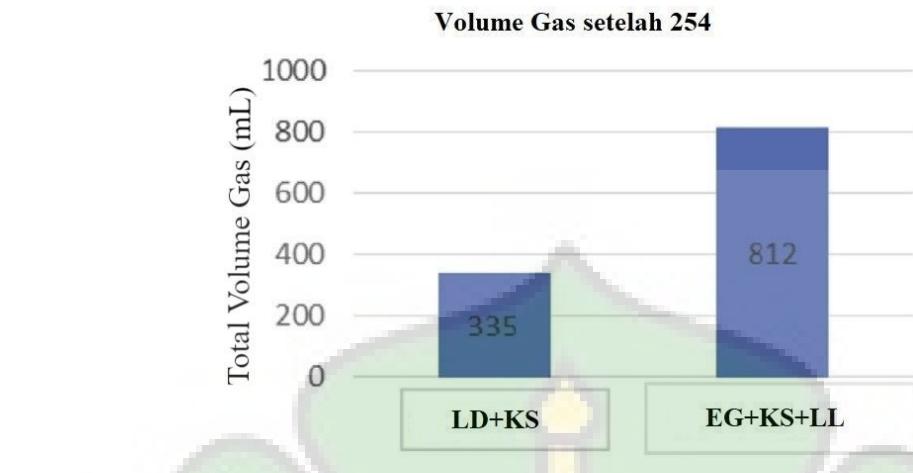
Perbedaan besar antara LD KS & EG KS LL terlihat karena penggunaan Limbah Lumpur dan NaOH dengan EG KS sebagai pengganti air biasa. Limbah Lumpur mudah terurai secara hayati karena terdiri dari karbohidrat dan lemak yang dapat dicerna, dibandingkan dengan lumpur aktif yang terdiri dari karbohidrat kompleks, protein, dan hidrokarbon rantai panjang (Hartman dkk, 2000). Juga, air murni tidak mengandung semua itu. Selain itu, NaOH digunakan untuk menjaga pH dan memulai aksi bakteri. Mereka membantu meningkatkan produksi biogas (Iqbal dkk, 2013) (lihat Gambar 12).



Gambar. 12. Produksi Biogas (mL) vs Kurva waktu (Jam) untuk LD (Limbah Dapur) þ KS (Kotoran Sapi) & EG (Eceng Gondok) þ KS (Kotoran Sapi) þ LL (Limbah Lumpur).

3.8. Total Produksi Biogas setelah 254 jam

Perlu dicatat bahwa laju degradasi Eceng Gondok, Kotoran Sapi, dan Limbah Lumpur juga lebih tinggi dibandingkan laju degradasi Limbah Dapur dan Kotoran Sapi. Ini berarti kombinasi Eceng Gondok, Kotoran Sapi & Limbah Lumpur memungkinkan penguraian lebih cepat di tumpukan kompos dibandingkan dengan Limbah Dapur & Kotoran Sapi (lihat Gambar. 13).



Gambar. 13. Perbandingan produksi biogas dari LD & KS dan EG, KS & LL.

Perbandingan menunjukkan bahwa EG dengan KS (termasuk LL) menghasilkan lebih banyak gas dibandingkan LD dengan KS. Dapat dikatakan bahwa EG dengan KS menghasilkan lebih dari dua kali lipat jumlah gas dibandingkan LD dengan KS untuk periode yang sama.

3.9. Biodegradasi

(lihat Tabel 1)

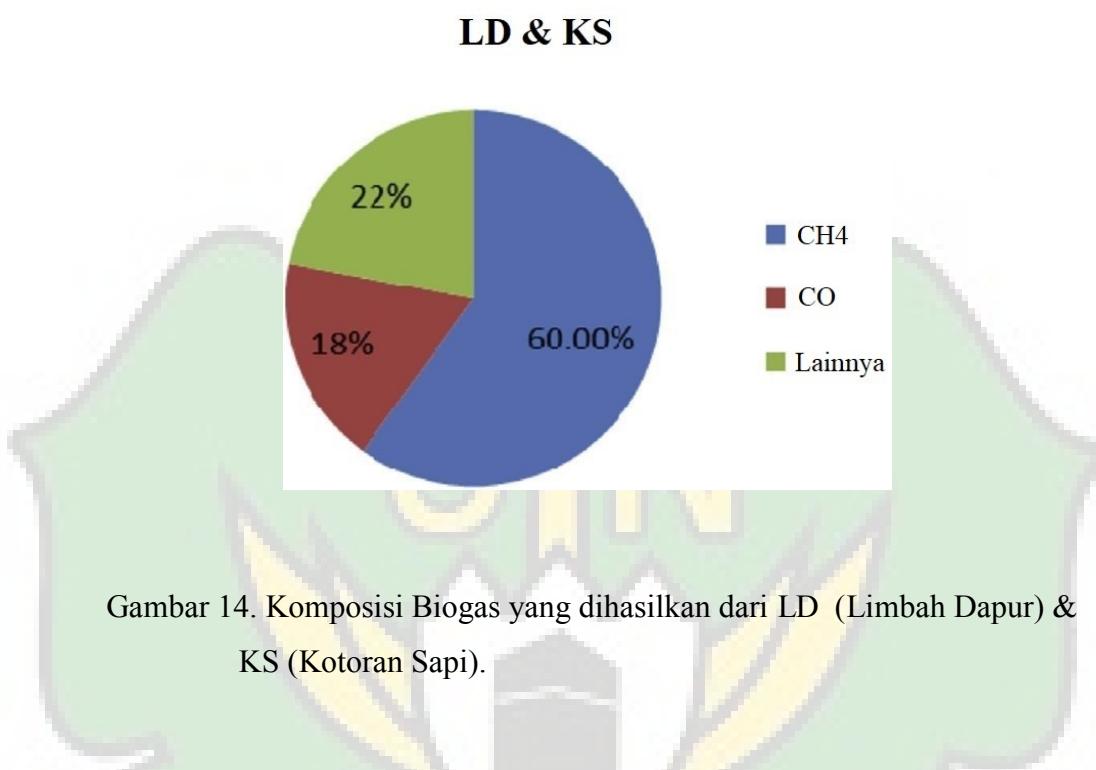
Tabel 1. tabel data untuk produksi biogas per gm biomassa (laju degradasi)

<i>Digestor</i>	Loading Rate (gm/L)	Produksi Biogas (mL)	Laju Degradasi (mL/gm)
EG þ KS þ LL	100	812	8.12
LD þ KS	100	335	3.35

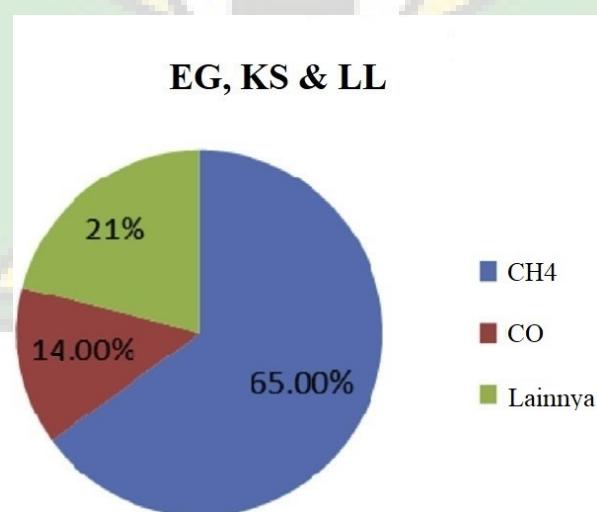
setelah 254 jam

3.10. Analisis Komposisi Gas yang dihasilkan

(lihat Gambar 14 & 15)



Gambar 14. Komposisi Biogas yang dihasilkan dari LD (Limbah Dapur) & KS (Kotoran Sapi).



Gambar 15. Komposisi Biogas yang dihasilkan dari EG (Eceng Gondok), KS (Kotoran Sapi) & LL (Limbah Lumpur).

Pada analisis komposisi ditemukan bahwa kandungan CH₄ lebih tinggi pada biogas yang dihasilkan dari EG, KS, dan LL.

Berikut adalah beberapa rekomendasi yang dapat diterapkan dalam penelitian selanjutnya:

- 1) *Slurry* dari reaktor dapat digunakan sebagai pupuk setelah diolah.
- 2) Proses berkelanjutan dapat diperkenalkan sebagai pengganti proses *batch*.
- 3) Bakteri yang bekerja pada titik maksimum produksi gas dapat diidentifikasi dan bakteri tersebut dapat ditempatkan di tempat pertama untuk meningkatkan laju produksi gas.
- 4) Kondisi mesofilik dapat dilakukan dengan meletakkan reaktor di dalam rumah kaca.
- 5) Kapur / Batu kapur dapat digunakan untuk produksi biogas yang lebih baik di daerah pedesaan atau perkotaan daripada NaOH.
- 6) Sumber baru seperti bit gula, kotoran unggas & sisa pertanian harus dipertimbangkan untuk produksi biogas.

4. Kesimpulan

Penelitian dan penyebaran biomassa sebagai bahan bakar di seluruh negeri harus mendapat prioritas yang lebih tinggi dalam mengatasi krisis energi kita. Pengembangan bioenergi berkelanjutan dapat mengurangi tingkat deforestasi yang lebih tinggi, emisi gas rumah kaca bersih, dan limbasan bahan kimia pertanian.

Dari pembahasan sebelumnya dapat dikatakan bahwa dengan kondisi Mesofilik (37 ° C) dan *Co-digestion* pada kondisi OLR (Organic Loading Rate) 100 gm / L diolah dengan NaOH 1,5%, Kotoran Sapi dan Eceng Gondok dengan Limbah Lumpur bisa menjadi sumber utama biogas potensial untuk rumah tangga

serta penggunaan energi industri. Limbah Dapur dengan KS juga bisa menjadi pengganti gas alam yang wajar. Namun, daya tahan produksi gas terlalu rendah dalam kasus ini. Kombinasi lebih lanjut dari bahan limbah perlu diuji dengan pertimbangan khusus dari Limbah Lumpur sebagai akselerator. Dipercaya bahwa dengan penerapan kombinasi bahan limbah yang efektif dan penyesuaian kondisi yang tepat, hasil yang lebih baik dapat diperoleh.

Ucapan Terima Kasih

Pekerjaan penelitian dilakukan di laboratorium Departemen Teknik Kimia dan Ilmu Polimer (CEP), Shahjalal University of Science & Technology (SUST), Sylhet-3114, Bangladesh.



BAB III

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Jurnal dan Data Artikel

Tabel. 3.1. Identitas Jurnal Ilmiah

Jurnal	Renewable Energy
Cite Score	11.2
Impact Factor	6.274
5-Year Impact Factor	5.964
Source Normalized Impact per Paper (SNIP)	2.366
SCImago Journal Rank (SJR)	2.052
Abstracting and Indexing	<ul style="list-style-type: none">• Research Alert• Current Contents - Engineering, Technology & Applied Sciences• Web of Science• Scopus• INSPEC• GeoRef• Academic Search (EBSCO)• Compendex• Engineering Information Database• EnCompass LIT (Elsevier)• FLUIDEX• Engineering Village - GEOBASE• OCLC Contents Alert• Engineering Index Monthly• Arts & Humanities Search• Science Citation Index Expanded

	<ul style="list-style-type: none"> • Web of Science • Referativnyi Zhurnal VINTI-RAN (Russian Academy of Sciences)
--	--

Tabel. 3.2. Identitas Artikel Ilmiah

Judul Artikel Ilmiah	Biogas Production from Anaerobic Co-Digestion of Cow Manure with Kitchen Waste and Water Hyacinth
Nomor	109
Tahun	2017
Halaman	434-439
Penerbit	Elsevier
Penulis	Farzana Tasnim*, Dr. Salma A. Iqbal, Aminur Rashid Chowdhury
Institusi Penulis	Department of Chemical Engineering and Polymer Science, Shahjalal University of Science and Technology, Sylhet, 3114, Bangladesh

3.2. *State of The Art*

State of the art adalah kumpulan jurnal yang digunakan sebagai referensi dalam penelitian ini. *State of the art* turut memberikan penjabaran mengenai perbedaan antara penelitian terdahulu dan penelitian selanjutnya. Berikut ini adalah *state of the art* yang dijabarkan dalam bentuk tabel:

Tabel 3.3. Jurnal Acuan Penelitian

No.	Deskripsi Jurnal	Pembahasan
1.	<i>Removal of H₂S and H₂O by Chemical Treatment to Upgrade Methane of Biogas Generated</i>	Untuk mencapai 90-98% penghilangan H ₂ S dan H ₂ O dari biogas menggunakan proses absorpsi atau adsorpsi kimia. Penghapusan H ₂ S dan H ₂ O tergantung pada penggunaan massa, konsentrasi dan kondisi pH bahan kimia. Hasil

	<p><i>from Anaerobic Co-digestion of Organic Biomass Waste</i></p> <p>Tahun : 2015</p> <p>Peneliti : Muhammad Rashed Al Mamun, Shuichi Torii</p> <p>Metode Penelitian: Kualitatif</p> <p>Jurnal : IPASJ International Journal of Mechanical Engineering (IJME)</p>	<p>penelitian menunjukkan bahwa untuk larutan FeCl₂ dan Fe₂O₃, derajat keasaman tampaknya memiliki pengaruh yang nyata terhadap kinerja desulfurisasi. Di antara semua adsorben karbon aktif berperforma terbaik, berhasil memperkaya konsentrasi CH₄ hampir 76%. Namun efisiensi penyisihan terbaik menunjukkan silika adalah 98%. Dengan demikian, mengingat eliminasi H₂S dan H₂O yang berhasil, proses kimia ini adalah metode yang layak untuk pemurnian biogas.</p> <p>Alasan Menjadi Tinjauan Penelitian : Untuk menganalisis penggunaan dari berbagai bahan kimia dalam meningkatkan kandungan metana dalam biogas.</p>
2.	<p><i>Sewage Sludge as a Biomass Resource for the Production of Energy: Overview and Assessment of the Various Options</i></p> <p>Tahun : 2008</p> <p>Peneliti : Wim Rulkens</p> <p>Metode Penelitian: Kualitatif</p>	<p>Pengolahan air limbah kota menghasilkan produksi limbah lumpur dalam jumlah besar di seluruh dunia. Kandungan bahan kering utama pada lumpur ini terdiri dari senyawa organik nontoxic, pada umumnya merupakan kombinasi antara lumpur primer dan lumpur sekunder (mikrobiologi). Produksi biogas dari Limbah Lumpur telah diterapkan di seluruh dunia dalam skala kecil, menengah, dan besar. Dengan proses ini, pengalaman substansial hadir dan diharapkan aplikasi ini semakin diperhatikan. Selain peningkatan fokus pada pemulihan dan penggunaan kembali energi, anorganik, dan fosfor, ada juga peningkatan fokus untuk menyelesaikan secara tuntas masalah senyawa organik beracun dan anorganik dalam lumpur.</p>

	Jurnal : Energy & Fuel	Alasan Menjadi Tinjauan Penelitian : Untuk menganalisis penggunaan Limbah Lumpur sebagai biogas.
3.	<p><i>Sludge Treatment to Increase Biogas Production</i></p> <p>Tahun : 2010</p> <p>Peneliti : Zhang Jie</p> <p>Metode Penelitian: Kualitatif</p> <p>Jurnal : Resources Engeneering</p>	<p>Dalam mengembangkan cara yang efisien dan ramah lingkungan untuk mengubah limbah lumpur aktif menjadi biogas, sebagai bahan bakar bersih dan terbarukan untuk berbagai penggunaan. Diketahui dengan baik bahwa hidrolisis merupakan penghambat dalam pencernaan anaerobik. metode pretreatment utama yang berpotensi meningkatkan produksi biogas dalam proses destruksi anaerobik. Metode tersebut antara lain metode termal, oksidatif, termokimia, mekanik (ultrasonik, penggilingan, homogenisasi tekanan tinggi) serta metode lain seperti hidrolisis enzimik dan lain sebagainya. Penekanan terutama diberikan pada dampaknya terhadap produksi biogas. Semua metode ini dapat meningkatkan produksi biogas sampai batas tertentu, tetapi energi yang dibutuhkan dan biaya pengoperasian bervariasi.</p> <p>Alasan Menjadi Tinjauan Penelitian : Untuk membandingkan metode-metode pembuatan biogas menggunakan Limbah Lumpur untuk meningkatkan produksi biogas.</p>

3.3. Kelebihan/Keunggulan dari Penelitian

Kelebihan dalam penelitian ini terdapat pada penggunaan Limbah Lumpur yang dapat berkerja sebagai akselerator dalam meningkatkan produksi biogas, dapat mempercepat reaksi, dan juga meningkatkan kandungan metana. Hal ini karena karakteristik Limbah Lumpur bervariasi seperti lemak, karbohidrat yang mudah terdekomposisi (UNEP, 2010).

3.4. Kekurangan/Keterbatasan dari Penelitian

Artikel ini tidak menjelaskan penelitian yang dilakukan pada eksperimen skala pilot, padahal di dalam artikel ini dijelaskan metode penelitiannya. Seharusnya jika tidak adanya hasil penelitian dari eksperimen skala pilot, tidak perlu dimuatkan metode penelitiannya.

3.5. Dampak Penelitian

Adapun dampak dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya bahwasanya kombinasi dari berbagai bahan organik dapat meningkatkan produksi biogas.
2. Sebagai upaya meminimalisirkan sampah-sampah organik yang kurang dimanfaatkan untuk diolah menjadi energi terbarukan salah satunya biogas.
3. Dapat diketahui Limbah Lumpur yang digunakan sebagai penganti air biasa dalam pembuatan biogas mampu meningkatkan produksi biogas.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. KESIMPULAN

Berdasarkan *state of the art*, penelitian ini mengikuti penelitian-penelitian sebelumnya, yang membedakan penelitian ini dengan penelitian terdahulu yaitu kombinasi antara bahan organik dengan penggunaan Limbah Lumpur sebagai pengganti air biasa untuk bahan pembuatan biogas. Keunggulan penggunaan Limbah Lumpur dalam penelitian ini yaitu dapat mempercepat laju proses fermentasi dan juga dapat meningkatkan produksi biogas dikarenakan Limbah Lumpur mudah terurai secara hayati karena terdiri dari karbohidrat dan lemak yang dapat dicerna (Hartman, dkk, 2000).

4.2. SARAN

Dari hasil penelitian dalam artikel ini dapat dijadikan acuan dalam penelitian selanjutnya yang menggunakan Limbah Lumpur sebagai pengganti air biasa dalam proses pembuatan biogas dengan metode yang sama, namun dengan sampah organik dan parameter yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Hartmann, H., I. Angelidaki, B.K. Ahring. 2000. Meningkatnya Degradasi Anaerobik Bahan Organik Partikulat di Instalasi Biogas Skala Penuh dengan Masera Mekanis, *Water Sci. Technol.* 41: 145-153.
- Islam M. Rafiqul, Barun Krishna Bakshi, Shamsun Nahar Momotaz. 2000. Prospek Energi Terbarukan di Bangladesh: Fokus pada Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa, *J. Bus. Res.* 4.
- Al Mamun Muhammad Rashed, Shuichi Torii. 2015. Penghapusan H₂S dan H₂O dengan Pengolahan Kimia untuk Meningkatkan Metana Biogas yang dihasilkan dari *Co-Digestion* Anaerobik Limbah Biomassa Organik, *IPASJ* 3 (12).
- UNEP. 2010. Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa. Pengolahan lumpur, penggunaan kembali dan pembuangan.
- Rulkens Wim. 2008. Limbah Lumpur Sebagai Sumber Daya Biomassa untuk produksi Energi: Tinjauan Umum dan Penilaian Berbagai Pilihan, *Energi & Bahan Bakar* 22, 9-15.
- Hanjie Zhang. 2010. Pengolahan Lumpur untuk Meningkatkan Produksi Biogas.