

**STUDI POTENSI ENERGI DAN REDUKSI EMISI GAS RUMAH KACA
DARI BIOGAS HASIL PEMANFAATAN LIMBAH TONGKOL JAGUNG
(*Zea mays L.*) DAN KOTORAN SAPI**

(Skripsi)

Oleh

SITI AISYAH



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRACT

THE STUDY OF POTENTIAL ENERGY AND GREENHOUSE GAS EMISSION REDUCTION FROM CORN COB (*Zea mays L.*) WASTE AND COW DUNG BIOGAS UTILIZATION

BY

SITI AISYAH

Global warming is a phenomenon of trapped solar energy that causes gradual increase in the overall temperature of earth's atmosphere. The impact of global warming is now a serious problem facing all parts of the world. In accordance with Presidential Regulation No. 61 of 2011 concerning the Preparation of a National Action Plan for Reducing Greenhouse Gas Emissions (RAN-GRK) and Number 71 concerning the Implementation of a National Greenhouse Gas Inventory, the Indonesian government has committed to reduce GHG emissions by 26% or 0.767 Gton CO₂e at 2020. One of the zero waste concepts that is expected to help slow the pace of global warming is biogas technology. Besides being an alternative energy, biogas can also reduce environmental problems, such as air pollution, soil pollution, and global warming. Biogas can be also produced from processing agricultural waste. One of the potential

agricultural wastes to be used as raw material for making biogas is corn cobs. Corn cobs can be produced into biogas because corn cobs contain 43.42% carbon content and 6.32% hydrogen with calorific values ranging from 14.7-18.9 MJ / kg.

This research was conducted to find out how much potential energy and the reduction of greenhouse gas (GHG) emissions produced in the processing of corn cob and cow dung waste mixture. Calculations are made using emission factors that have been agreed globally. Data from observations are presented in the form of graphs and tables and analyzed descriptively. The Calculation of potential energy and the reduction of greenhouse gas emissions using data obtained from the value of Total Solid (TS) and Volatile Solid (VS) corn cobs that have been through anaerobic process to produce biogas.

The mixing process of corn cobs and cow dung with a ratio of 0.08 kg of corn cobs and 0.5 kg cow dung with 90 days fermentation treatment has a potential energy of 0,002 kWh or equivalent to electrical energy of 0 , 0007 kWh. The mixing process of corn cobs and cow dung into biogas with a substrate ratio of 0.08 kg of corn cobs and 0.5 kg of cow dung for 90 days can also reduce GHG emissions by 34,95 kg CO₂e.

Keywords: potential energy, reduction of greenhouse gas emissions, corn cobs

ABSTRAK

STUDI POTENSI ENERGI DAN REDUKSI EMISI GAS RUMAH KACA DARI BIOGAS HASIL PEMANFAATAN LIMBAH TONGKOL JAGUNG (*Zea mays L.*) DAN KOTORAN SAPI

Oleh

SITI AISYAH

Proses pemanasan global merupakan suatu fenomena terperangkapnya energi matahari dalam atmosfer bumi yang menyebabkan peningkatan temperatur global yang terus terjadi dari tahun ke tahun. Dampak pemanasan global saat ini menjadi masalah serius yang dihadapi seluruh bagian dunia. Sesuai dengan Peraturan Presiden Nomor 61 tahun 2011 tentang Penyusunan Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK) dan Nomor 71 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, pemerintah Indonesia telah berkomitmen untuk mengurangi emisi GRK sebesar 26% atau 0,767 Gton CO₂e pada tahun 2020. Salah satu konsep *zero waste* yang diharapkan dapat membantu memperlambat laju pemanasan global adalah teknologi biogas. Selain bisa menjadi energi alternatif, biogas juga dapat mengurangi permasalahan

lingkungan, seperti polusi udara, polusi tanah, dan pemanasan global. Biogas dapat dihasilkan dari pengolahan limbah pertanian. Salah satu limbah pertanian yang potensial untuk dijadikan bahan baku pembuatan biogas adalah tongkol jagung. Tongkol jagung dapat diproduksi menjadi biogas karena dalam tongkol jagung mengandung kadar unsur karbon 43,42% dan hidrogen 6,32% dengan nilai kalornya berkisar antara 14,7-18,9 MJ/kg.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar potensi energi dan penurunan emisi gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan pada pengolahan campuran limbah tongkol jagung dan kotoran sapi. Perhitungan dilakukan menggunakan faktor-faktor emisi yang sudah disepakati secara global. Data dari hasil pengamatan disajikan dalam bentuk grafik dan table serta dianalisis secara deskriptif. Perhitungan potensi energy dan reduksi emisi gas rumah kaca menggunakan data yang diperoleh dari nilai Total Solid (TS) dan Volatil Solid (VS) tongkol jagung yang telah melalui proses anaerobik menghasilkan biogas.

Proses pengolahan campuran tongkol jagung dan kotoran sapi dengan perbandingan 0,08 kg tongkol jagung dan 0,5 kg kotoran sapi dengan perlakuan lama fermentasi 90 hari memiliki potensi energi sebesar 0,02 kWh atau setara dengan energi listrik sebesar 0,007 kWh. Pengolahan campuran tongkol jagung dan kotoran sapi menjadi biogas dengan perbandingan substrat 0,08 kg tongkol jagung dan 0,5 kg kotoran sapi selama 90 hari juga dapat mereduksi emisi GRK hingga 34,95 kg CO₂e.

Kata kunci : Potensi energi, reduksi emisi gas rumah kaca, tongkol jagung

**STUDI POTENSI ENERGI DAN REDUKSI EMISI GAS RUMAH KACA
DARI BIOGAS HASIL PEMANFAATAN LIMBAH TONGKOL JAGUNG
(*Zea mays L.*) DAN KOTORAN SAPI**

Oleh

SITI AISYAH

Skripsi

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

pada

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



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **STUDI POTENSI ENERGI DAN REDUKSI EMISI GAS RUMAH KACA DARI BIOGAS HASIL PEMANFAATAN LIMBAH TONGKOL JAGUNG (*Zea mays L.*) DAN KOTORAN SAPI**

Nama Mahasiswa : **Siti Aisyah**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1414051091

Program Studi : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Pertanian



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

Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si.
NIP. 19680807 1993303 1 002

2. Ketua Jurusan

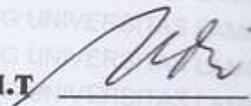
Ir. Susilawati, M.Si.
NIP. 19610806 198702 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

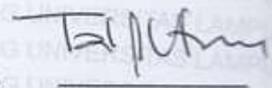
Ketua

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



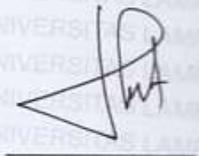
Sekretaris

: Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si.



Penguji

Bukan pembimbing : Dr. Sri Hidayati, S.T.P.,M.P.

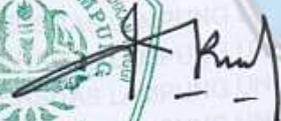


2. Dekan Fakultas Pertanian



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

NIP. 19611020 198603 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 10 September 2019

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Siti Aisyah NPM 1414051091

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

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

Bandar Lampung, 10 September 2019
Yang membuat pernyataan,




Siti Aisyah
NPM. 1414051091

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Liwa, Lampung Barat pada tanggal 09 Juli 1996, merupakan anak keempat dari enam bersaudara, pasangan Bapak Sodikin dan Ibu Imyati. Penulis mengawali pendidikan formal di Sekolah Dasar Negeri (SDN) 1 Sekincau diselesaikan pada tahun 2008, Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 1 Sekincau diselesaikan pada tahun 2011, dan Sekolah Menengah Atas YPP Proklamasi 1945 Bekasi Barat diselesaikan pada tahun 2014. Setelah penulis menyelesaikan pendidikannya di SMA, pada tahun 2014 penulis terdaftar sebagai mahasiswi Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur masuk Mandiri.

Selama berada di bangku perkuliahan, penulis pernah menjadi asisten praktikum di beberapa mata kuliah yaitu mata kuliah Teknologi Bahan Penyegar pada tahun ajaran 2016/2017, mata kuliah Pengolahan Limbah Agroindustri pada tahun ajaran 2016/2017, dan mata kuliah Teknologi Bahan Nabati pada tahun ajaran 2017/2018. Pada tahun 2017, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik di Desa Sri Basuki, Kecamatan Seputih Banyak, Kabupaten Lampung Tengah dan pada tahun yang sama, penulis melaksanakan Praktik Umum di Tahu Susu Lembang Bandung Jawa Barat.

SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji dan syukur Penulis hanturkan kepada Allah SWT karena atas rahmat dan ridho-Nya lah, Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**Studi Potensi Energi dan Reduksi Emisi Gas Rumah Kaca dari Biogas Hasil pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung (*Zea mays L.*) dan Kotoran Sapi**". Selama pelaksanaan penelitian dan proses penulisan skripsi, telah banyak pihak yang memberikan bantuan dan motivasi yang besar kepada penulis. Sehingga dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Ibu Ir. Susilawati, M.Si selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung, terima kasih atas segala bantuan dan saran yang telah diberikan .
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Udin Hasanudin, M.T. selaku ketua komisi pembimbing dan pembimbing akademik terima kasih atas segala bimbingan, bantuan, saran, dan dukungan yang diberikan selama proses penyusunan skripsi penulis.

4. Bapak Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si. selaku anggota komisi pembimbing terima kasih atas segala pelajaran, bimbingan, saran, dan motivasi yang diberikan selama proses penyusunan skripsi penulis.
5. Ibu Dr. Sri Hidayati, S.T.P.,M.P. selaku penguji utama yang telah banyak memberikan kritik, saran dan bimbingan terhadap karya skripsi penulis.
6. Seluruh bapak dan ibu dosen THP serta seluruh karyawan yang telah sangat membantu selama perkuliahan dan penelitian ini atas semua bimbingan dan bantuannya.
7. Keluargaku tercinta: Bapak dan Ibu, Kakak dan Adik terimakasih banyak atas do'a, semangat, nasihat, motivasi, kasih sayang serta waktu yang telah diluangkan untuk mendengarkan keluh kesahku.
8. Seluruh sahabat – sahabat terkasih di perkuliahan dan juga semasa sekolah shinta,ica,ira,mm,wita,amal,lulu,sahel,ara,wiji,windy,anun,mia,bella dan juga tita yang sudah selalu menemani saat bersenang-senang kala hati gusar karena penyusunan skripsi ini.
9. Shinta Tri Aji Nurayu aka Erika from The Barbie as The Princess and the Pauper yang selalu di dracarys bareng, terimakasih atas dukungan mental yang selalu dikucurkan ke pada saya. Kalau kita terlahir kembali gua pengen jadi Lord Tywin dan elu jadi Cersei biar kita jadi jahat aja.
10. Keluarga besar THP angkatan 2014 terima kasih atas kekeluargaan dan semangatnya selama ini.
11. Keluarga besar Laboratorium Pengelolaan Limbah Agroindustri THP FP Unila atas dukungan, semangat dan nasehat kepada penulis.

Akhir kata, semoga Allah SWT membalas segala keikhlasannya, *Jazakumullah khairan katsiran* dan penulis berharap skripsi ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat.

Bandar Lampung, 10 September 2019

Siti Aisyah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	4
1.3. Kerangka Pemikiran.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Emisi Gas Rumah Kaca	7
2.2. Produksi Jagung di Provinsi Lampung	8
2.3. Proses Pengolahan Jagung	9
2.4. Limbah Tanaman Jagung (Tongkol Jagung).....	11
2.5. Komponen Serat Biomassa Jagung.....	12
2.6. Pengolahan Tongkol Jagung secara Anaerobik	15
2.7. Karakteristik Kotoran Sapi.....	18
III. BAHAN DAN METODE	21
3.1 Tempat dan Waktu	21
3.2. Alat dan Bahan.....	21
3.3. Metode Penelitian.....	22

3.4. Pelaksanaan Penelitian	22
3.4.1. Pengumpulan Data	22
3.4.2. Pelaksanaan Penelitian	23
3.4.3. Perhitungan Potensi Energi dan Gas Rumah Kaca	25
IV. PEMBAHASAN	
4.1. Karakteristik Bahan Campuran Tongkol Jagung dan Kotoran Sapi (TS dan VS)	27
4.2. Potensi Energi dari Limbah Tongkol Jagung dengan Campuran Kotoran Sapi	29
4.3. Potensi Reduksi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK)	34
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	38
5.2. Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Produksi Jagung Provinsi Lampung Tahun 2013-2016.....	8
Tabel 2. Komposisi Kimia Tongkol Jagung	11
Tabel 3. Kandungan unsur hara kotoran sapi, kambing, domba dan ayam.....	20
Tabel 4. Karakteristik Substrat.....	27
Tabel 5. Data TS dan VS awal serta akhir	30
Tabel 6. Potensi energi dan emisi GRK dari campuran limbah tongkol jagung dan kotoran sapi dengan perbandingan 0,08 kg tongkol jagung dan 0,5 kg kotoran sapi dengan perlakuan lama fermentasi 90 hari.....	32
Tabel 7. Potensi Energi dari Biogas camouran Tongkol Jagung dan Kotoran Sapi di Lampung dari tahun 2015 – 2017.....	33
Tabel 8. Reduksi Emisi Gas Rumah Kaca	35
Tabel 9. Potensi reduksi emisi gas rumah kaca dari Biogas campuran Tongkol Jagung dan Kotoran Sapi di Lampung dari tahun 2015 – 2017	36
Tabel 10. Hasil perhitungan produktivitas biogas (mL/VS _{removed}).....	45
Tabel 11. Hasil perhitungan produktivitas metan (mL/VS _{removed})	46
Tabel 12. Hasil analisis <i>Volatile Solid</i> (VS) dan <i>Total Solid</i> (TS) campuran tiap perlakuan	47
Tabel 13. Produktivitas biogas masing-masing perlakuan (VS _{removed}) ...	47
Tabel 14. Produktivitas metana masing-masing perlakuan (VS _{removed}).....	48

Tabel 15. Volume gas harian biogas 49

Tabel 16. Volume gas kumulatif biogas 53

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Diagram Alir Kerangka Pikir.....	6
Gambar 2. Proses Pembentukan Gas Metan.....	16
Gambar 3. Diagram Alir Pengumpulan Data	23
Gambar 4. Diagram Produktivitas Biogas (Ton/VS removal).....	31
Gambar 5. Proses pengecilan ukuran tongkol jagung.....	62
Gambar 6. Pembongkaran reaktor.....	62
Gambar 7. Proses pembakaran sebelum dimasukkan tanur	63
Gambar 8. Penghalusan sampel untuk analisis C/N ratio	63
Gambar 9. Penimbangan cawan kosong untuk analisis	64
Gambar 10. Penimbangan bahan substrat	64
Gambar 11. Bioreaktor tipe batch	65
Gambar 12. Grafik komposisi biogas bioreaktor P0 (30 hari)	65

I. PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Dampak pemanasan global saat ini menjadi masalah serius yang dihadapi seluruh bagian dunia. Proses pemanasan global merupakan suatu fenomena terperangkapnya energi matahari dalam atmosfer bumi yang menyebabkan peningkatan temperatur global yang terus terjadi dari tahun ke tahun (IPCC, 2006). Pemanasan global yang disebabkan oleh emisi gas rumah kaca memberikan dampak yang berbeda-beda, untuk membandingkan dampak yang ditimbulkan, digunakan Indeks Potensi Pemanasan Global (*Global Warming Potential*). Gas CO₂ memberikan sumbangan emisi GRK tertinggi yaitu sebesar 55%. Gas CH₄ hanya berkontribusi sekitar 15 % namun gas ini 21 kali lipat berpotensi menyebabkan efek rumah kaca dari gas CO₂ (Balitbang Pertanian, 2011).

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2009), berdasarkan skenario SNC (*Second National Communication*) tingkat emisi di Indonesia diperkirakan akan meningkat dari 1,72 Gton CO₂e pada tahun 2000, menjadi 2,95 Gton CO₂e pada tahun 2020. Sesuai dengan Peraturan Presiden Nomor 61 tahun 2011 tentang Penyusunan Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK) dan Nomor 71 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca

Nasional, pemerintah Indonesia telah berkomitmen untuk mengurangi emisi GRK sebesar 26% atau 0,767 Gton CO₂e pada tahun 2020 dan kemungkinan tambahan sebesar 15% atau 0,477 Gton CO₂e bila ada bantuan pendanaan internasional (Perpres RAN-GRK, 2010). Berdasarkan hal-hal tersebut, perlu dilakukan pengendalian agar GRK dapat direduksi.

Salah satu konsep *zero waste* yang diharapkan dapat membantu memperlambat laju pemanasan global adalah teknologi biogas. Selain bisa menjadi energi alternatif, biogas juga dapat mengurangi permasalahan lingkungan, seperti polusi udara, polusi tanah, dan pemanasan global (Wahyuni, 2011). Salah satu teknologi yang sesuai dengan keadaan tersebut ialah teknologi biogas. Menurut Suyitno (2010), biogas adalah campuran gas yang dihasilkan oleh bakteri metanogenik, terjadi pada material-material yang dapat terurai secara alami dalam kondisi anaerobik. Biogas memiliki berat berkisar 20% lebih ringan dibandingkan udara dan memiliki suhu pembakaran antara 650 sampai 750°C. Biogas tidak berbau dan tidak berwarna yang apabila dibakar akan menghasilkan nyala api biru cerah seperti gas LPG. Nilai kalor gas metana adalah 20MJ/m³ dengan efisiensi pembakaran 60% pada konvensional kompor biogas. Menurut Hermawan (2007), biogas dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembangkit listrik, pemanas ruangan, pemanas air, serta apabila dikompresi biogas dapat menggantikan gas alam terkompresi yang digunakan pada kendaraan.

Biogas dapat dihasilkan dari pengolahan limbah pertanian. Limbah komoditi pertanian mempunyai prospek cukup baik untuk digunakan sebagai bahan baku Bahan Bakar Nabati. Salah satu limbah pertanian yang potensial untuk dijadikan bahan baku pembuatan biogas adalah tongkol jagung. Tongkol jagung merupakan

salah satu limbah biomassa yang banyak tersedia di Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS, 2016), peramalan produksi jagung pada tahun 2017 sebesar 22,67 juta ton dari 21,84 juta ton pada tahun 2016 atau meningkat sebesar 3,84%. Tingginya produksi jagung tiap tahunnya berdampak pada tingginya limbah yang dihasilkan terutama limbah tongkol jagung. Dari setiap panen jagung diperkirakan jagung (rendemen) yang dihasilkan sekitar 65%, sementara 35% dalam bentuk limbah salah satunya tongkol jagung (Haluti, 2015).

Namun, pemanfaatan dari tongkol jagung ini belum banyak dikembangkan secara optimal. Selama ini masyarakat cenderung memanfaatkan limbah tongkol jagung hanya sebagai bahan pakan ternak, bahan bakar atau terbuang percuma. Pada umumnya, penelitian tentang pemanfaatan jagung ini sudah banyak dilakukan dalam mengurangi pencemaran lingkungan, seperti pembuatan arang aktif (Amin, 2016) dan pembuatan bioetanol (Mushlihah, 2013). Akan tetapi, pemanfaatan tersebut masih skala penelitian belum teraplikasikan secara maksimal. Oleh karena itu, diperlukan penelitian pemanfaatan tongkol jagung yang lebih sederhana dan dapat diaplikasikan secara langsung.

Tongkol jagung dapat diproduksi menjadi biogas karena dalam tongkol jagung mengandung kadar unsur karbon 43,42% dan hidrogen 6,32% dengan nilai kalornya berkisar antara 14,7-18,9 MJ/kg (Mutmainnah, 2012). Menurut Widarti (2016), tongkol jagung juga mengandung serat kasar yang cukup tinggi yakni 33%, kandungan selulosa sekitar 44,9% dan kandungan lignin sekitar 33,3%. Kandungan Lignin yang tinggi pada tongkol jagung menjadi inhibitor dalam produksi biogas. Proses pembuatan biogas diperlukan bakteri metanogenik untuk

menghasilkan gas metan. Salah satu bahan alami yang mengandung bakteri metanogenik adalah kotoran sapi.

Produksi biogas ini dapat menjadi sumber energi tambahan yang dapat dihasilkan dari hasil pemanfaatan limbah tongkol jagung dan dapat membantu menurunkan emisi gas rumah kaca karena gas metan yang dihasilkan tidak terdispersi ke udara melainkan digunakan sebagai bahan bakar. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar potensi energi dan penurunan emisi gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan pada pengolahan campuran limbah tongkol jagung dan kotoran sapi.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung potensi energi dari campuran limbah tongkol jagung dan kotoran sapi.
2. Menghitung potensi reduksi emisi gas rumah kaca (GRK) dari campuran air limbah tongkol jagung dan kotoran sapi.

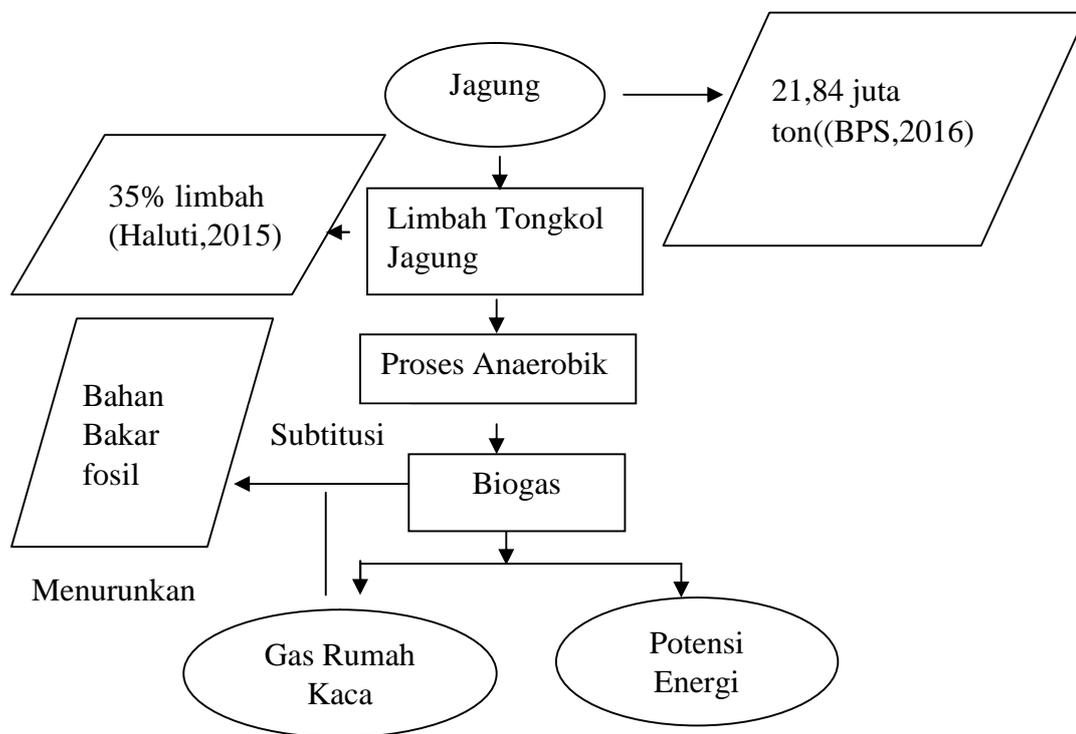
1.3. Kerangka Pemikiran

Tongkol jagung merupakan simpanan makanan untuk pertumbuhan biji jagung selama melekat pada tongkol. Limbah tongkol jagung khususnya di daerah Lampung belum terolah secara maksimal agar bernilai ekonomis serta lebih efisien dan efektif dalam penggunaannya. Rendemen yang dihasilkan dari setiap hasil panen jagung sekitar 65%, sementara 35% dalam bentuk limbah salah satunya tongkol jagung (Haluti, 2015). Tongkol jagung mengandung kadar unsur

karbon 43,42% dan hidrogen 6,32% dengan nilai kalornya berkisar antara 14,7-18,9 MJ/kg (Mutmainnah, 2012). Menurut Widarti (2016), tongkol jagung juga mengandung serat kasar yang cukup tinggi yakni 33%, kandungan selulosa sekitar 44,9% dan kandungan lignin sekitar 33,3%.

Proses anaerobik mampu mengubah kandungan selulosa dalam tongkol jagung menjadi biogas. Biogas merupakan gas yang diproduksi sebagai hasil dari proses mikroorganisme anaerobik pada limbah pertanian, seperti dalam penelitian yang telah dilakukan (Ibrahim dan Imrana, 2016) proses anaerobik mampu menghasilkan biogas dengan proses hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis dan metanogenesis. Biogas yang dihasilkan dari pemanfaatan limbah tongkol jagung merupakan sumber *renewable energy* penting sebagai substitusi unggul dan mampu menyumbangkan andil untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar. Selain sebagai energi terbarukan biogas hasil pemanfaatan tongkol jagung juga dapat mengurangi masalah lingkungan yaitu pemanasan global oleh gas rumah kaca karena digunakan sebagai substitusi bahan bakar fosil.

Penelitian kali ini melakukan perhitungan mengenai potensi energi dan reduksi emisi gas rumah kaca dari campuran limbah tongkol jagung dan kotoran sapi dengan perlakuan perbandingan substrat dan kotoran sapi menggunakan digester *batch* berkapasitas 2 Liter. Diagram kerangka pikir dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Kerangka Pemikiran

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Emisi Gas Rumah Kaca

Gas rumah kaca merupakan gas yang berperan dalam pemanasan global. Gas tersebut mengakibatkan energi dari sinar matahari tidak dapat dipantulkan keluar bumi dan sebagian besar inframerah yang dipancarkan oleh bumi tertahan oleh awan dan gas-gas rumah kaca untuk dikembalikan ke permukaan bumi. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya peningkatan suhu pada permukaan bumi hingga terjadinya fenomena pemanasan global (Rukaesih, 2004). Berdasarkan perhitungan simulasi, efek gas rumah kaca dapat meningkatkan suhu bumi rata-rata 1-5°C, jika peningkatan gas rumah kaca terus terjadi, pada sekitar tahun 2030 akan terjadi peningkatan suhu bumi antara 1,5-4,5°C (Suarsana dan Wahyuni, 2011).

Berdasarkan Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Republik Indonesia tahun 2014, emisi gas rumah kaca (GRK) dari sektor industri mencakup karbondioksida (CO₂), metana (CH₄), dinitrogen oksida (N₂O), perfluorokarbon (PFC) dalam bentuk tetrafluoromethane (CF₄) dan hexafluoroethane (C₂F₆). Dari beberapa jenis gas tersebut gas CO₂ memberikan kontribusi terbesar terhadap pemanasan global dan diikuti oleh gas CH₄. Industrialisasi dan pembangunan memberikan andil terciptanya pemanasan global. Sudah banyak upaya untuk menekan atau

mencegah peningkatan pemanasan global, tidak hanya dalam konteks lokal, tetapi juga di level internasional dan nasional (Rudy dan Agus, 2008). Total emisi gas rumah kaca di Indonesia dari semua sektor pada tahun 2000 sebesar 1.377.982 Gg CO₂e dan sektor industri memberikan kontribusi sebesar 3,12%.

2.2Produksi Jagung di Provinsi Lampung

Jagung merupakan salah satu komoditi utama di provinsi Lampung. Produksi jagung dalam jumlah ton di Provinsi Lampung tahun 2013-2016 mencapai 1.720.196 ton jagung, disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Produksi Jagung Provinsi Lampung Tahun 2013-2016

Produksi Singkong per Tahun	Luas Panen (Ha)	Jagung (ton)
2013	346.315	1.760.278
2014	338.885	1.719.386
2015	293.521	1.502.800
2016	340.200	1.720.196

Sumber : BPS Provinsi Lampung (2016)

Salah satu komoditas tanaman pangan yang terus ditingkatkan produksinya untuk menunjang kebutuhan pangan nasional adalah jagung. Jagung merupakan komoditas pangan yang menduduki posisi kedua setelah padi di Provinsi Lampung. Provinsi Lampung merupakan salah satu sentra penghasil jagung. Produksi jagung di Provinsi Lampung adalah penyumbang nomor tiga nasional setelah Jawa Timur dan Jawa Tengah. Di provinsi Lampung tanaman jagung tersebar di 14 kabupaten/kota. Produksi jagung di provinsi Lampung selalu mengalami peningkatan, peramalan produksi jagung pada tahun 2017 sebesar 2,4 juta ton dari 1,7 juta ton pada tahun 2016 atau meningkat sebesar 39,6% (Badan Pusat

Statistik, 2016). Jagung mengandung kurang lebih 30% tongkol jagung dan sisanya adalah biji dan kulit (Koswara, 1992).

2.3. Proses Pengolahan Jagung

Sebagian besar petani jagung di provinsi Lampung akan mengolah jagung menjadi produk antara (*intermediate product*) salah satunya produk jagung pipil. Setelah masa panen jagung, jagung yang telah kering sudah bisa dilakukan Pemipilan. Proses pemipilan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu manual dan mekanis.

1. Secara manual

Pemipilan secara manual mempunyai beberapa keuntungan, antara lain persentase biji rendah dan sedikit kotoran yang tercampur dalam biji. Kapasitas pemipilannya sangat rendah yaitu 10-20 kg/jam/orang, sehingga dibutuhkan waktu 8,33 hari untuk memipil satu ton jagung. Lamanya waktu pemipilan menyebabkan penundaan proses selanjutnya, sehingga mempercepat berkembangnya aflatoksin. Pemipilan jagung dengan tenaga manusia dapat dilakukan dengan tangan, tongkat pemukul, gosrokan, pemipil besi diputar, pemipil besi bergerigi dan alat pemipil jagung sederhana lainnya. Pemipilan jagung dengan tenaga manusia sebaiknya dilakukan pada tingkat kadar air 17%. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya peningkatan kerusakan mutu pada jagung. Pemipilan jagung yang paling sederhana adalah dengan menggunakan tangan. Dengan metode ini, kapasitasnya rendah dan kerusakan mekanisnya kecil. Pemipilan jagung dengan tongkat pemukul sebaiknya tidak dilakukan lagi karena pemipilannya tidak sempurna sehingga biji masih banyak yang tertinggal padatongkol dan kerusakannya lebih besar.

2. Secara Mekanis

Pemipilan secara mekanis yaitu dengan menggunakan mesin pemipil jagung lebih besar dari cara manual. Namun apabila cara pengoperasiannya tidak benar dan kadar air jagung yang di pipil tidak sesuai, maka akan mempengaruhi viabilitas benih. Mesin pemipil jagung telah banyak dihasilkan dan dikenal masyarakat namun banyak menghasilkan jagung pipil untuk bahan baku pakan maupun pangan. Pemipilan dengan tenaga mekanis umumnya dilakukan oleh petani pada pusat-pusat produksi jagung, dengan cara menyewa mesin pemipil tersebut.

Pemipil jagung mekanis telah banyak dibuat di Indonesia baik oleh industri alat pertanian skala besar maupun oleh bengkel lokal di pedesaan. Mutu dan harga pemipil jagung buatan lokal dapat bersaing dengan buatan industri alat pertanian. Harga sebuah pemipil jagung mekanis tergantung pada merk dan buatan, kapasitas

Mesin pemipil jagung mekanis biasanya digerakkan oleh motor diesel 5 PK untuk mesin tanpa kipas dan 7 PK untuk mesin dengan kipas. Sebaliknya sebuah mesin pemipil lain yang bekerja tanpa motor hanya berkapasitas 1,0 ton jagung pipil/jam. Dengan pemipil ini, tongkol yang telah dipipil di-masukkan kembali ke dalam mesin pemipil. Walaupun demikian, diperkirakan terdapat 0,5% susut tercecer akibat adanya butiran jagung yang masih melekat pada tongkol. Yang perlu diperhatikan adalah mesin pemipil jagung dengan konstruksi gigi khusus sehingga dapat digunakan untuk pemipilan jagung pada kadar air sekitar 35%. Mesin pemipil model ini bekerja di daerah produksi jagung yang menghasilkan jagung pipil dengan mutu yang baik dan biaya yang rendah bagi petani (Firmansyah, 2011)

2.4 Limbah Tanaman Jagung (Tongkol Jagung)

Tongkol jagung merupakan bagian tanaman jagung yang tidak dimanfaatkan sebagai makanan pokok. Tongkol ini termasuk dalam biomassa jagung.

Tongkol jagung merupakan simpanan makanan untuk pertumbuhan biji jagung selama melekat pada tongkol. Panjang tongkol bervariasi antara 8-12 cm (Effendi dan Sulistiati, 1991). Tanaman jagung mempunyai satu atau dua tongkol, tergantung varietas. Tongkol jagung diselimuti oleh daun kelobot.

Tongkol jagung yang terletak pada bagian atas umumnya lebih dahulu terbentuk dan lebih besar dibanding yang 6 terletak pada bagian bawah. Setiap tongkol terdiri atas 10- 16 baris biji yang jumlahnya selalu genap (Subekti, 2009)

Komposisi kimia tongkol jagung disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Kimia Tongkol Jagung

Komponen (%)	a	B	C	d
Glukan (%)	39,4			
Xilan (%)	28,4	12,4		
Arabinan (%)	3,6			
Galaktan (%)	1,1			
Mannan (%)	7,0			
Lignin (%)	1,7	9,1	15	15,0
Abu Protein (%)	1,7			
Lemak Kasar (%)	3,2			
Air (%)	0,7			
Serat Kasar (%)		38,99		
Selulosa(%)		19,49	45	50,5
Hemiselulosa (%)			35	31,0
Panas	18,770			
Pembakaran Kotor (kj/kg)				
Panas	17,580			
Pembakaran Bersih (kj/kg)				

a.Wyman (1987) di dalam White dan Lawrence (2003)

b.Richana (2004)

c.Sun, Ye dan Jiayang Cheng (2002)

d.Worasuwannarak (2007)

Biomassa jagung terdiri dari tiga komponen serat utama (hemiselulosa, selulosa, dan lignin) serta komponen organik lain dalam jumlah yang kecil (Amin dan M. Asmadi, 2009).

2.5. Komponen Serat Biomassa Jagung

2.5.1. Selulosa

Selulosa merupakan homopolisakarida yang tersusun atas unit-unit β -D-glukopiranososa yang terikat satu sama lain dengan ikatan-ikatan glikosida. Molekul-molekul selulosa seluruhnya berbentuk linier dan mempunyai kecenderungan kuat membentuk ikatan-ikatan hydrogen intra dan intermolekul (Sjostrom, 1993). Sekitar 40-50% bagian dari suatu material adalah selulosa. Selulosa memiliki rantai panjang glukosa yang terikat secara kovalen sehingga menjadi suatu struktur kristal. Serat selulosa dapat diolah menjadi kertas, kayu, dan lain-lain karena kekuatannya (Wyman, 1987 di dalam White dan Lawrence, 2003). Gugus fungsional dari rantai selulosa adalah gugus hydroxyl. Gugus -OH ini dapat berinteraksi satu sama lain dengan gugus -O, -N, dan -S, membentuk ikatan hidrogen. Ikatan -H juga terjadi antara gugus -OH selulosa dengan air. Gugus -OH selulosa menyebabkan permukaan selulosa menjadi hidrofilik. Rantai selulosa memiliki gugus -H di kedua ujungnya. Ujung -C1 memiliki sifat pereduksi. Struktur rantai selulosa distabilkan oleh ikatan hidrogen yang kuat di sepanjang rantai (Isroi, 2008).

2.5.2. Hemiselulosa

Hemiselulosa merujuk pada polisakarida yang mengisi ruang antara serat-serat

selulosa dalam dinding sel tumbuhan. Secara biokimiawi, hemiselulosa adalah semua polisakarida yang dapat diekstraksi dalam larutan basa (alkalis). Sekitar 25-30% bagian biomassa adalah hemiselulosa. Hemiselulosa memiliki rantai panjang dari gula arabinosa, galaktosa, glukosa, manosa, dan xilosa, serta sebagian kecil terdiri dari asam asetat. Hemiselulosa tidak berbentuk kristal dan komponen gula lebih cepat terhidrolisis oleh asam daripada selulosa. Keberagaman komposisi hemiselulosa dapat menghasilkan banyak produk, akan tetapi masih kurang dalam pengolahannya terutama untuk dijadikan etanol (Wyman, 1987 di dalam White dan Lawrence, 2003).

Komponen penyusun hemiselulosa terbesar adalah xilan yang memiliki ikatan rantai β -1,4-xilosida dan biasanya tersusun atas 150-200 monomer xilosa. Rantai hemiselulosa dapat terdiri atas dua atau lebih jenis monomer penyusun (heteropolimer), seperti 4-O-metilglukoronoxilosa, dan dapat pula terdiri atas satu jenis monomer, seperti xilan yang merupakan polimer xilosa (Rihana dan Suarni, 2000). Xilan dapat larut dalam larutan alkali (NaOH atau KOH 2-15%) dan air. Xilan terdapat hampir pada semua tanaman, khususnya limbah tanaman pangan seperti tongkol jagung, bagas tebu, jerami padi, dedak gandum, dan biji kapas. Kandungan xilan dalam bahan-bahan tersebut adalah 16-40% (Rihana dan Suarni, 2000). Hemiselulosa adalah komponen kayu yang mengalami pirolisa paling awal menghasilkan furfural, furan, asam asetat, dan homolognya. Hemiselulosa terdiri dari pentosan ($C_5H_8O_4$) dan heksosan ($C_6H_{10}O_5$) dan rata-rata proporsi ini tergantung pada spesies kayu (Darmadji, 2002).

2.5.3.Lignin

Lignin merupakan komponen kimia kayu yang terdapat pada lamella tengah (antar sel) dan di dalam dinding sel sebagai pengikat polisakarida. Lignin merupakan hasil polimerisasi dari koniferil, sinapil, dan para-kumaril alkohol dengan enzim sebagai katalisnya (Rahman, 2000). Lignin merupakan polimer alam ketiga terbesar setelah selulosa dan hemiselulosa. Lignin memainkan peran penting sebagai bahan baku bio-produk dan bio-fuel dunia. Lignin berbagi menjadi 3 kelompok, yaitu lignin kayu lunak (gymnosperma), lignin kayu keras (angiosperma), dan lignin rerumputan (nonkayu atau tanaman herbal) (Buranov dan G. Mazza, 2004).

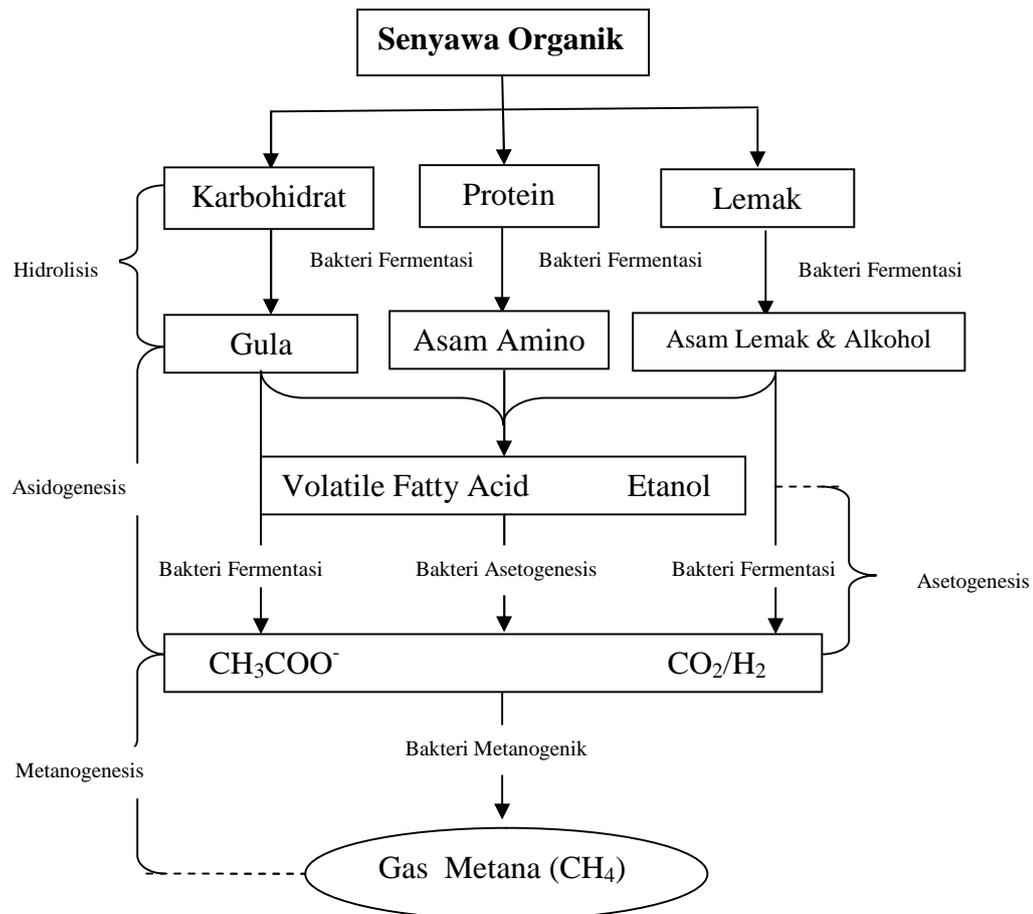
Sebagai salah satu komponen dinding sel terbesar, lignin berstruktur keras, berfungsi sebagai alat transportasi air dan nutrisi internal serta melindungi dari serangan mikroorganisme. Lignin adalah polimer tak berbentuk yang terdiri dari unit fenilpropan dan memiliki prekursor tiga alkohol aromatik (monolignols) yaitu p-coumaryl, coniferyl, dan sinapyl alkohol (Buranov dan G. Mazza, 2004).

Sekitar 10-20% bagian biomassa adalah lignin, material fenilpropana kompleks yang dapat dikonversi menjadi komponen aromatik atau dibakar untuk mendapat keuntungan karena mengandung energi (Wyman, 1987 di dalam White dan Lawrence, 2003). Ikatan-ikatan kimia telah dilaporkan antara lignin dan praktis semua konstituen hemiselulosa. Bahkan ada indikasi adanya ikatan-ikatan lignin dan selulosa (Sjuostrom, 1993).

Lignin dalam pirolisis menghasilkan senyawa yang berperan terhadap aroma asap dari produk-produk hasil pengasapan. Senyawa-senyawa tersebut adalah fenol dan eter fenolik seperti guaiakol (2 metoksi fenol) dan homolognya serta turunannya (Darmadji, 2002).

2.6. Pengolahan Tongkol Jagung secara Anaerobik

Selama proses anaerobik terdapat beberapa jenis mikroorganisme yang berperan yaitu bakteri fermentasi, bakteri asetogenik dan bakteri metanogenik. Proses yang terjadi pada pengolahan limbah secara anaerobik ini yaitu hidrolisis, asidogenik, dan metanogenesis dengan bantuan beberapa jenis bakteri yang bertahap mendegradasi bahan-bahan organik dari limbah untuk membentuk produk akhir yaitu gas metana (CH_4). Setiap fase dalam proses fermentasi metana melibatkan mikroorganisme yang spesifik dan memerlukan kondisi hidup yang berbeda. Contohnya bakteri pembentuk gas metana (CH_4), bakteri ini tidak memerlukan oksigen bebas dalam proses metabolismenya karena oksigen bebas dapat menjadi racun dan mempengaruhi metabolisme dari bakteri tersebut (Deublein dan Steinhauser, 2008). Pada proses anaerobik ini melibatkan penguraian baik senyawa organik maupun anorganik oleh mikroorganisme anaerobik. Tahapan yang terjadi pada proses perombakan senyawa organik untuk membentuk gas metana (CH_4) disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses pembentukan Gas Metana (CH₄) (Jiang, 2006)

Tahap pertama pada proses pembentukan gas metana adalah hidrolisis. Pada tahap ini senyawa organik kompleks terdekomposisi menjadi senyawa yang lebih sederhana. Selama proses hidrolisis berlangsung, senyawa kompleks seperti karbohidrat diurai menjadi monosakarida (glukosa) oleh enzim amylase, protein diurai menjadi asam amino oleh enzim protease dan lipid oleh enzim lipase membentuk asam lemak dan gliserol. Produk yang dihasilkan dari proses hidrolisis akan diuraikan kembali oleh mikroorganisme dan digunakan pada sistem metabolisme (Seadi, 2008).

Tahap kedua yaitu proses asidogenesis, dimana pada proses ini produk hasil hidrolisis dikonversikan oleh bakteri *acidogenic* (fermentasi) untuk dijadikan

sebagai substrat bagi bakteri *methanogenic*. Bakteri yang berperan dalam proses asidifikasi ini merupakan bakteri anaerobik yang dapat menghasilkan asam dan dapat tumbuh pada kondisi asam. Bakteri yang dapat menghasilkan asam ini menciptakan kondisi anaerobik yang sangat penting bagi mikroorganisme pembentuk gas metana (CH_4) (Deublein dan Steinhauser, 2008). Proses pembentukan gas metana (CH_4) (Gambar 2), senyawa-senyawa organik sederhana yaitu asam lemak dan alkohol terkonversi menjadi asam asetat oleh bakteri fermentasi yang sebelumnya dikonversi menjadi *volatile fatty acid* (VFA) dan etanol. Gula dan asam amino juga dikonversi menjadi asam asetat dengan bantuan bakteri fermentasi dan menjadi karbondioksida oleh bakteri asetonik (penghasil hidrogen). Proses pengkonversian *volatile fatty acid* (VFA) menjadi asam asetat dan hidrogen disebut dengan proses asetonogenesis. Pada proses asetonogenesis, produk dari asidogenesis yang berupa asam-asam organik sederhana dikonversi menjadi substrat bagi bakteri *methanogenic* (Seadi, 2008).

Tahap terakhir yaitu proses metanogenesis dengan mengkonversikan hidrogen (30%) dan asam asetat (70%) menjadi gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) oleh bantuan bakteri *methanogenic*. Proses metanogenesis ini adalah langkah penting dalam proses pengolahan anaerobik karena sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti komposisi bahan baku, laju pengumpanan, suhu dan pH serta reaksi biokimia pada proses metanogenesis yang terjadi paling lambat diantara proses lainnya. Apabila terjadi *overloading* pada digester, perubahan suhu ataupun masuknya oksigen dalam jumlah yang besar dapat menghentikan produksi gas metana (CH_4) (Seadi, 2008). Gas metana (CH_4) yang

dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan bakar yang disebut dengan biogas. Selain menghasilkan biogas, buangan hasil pengolahan secara anaerobik ini dapat menjadi pupuk yang baik karena kandungan nitrogen yang cukup tinggi (Weiland, 2010). Namun, jika biogas tidak dikelola dengan baik dapat memberikan potensi peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK), karena biogas terdiri dari gas metana (CH_4) yaitu 55-70%, karbondioksida (CO_2) yaitu 30-45%, nitrogen (N_2) dan hidrogen sulfida (H_2S) dalam jumlah yang kecil (Deublein dan Steinhauster, 2008). Gas-gas tersebut adalah gas rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global.

2.7.Karakteristik Kotoran Sapi

Kotoran sapi adalah biomassa yang mengandung karbohidrat, protein dan lemak. Kotoran ini merupakan bahan baku potensial dalam pembuatan biogas karena mengandung pati dan lignoselulosa (Deublein & Steinhauser., 2008). Drapcho, (2008) berpendapat bahwa biomassa yang mengandung karbohidrat tinggi akan menghasilkan gas metana yang rendah dan CO_2 yang tinggi, jika dibandingkan dengan biomassa yang mengandung protein dan lemak dalam jumlah yang tinggi. Secara teori, produksi metana yang dihasilkan dari karbohidrat, protein, dan lemak berturut-turut adalah 0,37; 1,0; 0,58 $\text{m}^3 \text{CH}_4$ /kg bahan kering organik. Kotoran sapi memiliki warna yang bervariasi dari kehijauan hingga kehitaman, tergantung pakannya. Umumnya setelah terpapar udara, warna dari kotoran sapi cenderung menjadi gelap.

Jumlah kotoran sapi yang dihasilkan setiap harinya berbeda-beda, tergantung dari berat badan atau bobot sapi. Menurut Riliandi (2010), sapi perah dewasa menghasilkan 25 kg feses perhari. Sama halnya dengan yang diungkapkan oleh Soedono (1990), bahwa sapi laktasi dengan berat 450 kg menghasilkan kurang lebih 25 kg urin dan feses per hari. Potensi satu ekor sapi dengan bobot 450 kg dapat menghasilkan limbah berupa feses dan urin lebih kurang 25 kg/hari.

Menurut Balai Besar Pengembangan Mekanisme Pertanian Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian (2008), menyatakan bahwa dalam setiap 25-30 kg feses sapi, kandungan bahan kering (BK) adalah 20% dan biogas yang dihasilkan adalah 0,023 - 0,040 m³/kg BK.

Kotoran sapi mengandung hemiselulosa sebesar 18,6 %, selulosa 25,2 %, lignin 20,2 % dan C/N rasio 6,6-25 % (Windyaswara, 2012). Kandungan unsur hara dalam kotoran sapi bervariasi tergantung pada keadaan tingkat produksinya, jenis, jumlah konsumsi pakan serta individu ternak sendiri (Abdulgani, 1998).

Kandungan unsur hara dalam kotoran sapi, terdiri atas nitrogen (0,29%), P₂O₅ (0,17%) dan K₂O (0,35%) (Hardjowigeno, 2003). Populasi ternak sapi merupakan sumber energi yang potensial dalam pengolahan produksi biogas karena jumlahnya yang sangat banyak. Bila pada tahun 2011 populasi sapi 14.824 ribu ekor dengan produksi kotoran 29 kg/hari, maka akan dihasilkan limbah kotoran sapi sebesar 429.896 ton/hari. Dengan potensi 1 kg kotoran sapi menghasilkan minimal 0,023 m³biogas maka akan menghasilkan biogas 9.887.608 m³ (Wahyuni, 2013). Kandungan unsur hara dalam kotoran sapi bervariasi tergantung pada keadaan tingkat produksinya, jumlah makanan yang

dimakannya, serta individu ternak sendiri (Abdulgani, 1998). Kandungan unsur hara dalam kotoran sapi disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan unsur hara kotoran sapi, kambing, domba dan ayam

Jenis Hewan	Unsur hara makro (%)					Unsur hara mikro (%)			
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn
Ayam	1,72	1,82	2,18	9,23	0,86	610	3475	160	501
Sapi	2,04	0,76	0,82	1,29	0,48	528	2597	56	239
Kambing	2,43	0,73	1,35	1,95	0,56	468	2891	42	291
Domba	2,03	1,42	1,61	2,45	0,62	490	2188	23	225

Sumber:Aini (2005)

III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengelolaan Limbah Agroindustri Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada bulan September – Oktober 2018.

3.2. Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tongkol jagung segar yang didapatkan dari Kabupaten Lampung Tengah, kotoran sapi segar diambil dari Politeknik Negeri Lampung, air dan bahan analisis lainnya, serta biogas hasil fermentasi selama 90 hari yang dihasilkan dari penelitian Aknesa (2018).

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat bioreaktor tipe batch yang dilengkapi botol bekas air mineral volume 2 liter, selang, kran dan buret, pH meter, *elmenter vertalaizer (Vorro El-Cobe)*, *gas chromatography (Shimadzu Shincorbon ST 50-80 D-375)*, spatula, cawan porselin, desikator, baskom, timbangan analitik, gelas ukur, spatula, pH meter, gelas beker, oven, tanur, sarung tangan, masker serta alat-alat analisa lainnya.

3.3. Metode Penelitian

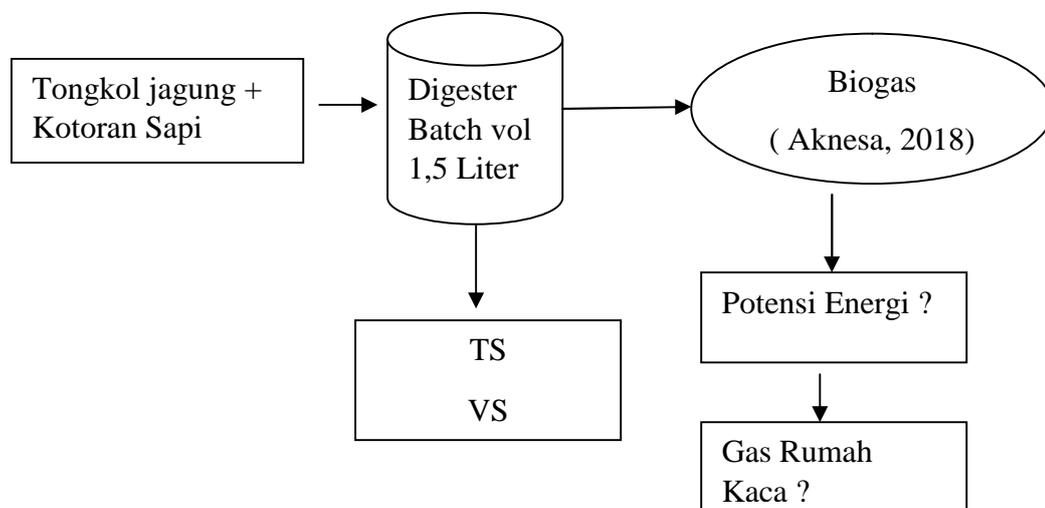
Metode penelitian yang digunakan adalah metode pengukuran langsung dan studi literatur. Data dihitung berdasarkan faktor-faktor emisi yang sudah disepakati secara global. Data dari hasil pengamatan disajikan dalam bentuk grafik dan table serta dianalisis secara deskriptif. Perhitungan potensi energi dan reduksi emisi gas rumah kaca menggunakan data yang diperoleh dari nilai *Total Solid* (TS) dan *Volatil Solid* (VS) tongkol jagung yang telah melalui proses anaerobik menghasilkan biogas

Penelitian yang telah dilakukan oleh Aknesa (2018), dilakukan skala lab dengan mencampurkan tongkol jagung dan kotoran sapi kedalam *digester batch* berkapasitas 2 liter. Selanjutnya dilakukan pengamatan waktu lama fermentasi selama 90 hari dengan parameter pengamatan TS, VS, kandungan metana, produktivitas biogas dan metana.

3.4PelaksanaanPenelitian

3.4.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara penelusuran pustaka yaitu semua data dan informasi, fakta, petunjuk dan indikasi yang didapat dari hasil penyelidikan secara tidak langsung. Data yang dikumpulkan dan digunakan adalah data terbaik berdasarkan penelusuran pustaka penelitian (Aknesa,2018). Perhitungan dilakukan menggunakan faktor-faktor emisi yang sudah disepakati secara global. Dibawah ini disajikan gambar diagram alir pengumpulan data.



Gambar 3. Diagram Alir Pengumpulan Data

3.4.2. Pengamatan

a. Kandungan TS (*Total solids*) dan VS (*Volatile Solids*)

Karakterisasi bahan substrat yang dianalisa yaitu TS (*total solids*) dan VS (*volatile solid*). Analisa TS bertujuan untuk mengetahui komponen kering padabahan, sedangkan VS dilakukan untuk mengetahui jumlah komponen organik dalam bahan. Analisa ini dilakukan pada awal pengisian digester dan akhir pengamatan biogas. Pengukuran TS awal pengisian dilakukan terlebih dahulu dengan mengukur berat segar pada masing-masing bahan yaitu tongkol jagung dan kotoran sapi yang kemudian dimasukkan kedalam oven selama 24 jam dengan suhu 105°C. Penghitungan VS dilakukan dengan mengukur massa setelah dikeringkan di dalam oven yang kemudian diabukan dengan tanur selama 2 jam dengan suhu 550 °C (APHA,1998). Kadar air (KA), TS dan VS dihitung dengan Persamaan 1-4:

Kadar Air atau KA (%)

$$KA = \left(\frac{W_1 - W_2}{W_1} \right) \times 100\% \quad \text{.....(1)}$$

Total Solid atau TS (%)

$$KA = (1 - KA) \times 100\% \quad \text{.....(2)}$$

Kadar Abu (%)

$$\text{Kadar Abu} = \left(\frac{W_4}{W_3} \right) \times 100\% \quad \text{.....(3)}$$

Volatile Solid atau VS sampel (%)

$$VS = \left(\frac{(W_3 - W_4) \times TS}{W_3} \right) \times 100\% \quad \text{.....(4)}$$

Dimana :

W1 = berat sampel basah (g)

W2 = berat sampel kering (g)

W3 = berat sampel sebelum pengabuan (g)

W4 = berat sampel abu (g)

b. Volume Biogas

Pengukuran dilakukan setiap hari dari sehari setelah pengisian bahan hingga 90 hari pengamatan. Produksi gas harian diukur dengan cara membuka kran tempat pengeluaran, kemudian dialirkan menggunakan selang yang tersambung dengan buret yang berisi air. Gas yang keluar dari reaktor akan mendorong air sehingga volumenya naik. Selisih kenaikan volume air merupakan volume gas. Volume biogas yang diamati yaitu volume biogas harian dan volume biogas kumulatif.

c. Produktivitas Biogas dan Metana

Pengukuran produktivitas metana dilakukan diakhir penelitian, menggunakan perhitungan.

$$\text{Produktivitas gas} = \frac{\text{Volume gas total}}{\text{VS Removal}}$$

Pengukuran Produktivitas metana dilakukan diakhir penelitian, menggunakan perhitungan.

$$\text{Produktivitas metana} = \frac{\text{Volume gas total} \times \text{persen metan}}{\text{VS Removal}}$$

d. Komposisi Gas

Pengukuran komposisi biogas dilakukan setelah gas diproduksi. Pengukuran dilakukan dengan alat gas *chromatography* (Shimadzu Shincarbon ST 50-80 D-375), menggunakan *column* jenis *shincarbon* dengan panjang 1-4 meter dan detector TCD (*Thermal Conductivity Detector*) pada temperatur 200 °C dan *current* 80 mA (Shimadzu Corporation, 2004). Cara analisa yaitu sampel gas diambil sebanyak 0.2 ml menggunakan srynge lalu disuntikan pada injection port, kemudian data komposisi berbentuk kromatogram dan hasil perhitungan akan ditampilkan dimonitor. Pengukuran komposisi biogas dilakukan untuk mengetahui besaran komposisi CH₄ (metana) pada biogas yang dihasilkan.

3.4.3. Perhitungan Potensi Energi dan Gas Rumah Kaca

Pemanfaatan tongkol jagung melalui proses anaerobik mampu menghasilkan biogas. Biogas yang diproduksi berpotensi untuk mengasilkan energi dan mereduksi gas rumah kaca. Energi yang dihasilkan mampu mensubtitusi bahan

bakar fosil. Untuk mengetahui karakterisasinya, dilakukan analisis terhadap TS dan VS karena parameter ini berhubungan langsung dengan pembentukan biogas. Berikut ini merupakan rumus perhitungan yang akan digunakan dalam penelitian.

a. Potensi Gas Metana

$$\text{CH}_4 = \text{VSr} \times \text{Produktivitas CH}_4$$

Keterangan :

CH_4 = Jumlah potensi gas metana (m^3/hari)

VSr = VS removal (Kg/hari)

Produktivitas CH_4 = $33,34 \text{ m}^3/\text{Vsr}$

Sumber : (Aknesa,2018)

b. Potensi Energi

$$\text{Potensi Energi} = \text{Produksi CH}_4 \times \text{LHv}$$

Keterangan :

1 MJ = 1000 KJ

1 KJ = 1/3600 Kwh

LHv = $35,9 \text{ MJ}/\text{m}^3$ (Nakamura,2006)

c. Potensi Listrik

$$\text{Potensi Energi} \times \text{Efisiensi Listrik}$$

Keterangan :

Potensi Energi = MJ

Efisiensi Listrik = 35%

d. Potensi Reduksi Emisi CO_2e dari GWP CH_4

$$\text{Potensi Reduksi Emisi} = \frac{\text{m}^3 \times 0,25 \text{ kg} \times 21}{0,35 \text{ m}^3}$$

Keterangan :

Potensi Reduksi Emisi = Potensi Emisi Reduksi dari CO_2e dari CH_4
($\text{gCO}_2\text{e}/\text{hari}$)

CH_4 = Total Metana dari biogas (g/hari)

GWP_{CH_4} = 21 (EPA, 2015)

Sumber : (IPCC, 2006)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Bahan Campuran Tongkol Jagung dan Kotoran Sapi (TS dan VS)

Pembuatan biogas dari campuran tongkol jagung dengan kotoran sapi yang telah dilakukan meliputi tahap karakterisasi substrat dan produksi biogas. Zat yang terkandung pada substrat yaitu kotoran sapi dan jagung merupakan salah satu faktor penting dalam pembentukan biogas. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengetahui karakteristik substrat yang akan digunakan dalam pembuatan biogas. Karakteristik substrat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Karakteristik Substrat

Karakteristik	Kotoran Sapi	Tongkol Jagung
Kadar Air (%)	82,83	35,69
<i>Total Solid</i> (TS) (%)	17,17	64,31
Kadar Abu (% BB)	4.20	2.14
<i>Volatile Solid</i> (VS) (%BB)	12.97	62.17
C (%/db)	39.69	44.21
N (%/db)	1.51	0.97
Rasio C/N	26.47	45.76

*BB : berat bahan

Berdasarkan data diatas, analisis karakteristik substrat bahan awal menunjukkan bahwa nilai rasio C/N tongkol jagung lebih besar dibandingkan dengan kotoran sapi yaitu untuk rasio C/N kotoran sapi 26.47 , sedangkan tongkol jagung adalah 45.76. Karena tingginya C/N ratio pada tongkol jagung ini, maka diperlukan pencampuran tongkol jagung dengan kotoran sapi untuk memenuhi ketersediaan nutrisi untuk mikroorganisme yaitu membutuhkan C.N ratio sebesar 20-30 (Yani dan Darwis, 1990).

Sedangkan nilai TS dan VS Kotoran sapi lebih kecil dibandingkan dengan tongkol jagung. Nilai TS pada kotoran sapi sebesar 17.17 % dan tongkol jagung sebesar 64.31 %. Nilai tersebut menunjukkan bahwa persediaan makanan yang dibutuhkan untuk bakateri yang terdapat didalam tongkol jagung lebih tinggi dibandingkan dengan kotoran sapi, sehingga dengan nilai TS tersebut terdapat potensi untuk memproduksi gas metan. Sedangkan untuk nilai VS kotoran sapi yaitu 12.97 % dan nilai VS tongkol jagung yaitu 62.17 %. VS menunjukkan besarnya kandungan biomassa yang terdapat di dalam bahan. Selain itu, kemungkinan juga akan terukur biomassa tidak aktif seperti metabolit padat dan bahan organik (Maryanti, 2011).

Rasio C/N merupakan perbandingan antara karbon dan nitrogen pada suatu bahan Organik. Karbon dan nitrogen tersebut digunakan mikroorganisme sebagai sumber energi dalam proses perombakan. Unsur karbon (C) dibutuhkan mikroorganisme anaerobik sebagai sumber utama energi dan pembentukan karbon sel untuk menghasilkan asam lemak volatil, gas metana (CH₄) dan CO₂. Mikroorganisme anaerobik juga membutuhkan unsur nitrogen (N) yang

diperlukan untuk hidup dan pembelahan sel (Saputra, 2010). Karbon dan nitrogen ini dalam produksi biogas sebagai sumber energi utama bagi bakteri metanogenik, sehingga besar kecil kandungan karbon dan nitrogen pada suatu bahan akan berpengaruh terhadap proses pembentukan gas yang dilakukan oleh bakteri tersebut. Bakteri metanogenik akan bekerja optimal dalam perombakan substrat pada nilai rasio C/N sebesar 20 – 30 (Yani dan Darwis, 1990).

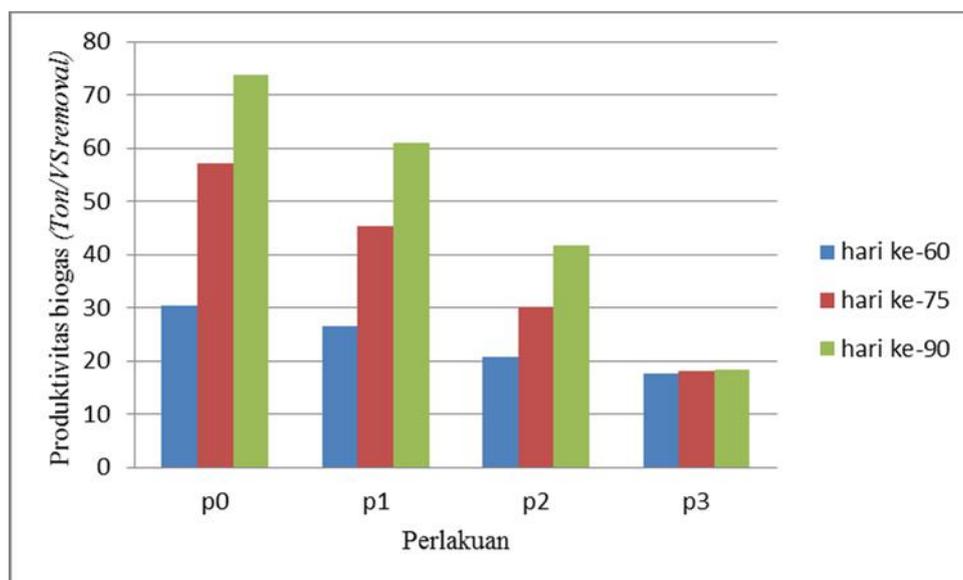
4.2. Potensi Energi dari Limbah Tongkol Jagung dengan Campuran Kotoran Sapi

Biogas sebagian besar mengandung 55-75 % gas metana (CH_4), 25-45 % gas karbondioksida (CO_2) dan beberapa kandungan gas lainnya dalam jumlah kecil seperti hidrogen (H_2), hidrogen sulfida (H_2S), amoniak (CH_3) dan nitrogen (N). Potensi gas metana dalam biogas menjadi salah satu indikator keberhasilan proses anaerobik karena sangat menentukan besarnya energi yang dapat diperoleh. Pemanfaatan tongkol jagung dan kotoran sapi menjadi biogas didukung oleh besarnya jumlah tongkol jagung yang dihasilkan serta tingginya nilai VSr. Bahan campuran untuk produksi biogas dilakukan analisis TS dan VS. Analisis TS dan VS digunakan untuk mengetahui padatan kering dan bahan organik yang terdapat dalam bahan campuran. Data VS an TS awal dan akhir dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5. Data TS dan VS awal serta akhir

Perlakuan	BB (g)	Awal		Akhir	
		<i>Total Solid</i> (TS)	<i>Volatile Solid</i> (VS)	<i>Total Solid</i> (TS)	<i>Volatile Solid</i> (VS)
		%	%	%	%
P1	1580	8,68	7.08	2,61	2,46

Pemanfaatan tongkol jagung ini belum banyak dikembangkan secara optimal. Selama ini masyarakat cenderung memanfaatkan limbah tongkol jagung hanya sebagai bahan pakan ternak, bahan bakar atau terbuang percuma. Tongkol jagung yang dibuang percuma tanpa dimanfaatkan akan menghasilkan gas CH₄ yang langsung terdispersi ke udara yang menjadi gas rumah kaca dan menyebabkan pemanasan global. Menurut Haluti, (2015) limbah yang dihasilkan dari setiap panen jagung adalah sekitar 35% yang terdiri dari 30% tongkol jagung sedangkan 5% merupakan daun, batang dan lain-lain. Potensi emisi yang dihasilkan dari pembuangan limbah tongkol jagung dapat direduksi dengan cara sistem pengolahan tertutup atau secara anaerobik. Pengolahan sistem tertutup akan menangkap gas metana yang terkandung dalam biogas sehingga dapat dimanfaatkan sebagai energi. Potensi energi yang dihasilkan akan cukup optimal dan dapat ditingkatkan dengan penambahan kotoran sapi. Dari hasil percobaan laboratorium yang telah dilakukan oleh Aknesa didapatkan produktivitas biogas seperti yang disajikan pada grafik dibawah ini.



Gambar 4. Diagram Produktivitas Biogas (Ton/VS removal)

Data yang digunakan untuk menghitung potensi energi adalah data P1 dengan lama inkubasi 90 hari yang merupakan perlakuan terbaik dari penelitian Aknesa,2018. Hasil penelitian skala laboratorium yang telah dilakukan, pengolahan campuran tongkol jagung dan kotoran sapi dengan perbandingan 0,08 kg tongkol jagung dan 0,5 kg kotoran sapi dengan perlakuan lama fermentasi 90 hari dan volume bioreaktor 2 L memiliki efisiensi cukup baik. Hasil perhitungan potensi energi dan emisi gas rumah kaca pada pengolahan campuran limbah tongkol jagung dan kotoran sapi dengan perbandingan 0,08 kg tongkol jagung dan 0,5 kg kotoran sapi dengan perlakuan lama fermentasi 90 hari disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Potensi energi dari campuran limbah tongkol jagung dan kotoran sapi dengan perbandingan 0,08 kg tongkol jagung dan 0,5 kg kotoran sapi dengan perlakuan lama fermentasi 90 hari

Deskripsi	Pengolahan limbah tongkol jagung dan kotoran sapi dengan perbandingan 0,08 kg tongkol jagung dan 0,5 kg kotoran sapi dengan perlakuan lama fermentasi 90 hari
Potensi gas metana	2,33 m ³ CH ₄
Potensi biogas	4.262 L
Potensi energi (LHv. 35,9 MJ/m ³)	0,02 kWh
Potensi listrik (eff. 35%)	0,007 kWh

Tabel 6 menunjukkan hasil pengolahan campuran tongkol jagung dan kotoran sapi dengan perbandingan substrat 0,08 kg tongkol jagung dan 0,5 kg (Aknesa, 2018) pada lama fermentasi 90 hari memiliki potensi biogas sebesar 4.262 L dengan potensi gas metan yang diperoleh sebesar 2,33 m³ CH₄. Potensi energi yang dapat dihasilkan dari pengolahan campuran kedua substrat tersebut sekitar 0,02 kWh atau sekitar 0,007 kWh jika dikonversi dalam bentuk energi listrik.

Jagung adalah komoditi strategis karena produktivitasnya tinggi dan kegunaannya beragam mulai dari pakan, pangan, energi dan bahan baku industri. Berikut merupakan peningkatan produksi jagung dan potensi energi dari biogas yang dihasilkan di Lampung dari tahun 2015 – 2017.

Tabel 7. Potensi Energi dari Biogas campuran dengan perbandingan 0,08 kg Tongkol Jagung dan 0,5 kg Kotoran Sapi di Lampung dari tahun 2015 – 2017

	Tahun 2015	Tahun 2016	Tahun 2017
Produksi Jagung (Ton)	1.502.800	1.720.196	2.518.895
Tongkol Jagung (Ton)	644.057	737.227	1.079.526
Tongkol Jagung yang digunakan untuk pembuatan biogas (Ton)	338.725	426.426	764.200
Populasi Sapi (Ekor)	653.537	665.244	674.928
Kotoran Sapi (Ton)	1.908.328	1.942.512	1.970.789
CH ₄ (m ³)	9.302	8.435	12.269
LPG (Kg)	4.279	3.880	5.644
Listrik (kWh)	32.467	29.441	42.822

Sumber : Badan Pusat Statistik (2016).
Kementrian Pertanian (2016)

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka dapat dilihat bahwa pemanfaatan limbah tongkol jagung dan kotoran sapi sebagai biogas secara maksimal dapat menghasilkan gas setara LPG sebesar 4.279 kg dan setara listrik 32.467 kWh pada tahun 2015. Pada tahun 2016 mengasilkan biogas setara LPG sebesar 3.880 kg dan setara listrik 29.441 kWh, kemudian pada tahun 2017 sebesar 5.644 kg dan setara listrik sebesar 42.822 kWh. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa biogas hasil campuran tongkol jagung dan kotoran sapi mampu mensubstitusi gas LPG dan membantu pengadaan listrik berbasis energi terbarukan.

Satu ekor sapi setiap harinya menghasilkan kotoran berkisar 8 – 10 kg per hari. Potensi jumlah kotoran sapi dapat dilihat dari populasi sapi. Populasi sapi potong di Indonesia diperkirakan 10,8 juta ekor dan sapi perah 350.000 - 400.000 ekor

dan apabila satu ekor sapi rata-rata setiap hari menghasilkan 7 kilogram kotoran kering maka kotoran sapi kering yang dihasilkan di Indonesia sebesar 78,4 juta kilogram kering per hari (Budiyanto, 2011). Menurut Atmodjo (2014), produksi biogas dengan waktu tinggal *slurry* sepanjang 20 hari dan penambahan *slurry* sebanyak 14,5 liter per hari akan dihasilkan biogas sebanyak 0,56-0,68 m³/hari biogas yang setara dengan 0,26 kg gas LPG atau 1 m³ biogas setara dengan 0,46 kg LPG.

Pada proses pembuatan biogas dari campuran tongkol jagung dan kotoran sapi dengan perbandingan 0,08 kg tongkol jagung dan 0,5 kg kotoran sapi dalam proses pembuatannya masih menyisakan tongkol jagung. Hal ini menunjukkan bahwa dalam proses pembuatan biogas masih mengalami kelebihan tongkol jagung sebanyak 305.332 ton pada tahun 2015, 310.801 ton pada tahun 2016, dan 315.326 ton pada tahun 2017. Kelebihan atau sisa tongkol jagung masih dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan biogas.

4.3. Potensi Reduksi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK)

Peningkatan yang berkesinambungan tersebut mengindikasikan bahwa perkembangan industri pakan dalam negeri sangat cepat. Serta meningkatkan limbah tongkol jagung yang dihasilkan. Salah satu upaya untuk mengurangi limbah tongkol jagung melalui pemanfaatan limbah tongkol jagung menjadi biogas sebagai sumber energi. Selain mampu mengurangi jumlah tongkol jagung yang dapat menjadi dampak kerusakan lingkungan, pemanfaatan ini juga dapat mengurangi biaya energi karena dapat mesubtitusi bahan bakar fosil yang biasa

digunakan masyarakat atau industri. Data reduksi emisi gas rumah kaca dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Reduksi Emisi Gas Rumah Kaca

Deskripsi	Pengolahan limbah tongkol jagung dan kotoran sapi dengan perbandingan 0,08 kg tongkol jagung dan 0,5 kg kotoran sapi dengan perlakuan lama fermentasi 90 hari
Potensi emisi	
GRK	34,95 kg.CO ₂ e

Potensi emisi GRK yang dapat direduksi sebesar 34,95 kg.CO₂e. Energi dan emisi GRK yang dihasilkan dihitung berdasarkan per banyaknya substrat yang dimasukan ke dalam bioreaktor yaitu sebanyak 0,08 kg tongkol jagung dan 0,5 kg kotoran sapi dengan perlakuan lama fermentasi 90 hari.

Pengolahan campuran tongkol jagung dengan kotoran sapi dapat diterapkan di Industri pengolahan jagung atau industri lainnya yang ingin menggunakan energi alternatif sebagai bahan bakar. Diharapkan sistem pengolahan limbah tongkol jagung dan kotoran sapi yang diterapkan pada pabrik akan menambah keuntungan pabrik dan membantu pabrik untuk menurunkan emisi yang ditimbulkan oleh proses pengolahan yang dihasilkan. Potensi reduksi emisi gas rumah kaca dari dari Biogas campuran Tongkol Jagung dan Kotoran Sapi di Lampung dari tahun 2015 – 2017 dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Potensi reduksi emisi gas rumah kaca dari dari Biogas campuran Tongkol Jagung dan Kotoran Sapi di Lampung dari tahun 2015 – 2017

Tahun	CH ₄ (m ³)	Kg.CO ₂ e/ (0,08 kg TJ + 0,5 KS)
2015	9.302	139.530
2016	8.435	126.525
2017	12.269	184.035

Tahun 2016 tingkat emisi GRK di Indonesia adalah sebesar 1.514.949,8 GgCO₂e, meningkat sebesar 507.219 GgCO₂e dibandingkan tingkat emisi tahun 2000, atau mengalami peningkatan sebesar 2,9% per tahun selama periode tahun 2000-2016.

Nationally Determined Contribution (NDC) Indonesia menguraikan transisi

Indonesia menuju masa depan yang rendah emisi dan berketahanan iklim.

Indonesia mencanangkan penurunan emisi GRK secara sukarela sebesar 26%

dengan upaya sendiri dan sampai dengan 41% apabila ada dukungan

internasional, dibandingkan dengan skenario *business as usual* 2020, Indonesia

telah mengeluarkan rangkaian perangkat hukum dan kebijakan, termasuk Rencana

Aksi Nasional Penurunan Emisi GRK sebagaimana dituangkan dalam PERPRES

No. 61/2011 dan inventarisasi GRK melalui PERPRES No. 71/2011. Oleh sebab

itu, guna membantu mewujudkan target pemerintah Indonesia dalam menurunkan

emisi GRK maka dilakukan pengolahan limbah tongkol jagung dan perhitungan

emisi seperti pada tabel 9.

Kegiatan pengelolaan limbah tongkol jagung dari proses produksi jagung

memberikan manfaat terhadap lingkungan yaitu reduksi emisi gas CO₂,

pengurangan beban pencemaran lingkungan, pengurangan volume limbah tongkol

jagung yang dibiarkan menumpuk atau dibuang ke lingkungan, dan dapat

mengurangi gangguan lingkungan berupa bau yang ditimbulkan oleh degradasi

senyawa organik secara anaerobik. Kegiatan pengelolaan limbah tongkol jagung akan memberikan keuntungan lain bagi industri yang menerapkannya yaitu berupa pengajuan proyek CDM (*Clean Development Mechanism*) karena termasuk usaha baru untuk mengurangi emisi karbon. Jika proyek CDM tersebut disetujui maka perusahaan akan memperoleh CER (*Certified Emission Reduction*). Penurunan emisi tersebut diukur berdasarkan baseline. Penurunan emisi tersebut diukur berdasarkan baseline. Sertifikat dari penurunan emisi karbon (CER) dapat dijual kepada negara maju untuk diklaim sebagai pemenuhan kewajiban penurunan emisi karbon sehingga dapat memberikan manfaat ekonomi bagi pengusaha.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Simpulan yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Proses pengolahan campuran tongkol jagung dan kotoran sapi dengan perbandingan 0,08 kg tongkol jagung dan 0,5 kg kotoran sapi dengan perlakuan lama fermentasi 90 hari memiliki potensi energi sebesar 0,02 kWh atau setara dengan energi listrik sebesar 0,007 kWh.
2. Pengolahan campuran tongkol jagung dan kotoran sapi menjadi biogas dengan perbandingan substrat 0,08 kg tongkol jagung dan 0,5 kg kotoran sapi selama 90 hari dapat mereduksi emisi GRK hingga 34,95 kg CO₂e.

5.2. Saran

Saran pada penelitian ini adalah perhitungan mengenai investasi pada penerapan pengolahan campuran limbah tongkol jagung dan kotoran sapi pada suatu industri masih perlu dipelajari.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulgani, I. K., 1988. Seluk Beluk Kotoran Sapi serta Manfaat Praktisnya. Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Aini, Z, Sivapragasam, A., Vimala, P. & Mohamad Roff, M. N. 2005. Organic Vegetable Cultivation in Malaysia. Malaysian Agriculture Research and Development Institute, MARDI.
- APHA. 1998. *Standar Methods for The Examination of Water and Wastewater* 20th Edition. American Public Health Association. 2-53-2-59, 4100-4-111. Washington DC. USA
- Amin, A, Sitorus, S, dan Yusuf, B. 2016. Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung (*Zea Mays* L.) Sebagai Arang Aktif dalam Menurunkan Kadar Amonia, Nitrit dan Nitrat pada Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Teknik Celup. *Jurnal Kimia Mulawarman*. 13 (2) : 78-84.
- Amin, N.A.S. dan Asmadi, M. 2009. Optimization of Empty Palm Fruit Bunch Pyrolysis over HZSM-5 Catalyst for Production of Bio-oil. *Universiti Teknologi Malaysia, Johor*.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2011. Teknologi Mitigasi Gas Rumah Kaca (GRK) dari Lahan Sawah. *Sinar Tani Agroinovasi Edisi 6* 12 April 2011.
- Badan Pusat Statistik. 2016. Produksi Padi, Jagung, dan Kedelai (Angka Sementara Tahun 2016 dan Angka Ramalan Tahun 2017). BPS 2016 No. 28/03/Th. XX, 1 Maret 2016. <http://www.bps.go.id> diakses pada tanggal 01 Oktober 2017.
- Budiyono, G. Kaerunnisa, I. Rahmawati. 2013. Pengaruh PH dan Rasio COD:N Terhadap Biogas Dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (Ninasse). *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 11 (1) : 1 – 6.
- Buranov, A.U. dan Mazza, G. 2004. *Lignin in Straw of Herbaceous Crops*. *Journal of Industrial Crops and Products* 28 (2004) 237–259.
- Darmadji, P. 2002. Optimasi Pemurnian Asap Cair dengan Metoda Redistilasi. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, Vol. III, No. 3.

- Doublein, D. dan Steinhauster, A. 2008. *Biogas from Waste and Renewable Resources*. An Introduction, 2nd edition. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Drapcho C.M., N.P. Nhuan, and T.H. Walker, 2008, *Biofuels Engineering Process Technology*. The Mc Graw-Hill Companies Inc., United States.
- Effendi, S. dan Sulistiati. 1991. *Bercocok Tanam Jagung*. CV Yasaguna, Jakarta
- Environmental Protection Agency(EPA) of United States. 2015. Overview of Greenhouse Gases (Methane Emissions). <http://epa.gov/climatechange/ghgemissions/gases/ch4.html>. diakses pada tanggal 5 Juli 2018, pukul 22.30 WIB.
- Hardjowigeno, S. 2010. *Ilmu Tanah*. Jakarta : Akademika Pressindo. 288 hal.
- Haluti, S. 2015. Pemanfaatan Potensi Limbah Tongkol Jagung Sebagai Syngas Melalui Proses Gasifikasi di Wilayah Provinsi Gorontalo. *Jurnal Energi dan Manufaktur*. 8 (2) : 111-230.
- Hermawan, B., Q. Lailatul, P. Candrarini, dan P.S. Evan. 2007. Sampah Organik Sebagai Biogas. Artikel. <http://www.chemistry.org/?sect=fokus&ext=31>. Diakses pada tanggal 22 Desember 2017.
- Ibrahim, M. D dan Imrana, G. 2016. Biogas Production from Lignocellulosic Materials: Co-Digestion of Corn Cobs, Groundnut Shell and Sheep Dung. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR)*. ISSN: 2454-1362. 2 (6).1261-1268.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_volume_5/V5_1_Ch1_Introduction.pdf. diakses pada tanggal 15 Desember 2014.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. *Climate Change : Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Summary For Policymakers*. IPCC WGII AR5 Summary for Policymakers.
- Isroi. 2008. Karakteristik Lignoselulosa. www.wordpress.com. Diakses 20 Agustus 2018.
- Kementrian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2009. Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca.
- Koswara, S. 1992. *Susu Kedelai Tak Kalah dengan Susu Sapi*. IPB. Bogor.

- Mushlihah, S. dan Y. Trihadiningrum. 2015. Produksi Bioetanol dari Limbah Tongkol Jagung Sebagai Energi Alternatif Terbarukan. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XVIII. ISBN : 978-602-97491-7-5.
- Muthmainnah. 2012. Pembuatan arang aktif tongkol jagung dan aplikasinya pada pengolahan minyak jelantah, Program Studi Pendidikan Kimia. Jurusan Pendidikan Kimia. Fakultas FKIP. Universitas Tadulako. Palu.
- Nakamura, H. 2006. Metana production technologies and its contribution to clean development mechanism (CDM). Proceeding. Seminar Sustainable Society Achievement by Biomass Effective Use, EBARA Hatakeyama Memorial Fund, January 24-25, 2006. Jakarta.
- Peraturan Presiden. 2010. Peraturan Presiden RAN-GRK versi Desember 2010. Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca.
- Richana, N., P. Lestina, dan T.T. Irawadi. 2004. Karakterisasi lignoselulosa dari limbah tanaman pangan dan pemanfaatannya untuk pertumbuhan bakteri RXA III-5 penghasil xilanase. Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan. 23(3) (2004) 171-176.
- Riliandi.D.K.2010. Studi Pemanfaatan Kotoran Sapi untuk Genset Listrik Biogas, Penerangan dan Memasak Menuju Desa Nongkojajar (Kecamatan Tukur) Mandirienergi.<http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-13491Presentation.pdf> diakses pada tanggal 18Agustus 2018.
- Rukaesih, A. 2004. *Kimia Lingkungan*. Andi Yogyakarta. Yogyakarta.
- Rudy S dan Agus R. 2008. Global Warming. Edisi Pertama. Puslitbang Ekologi dan Kesehatan Masyarakat.
- Saputra, T. 2010. Produksi Biogas dari Campuran Feses Sapi dan Ampas Tebu (*Bagasse*) dengan Rasio C/N yang Berbeda. *Buletin Peternakan*. 34.2: 114-122.
- Seadi, T., Rutz, D. dan Prassl, H. 2008. *Biogas Handbook*. University Of Southern Denmark Esbjerg. Denmark.
- Shimadzu Corporation. 2004. *Gas Chromathography Instructon Manual*. Japan. Kyoto.
- Sjostrom, E. 1993. Wood Chemistry, Fundamentals and Applications, 2nd Edition. Laboratory of Wood Chemistry, Forest Product Department,

Helsinki University of Technology, Espoo, Finlandia. Sastrohamidjojo, Dr. Hardjono. Penerjemah.

Soedono, A. 1990. *Pedoman Beternak Sapi Perah*. Edisi Kedua. Direktorat Jenderal Peternakan Departemen Pertanian. Jakarta. Hal 7, 35, 48.

Suarsana, M. dan P.S. Wahyuni. 2011. Global Warming : Ancaman Nyata Sektor Pertanian dan Upaya Mengatasi Kadar CO₂ Atmosfer. *Widyatech Jurnal Sains dan Teknologi* Vol. 11 No. 1 Agustus 2011.

Subekti, N.A, S.R. Efendi, dan S. Sunarti. 2009. Morfologi Tanaman dan Fase Pertumbuhan Jagung. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros.

Sun, Y. dan J. Cheng. 2002. Hydrolysis of Lignocellulosic Materials for Ethanol Production. *Journal of Bioresource Technology* 83 (2002) 1-11.

Suyitno, M. Nizam, dan Dharmanto. 2010. Teknologi Biogas. Pembuatan, Operasional dan Pemanfaatan. Yogyakarta. Graha Ilmu.

Wahyuni, S. 2015. *Panduan Praktis Biogas*. Penebar Swadaya. Jakarta Timur. 116 hlm.

Weiland, P. 2010. Biogas Production: Current State And Perspectives. *ApplMicrobiology Biotechnol.*

Widarti, B.N., Sihotang1, P., Sarwono, E. 2016. Penggunaan Tongkol Jagung Akan Meningkatkan Nilai Kalor Pada Briket. *Jurnal Integrasi Proses* 6 (1) : 16 – 21.

Windyaswara, L., A .Pertiwiningrum, dan L. M.Yusianti. 2012. Pengaruh Jenis Kotoran Ternak Sebagai Substrat dengan Penambahan Serasah Daun Jati (*Tectona grandis*) terhadap Karakteristik Biogas pada Proses Fermentasi. *Buletin Perternakan Vol. 36(1) :40-47.*

Worasuwannarak, N, T. Sonobe, W. Tanthapanichakoon. 2007. Pyrolysis Behaviors of Rice Straw, Rice Husk, and Corn Cob by TG-MS Technique. *Journal of Analysis Application Pyrolysis* 78 (2007) 265-271.

Wyman, C.E. 1987. Application of Corn Stover and Fiber. Di dalam White, Pamela J. dan Lawrence S. Johnson. 2003. *Corn: Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemist, Inc, St. Paul, Mennesota, USA.

Yani, M. dan A. A. Darwis. 1990. Diktat Teknologi Biogas. Pusat Antar Universitas Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.