

**ANALISIS KONSENTRASI GAS METANA (CH₄) DAN
KARBONDIOKSIDA (CO₂) DARI TANGKI SEPTIK PADA
KEGIATAN NON PERUMAHAN DI KELURAHAN
CUPAK TANGAH, KECAMATAN PAUH, KOTA PADANG**

TUGAS AKHIR

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Strata-1 pada
Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Andalas



Oleh:

FILDZA ZATIL HIDAYAH

1410941015

Dosen Pembimbing:

Dr. FADJAR GOEMBIRA

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG**

2018

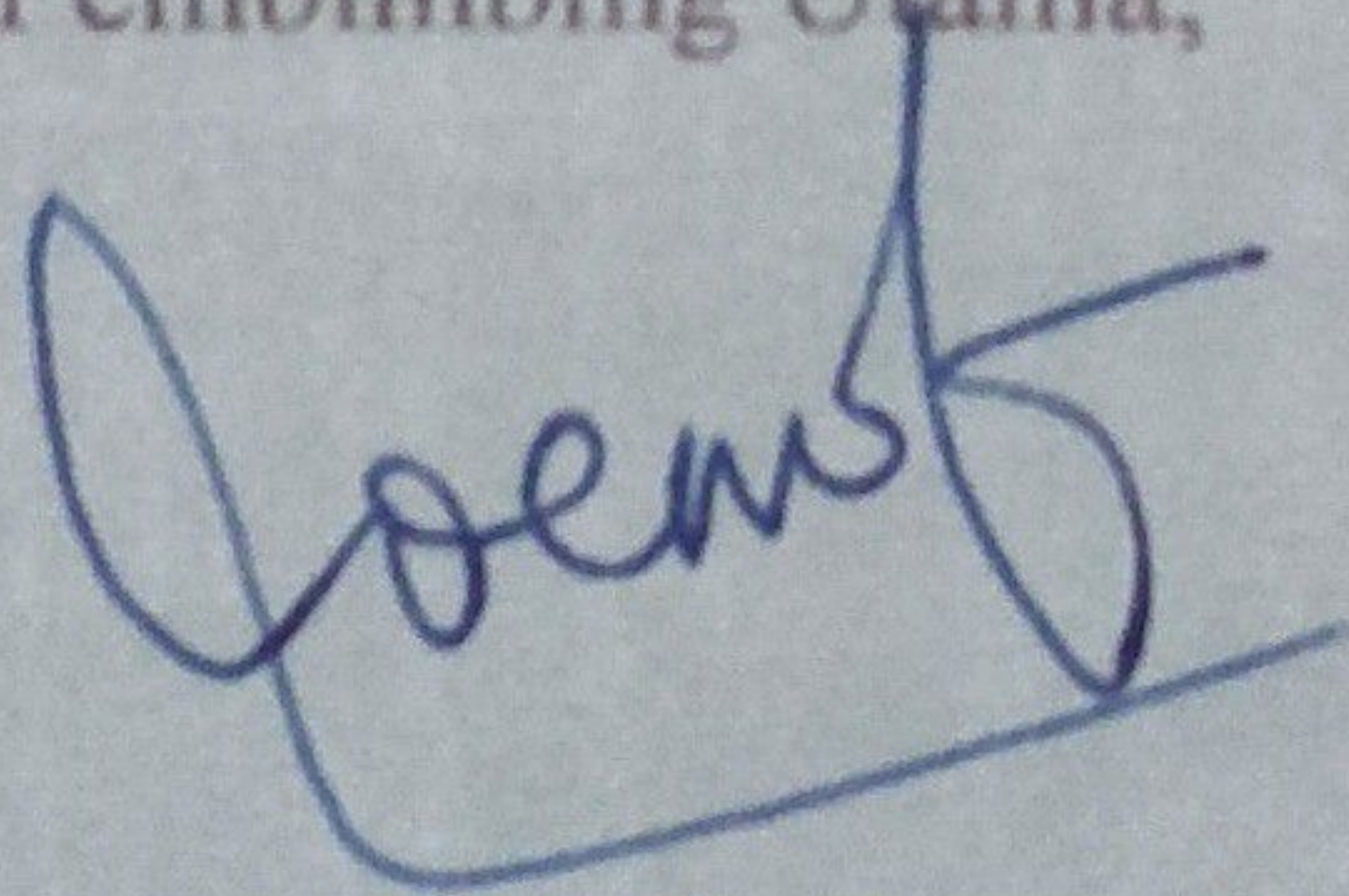
LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KONSENTRASI GAS METANA (CH_4) DAN KARBONDIOKSIDA (CO_2) DARI TANGKI SEPTIK PADA KEGIATAN NON PERUMAHAN DI KELURAHAN CUPAK TANGAH, KECAMATAN PAUH, KOTA PADANG

Nama : Fildza Zatil Hidayah
Nim : 1410941015

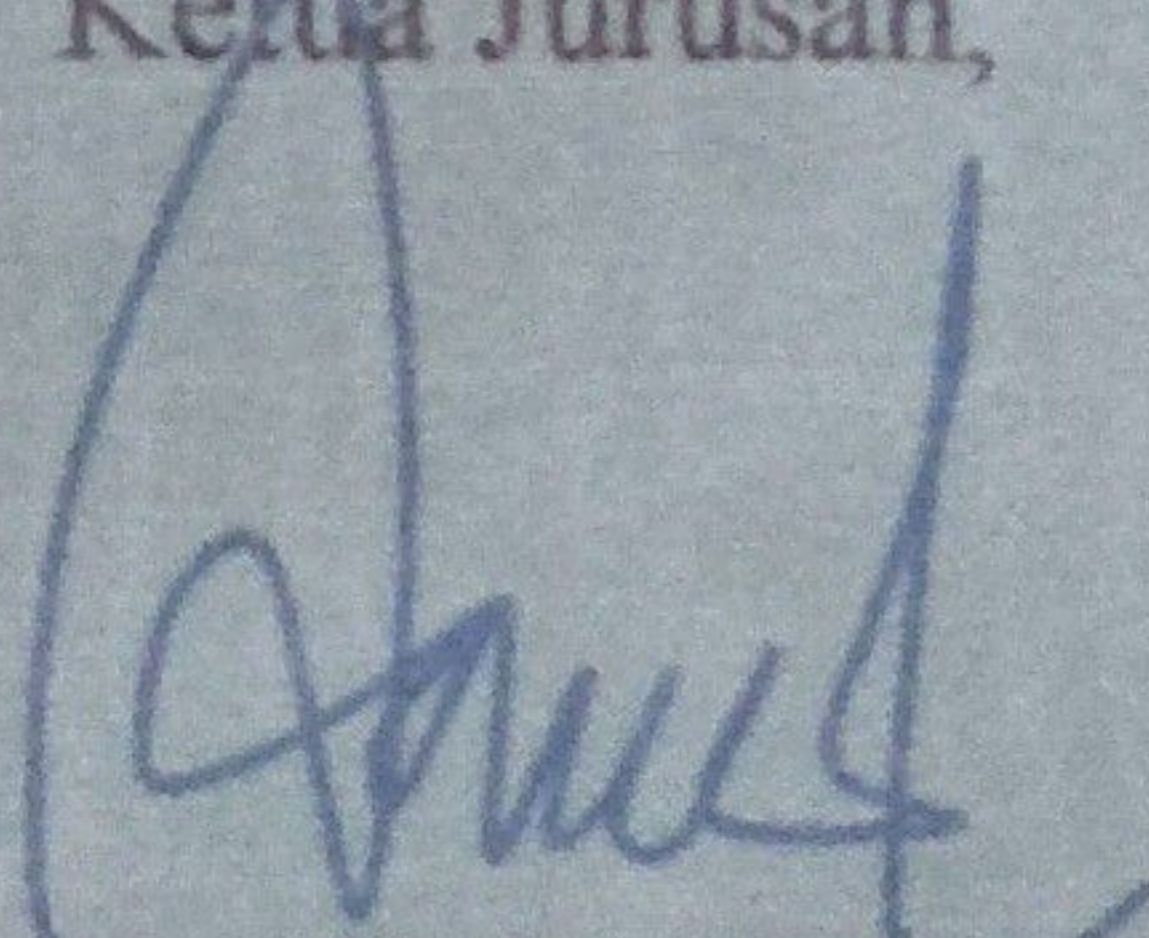
Lulus Sidang Tugas Akhir tanggal: 18 Oktober 2018

Disetujui oleh:
Pembimbing Utama,



Dr. Fadjar Goembira
NIP. 197607182001121002

Disahkan oleh:
Ketua Jurusan,



Ir. Slamet Raharjo, Dr. Eng
NIP. 197509112005011003

ABSTRAK

Analisis konsentrasi gas CH_4 dan CO_2 pada tangki septik kegiatan non perumahan telah dilakukan di Kelurahan Cupak Tengah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan konsentrasi gas CH_4 dan CO_2 yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran dengan perhitungan, serta menganalisis potensi pemanfaatan gas CH_4 sebagai biogas dan penyerapan gas CO_2 oleh vegetasi tanaman. Pengukuran konsentrasi gas dilakukan dengan menggunakan alat Biogas 5000™ Analyzer dan sampling dilakukan selama 8 (delapan) hari berturut-turut pada jam puncak yaitu pukul 11.00-12.00 WIB. Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh bahwa konsentrasi gas CH_4 lebih kecil dibandingkan CO_2 dimana konsentrasi tertinggi terdapat di sekolah yaitu sekitar 3,10-3,80% untuk CH_4 dan 5,70-6,80% untuk CO_2 dan konsentrasi terendah pada toko yaitu sekitar 0,20-0,30% untuk CH_4 dan 0,40-0,60% untuk CO_2 . Jumlah pengguna jamban, umur dan frekuensi pengurasan tangki septik mempengaruhi tinggi rendahnya konsentrasi yang diperoleh. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh bahwa konsentrasi gas CH_4 lebih besar dibandingkan CO_2 dimana konsentrasi tertinggi adalah pada sekolah yaitu sekitar 7,431-14,090% CH_4 dan 1,610-2,675% CO_2 dan konsentrasi terendah terdapat di toko yaitu 0,218-0,345% CH_4 dan 0,039-0,065% CO_2 . Hal ini dipengaruhi oleh jumlah pengguna jamban yang memiliki hubungan dengan persamaan yang digunakan. Berdasarkan Uji Mann-Whitney data hasil pengukuran dan perhitungan yang didapat tidak signifikan dibuktikan dengan $\text{sig} > 0,05$. Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan dan perhitungan, gas CH_4 yang berasal dari tangki septik belum memiliki potensi sebagai bahan baku biogas. Namun untuk emisi gas CO_2 yang dihasilkan oleh tangki septik dapat direduksi oleh vegetasi tanaman.

Kata kunci: Konsentrasi gas CH_4 dan CO_2 , tangki septik, potensi, biogas, dan vegetasi.



KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahirabbil'alamiin, segala puji dan syukur kepada Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia yang senantiasa dilimpahkan-NYA, sehingga Penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“ANALISIS KONSENTRASI GAS METANA (CH₄) DAN KARBONDIOKSIDA (CO₂) DARI TANGKI SEPTIK PADA KEGIATAN NON PERUMAHAN DI KELURAHAN CUPAK TANGAH, KECAMATAN PAUH, KOTA PADANG”**. Tidak lupa Penulis ucapkan shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW, sebab berkat dakwah Beliauulah saat ini kita dapat mengenal serta merasakan indahnya ilmu pengetahuan dandapat mengenal dengan baik Agama Islam dan *Insyallah* menjadi pengikutnya hingga akhir zaman.

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program strata satu di Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas. Pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat perkenankanlah Penulis menyampaikan terima kasih atas segala bantuan, dukungan, dan kerja sama yang telah diberikan, antara lain kepada:

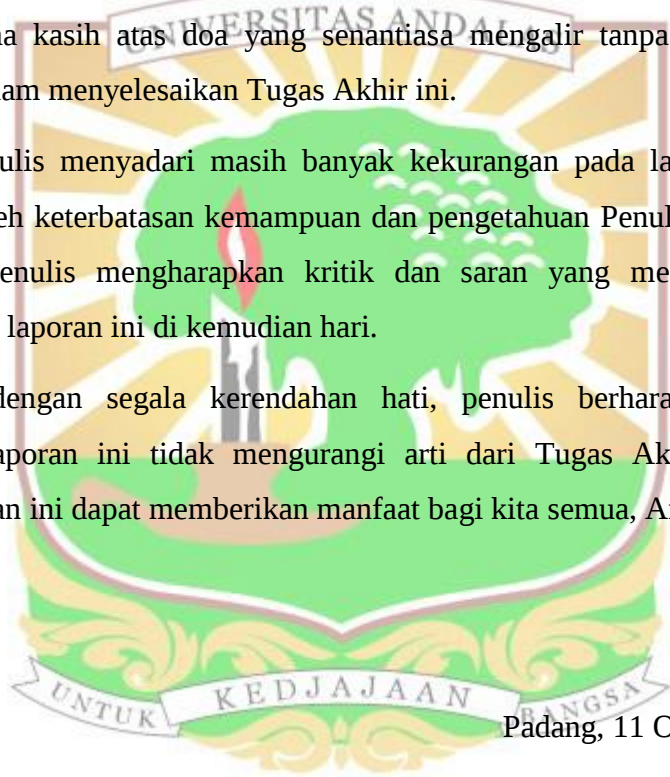
1. Ibu Syafniwati, Ayah Efi Arman, Abang Arief Budiman, ST, Adik Taufik Qurrahman dan keluarga besar tercinta, terimakasih yang tak terhingga atas semangat, kasih sayang, pengorbanan, dukungan baik moril maupun materil serta doa yang tulus, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya;
2. Bapak Dr. Fadjar Goembira selaku Pembimbing Tugas Akhir, yang telah banyak memberikan arahan, saran dan dukungan moril serta kesabaran selama masa perkuliahan, masa pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir ini. Semoga yang Bapak lakukan dibalas dengan limpahan ridha-Nya;
3. Ibu Vera Surtia Bachtiar, Ph.D dan Ibu Shinta Indah Dr.Eng selaku penguji yang memberikan saya masukan sehingga Tugas akhir ini bisa saya selesaikan dengan semestinya:

4. Bapak Rizki Aziz, Ph.D selaku Koordinator Tugas Akhir yang telah memberikan informasi sehubungan dengan penyusunan dan pembuatan Tugas Akhir ini;
5. Bapak Slamet Raharjo, Dr. Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan saat ini;
6. Bapak dan Ibu staf pengajar Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas yang telah memberikan ilmu yang sangat berharga baik dalam pengerjaan Tugas Akhir ini maupun untuk masa yang akan datang;
7. Karyawan/ti Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas yang telah membantu dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini;
8. PAUS BOHAY tercinta (Febi Yulia Hapsari/ ebod, Dian Putri Wahyuni/ ipun, Sherina windi, Hijrah Parila Syanur) yang telah menjadi teman terbaik dan selalu ada dalam kondisi apapun selama 4 tahun perkuliahan, yang mendengarkan dan membantu segala kerempongan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini;
9. Si ONCOM (Sanul, Aulia, Firma, Asep, Halim, Messy, Reno, Mirse dan Dila) yang selalu ada dari zaman alaynya SMA sampai sekarang dan memberikan dukungan dan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini;
10. Sherina Windi “Roomate” perkuliahan kurang lebih 4 tahun yang selalu mendengarkan curhatan, kegelisahan serta kerempongan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini;
11. Mandan Elsa Rezkia dan Fadilla Septryana yang telah menjadi teman berdiskusi dan memberikan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini;
12. Yuliana, ST selaku mandan KP “IPAL” yang paling panikan sejagad raya. Terimakasih atas bantuannya, semangatnya dan pengarahannya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini;
13. Teman-teman Jurusan Teknik Lingkungan Angkatan 2014 tersayang (DIVERGENT). Terima kasih atas segala bantuan, doa, dukungan dan ilmu yang dibagi sepanjang penyelesaian Tugas Akhir ini;
14. Tim asisten Teknik Penyaluran Air Buangan (TPAB) yang telah memberikan inspirasi dan semangat dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini;

15. Tim asisten Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Buangan (PBPAB) yang telah memberikan inspirasi dan semangat dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini;
16. Kepada “015 Squad” yang selalu memberikan semangat dalam penyusunan Tugas Akhir ini, cayoooooooo 015 Squad;
17. Uda-uda, Uni-uni (angkatan 12 dan 13) dan adik-adik (angkatan 15, 16, 17) HMTL yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu;
18. Hot in krim yang telah mengatasi capek, pegal-pegal dan nyeri otot yang menyerang selama penyusunan Tugas Akhir ini;
19. Seluruh pihak dan setiap nama yang tidak dapat Penulis cantumkan satu persatu, terima kasih atas doa yang senantiasa mengalir tanpa sepengetahuan Penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhirnya Penulis menyadari masih banyak kekurangan pada laporan ini yang disebabkan oleh keterbatasan kemampuan dan pengetahuan Penulis sendiri. Oleh karena itu, Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan ini di kemudian hari.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati, penulis berharap agar segala kekurangan laporan ini tidak mengurangi arti dari Tugas Akhir itu sendiri. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua, Amiin Ya Robbal ‘Alamiin.



Padang, 11 Oktober 2018

Wassalam,

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	I-3
1.3 Manfaat Penelitian	I-3
1.4 Batasan Masalah.....	I-4
1.5 Sistematika Penulisan	I-4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum.....	II-1
2.2 Pemanasan Global.....	II-1
2.3 Efek Rumah Kaca	II-3
2.3.1 Gas Metana (CH_4)	II-7
2.3.2 Gas Karbondioksida (CO_2).....	II-8
2.4 <i>Global Atmosphere Watch</i> (GAW) tentang Peningkatan Gas Rumah Kaca secara Global	II-10
2.5 Tangki Septik	II-12
2.5.1 Proses Anaerob pada Tangki Septik.....	II-15
2.5.2 Faktor yang Mempengaruhi Proses Anaerob	II-20
2.6 Biogas.....	II-23
2.6.1 Komposisi Biogas	II-24
2.6.2 Manfaat Biogas	II-26
2.7 Pemanfaatan Gas Tangki Septik sebagai Biogas	II-27
2.8 Penyerapan Gas Karbondioksida (CO_2) oleh Vegetasi.....	II-28
2.9 Biogas 5000.....	II-30
2.10 Klasifikasi Non Perumahan	II-33

2.11 Penentuan Ukuran Sampel Penelitian.....	II-35
2.12 Teknik <i>Sampling</i>	II-36
2.12.1 <i>Probability Sampling</i>	II-36
2.12.1 <i>Non Probability Sampling</i>	II-37
2.13 Analisis Korelasi	II-38
2.14 Analisis Regresi.....	II-39
2.15 Uji Mann-Whitney.....	II-40
2.16 Penelitian Terdahulu.....	II-41

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Umum	III-1
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	III-1
3.3 Tahapan Penelitian	III-2
3.4 Studi Literatur	III-3
3.5 Studi Pendahuluan	III-3
3.5.1 Survei Lapangan	III-3
3.5.2 Pengumpulan Data Sekunder.....	III-6
3.5.2.1 Gambaran Umum Wilayah Studi	III-6
3.6 Pengumpulan Data Primer	III-7
3.6.1 Wawancara	III-7
3.6.2 <i>Sampling</i> Gas CH ₄ dan CO ₂ di Lapangan.	III-8
3.6.3 Perhitungan Konsentrasi Gas CH ₄ dan Gas CO ₂ dengan Rumus Teoritis.....	III-11
3.7 Pengolahan Data dan Pembahasan	III-12

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum	IV-1
4.2 Kondisi Eksisting Kegiatan Non Perumahan di Kelurahan Cupak Tengah, Kecamatan Pauh, Kota Padang.....	IV-1
4.3 Analisis Konsentrasi Gas Metana (CH ₄) dan Karbondioksida (CO ₂) dari Hasil Pengukuran dan Perhitungan.....	IV-13
4.3.1 Analisis Konsentrasi Gas CH ₄ dan CO ₂ dari Hasil Pengukuran	IV-13

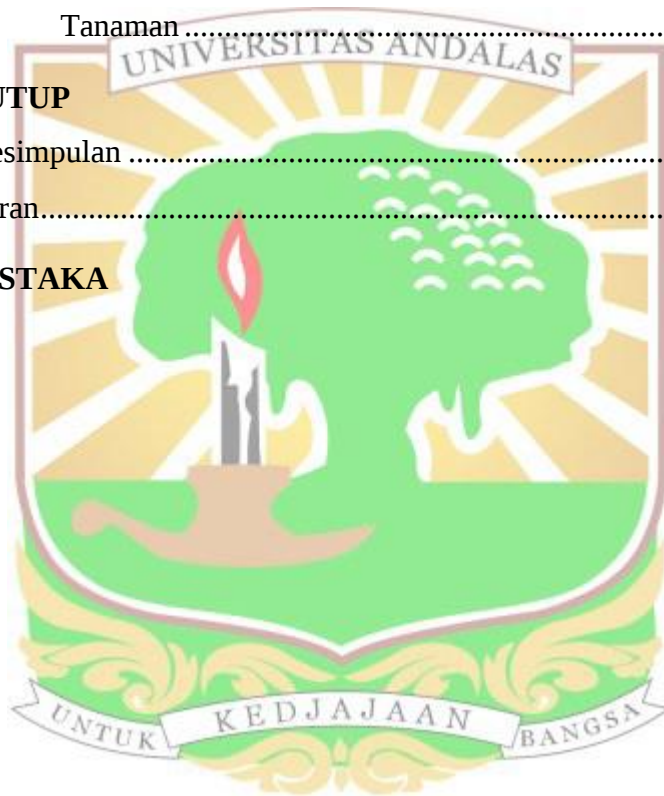
4.3.2 Konsentrasi Gas CH ₄ dan CO ₂ dari Hasil Perhitungan.....	IV-23
4.4 Perbandingan Konsentrasi Gas CH ₄ dan Gas CO ₂ Berdasarkan Hasil Perhitungan dengan pengukuran.....	IV-26
4.5 Analisis Potensi Pemanfaatan Gas Metana (CH ₄) sebagai Bahan Baku Biogas dan Potensi Penyerapan Gas Karbondioksida (CO ₂) oleh Vegetasi Tanaman Berdasarkan Literatur.....	IV-29
4.4.1 Potensi Pemanfaatan Gas Metana (CH ₄) sebagai Bahan Baku Biogas	IV-29
4.4.2 Potensi Penyerapan Gas Karbondiosida (CO ₂) oleh Vegetasi Tanaman	IV-31

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran.....	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Indeks Pemanasan Global Gas Rumah Kaca.....	II-5
Tabel 2.2	Sektor Kegiatan Penyumbang Emisi Gas Rumah Kaca di Indonesia.....	II-7
Tabel 2.3	Karakteristik <i>Feces</i> dan <i>Urine</i>	II-13
Tabel 2.4	Jenis Bakteri Berdasarkan Temperatur	II-20
Tabel 2.5	Senyawa Organik Terlarut Penghambat Pertumbuhan Mikroorganisme	II-23
Tabel 2.6	Komposisi Biogas.....	II-25
Tabel 2.7	Perbandingan Biogas dengan Bahan Bakar Lain	II-26
Tabel 2.8	Kemampuan Daya Serap Gas CO_2 oleh Beberapa Vegetasi	II-29
Tabel 2.9	Beberapa Jenis Tanaman Penyerap Gas CO_2	II-30
Tabel 2.10	Interpretasi Nilai r.....	II-39
Tabel 2.11	Penelitian Terdahulu.....	II-41
Tabel 3.1	Hasil Studi Pendahuluan Gas CH_4 dan Gas CO_2	III-4
Tabel 3.2	Jenis, Jumlah Kegiatan Non Perumahan dan Jumlah Kegiatan Non Perumahan Memiliki Tangki Septik di Kelurahan Cupak Tengah.....	III-5
Tabel 3.3	Jumlah Responden Berdasarkan Metode Slovin	III-8
Tabel 3.4	Jumlah Sampel Pengukuran Konsentrasi Gas CH_4 dan CO_2 Berdasarkan SNI 19-3964-1994	III-10
Tabel 3.5	Rekapitulasi Pengumpulan Data Primer.....	III-12
Tabel 4.1	Korelasi Jumlah Pengguna Jamban dan Hasil Pengukuran Konsentrasi Gas CH_4 dan CO_2	IV-17
Tabel 4.2	Hubungan Kondisi Eksisting dan Pola Pengurasan Tangki Septik terhadap Hasil Konsentrasi Gas CH_4 dan CO_2	IV-20

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peristiwa Pemanasan Global sebagai Efek Rumah Kaca	II-5
Gambar 2.2	Persentase Gas Rumah Kaca di Atmosfer	II-6
Gambar 2.3	Diagram Tren Konsentrasi CO ₂ Januari 2014 - Januari 2018 Stasiun GAW Bukit Kototabang.	II-11
Gambar 2.4	Diagram Tren Konsentrasi CH ₄ Januari 2014 - Januari 2018 Stasiun GAW Bukit Kototabang.	II-12
Gambar 2.5	Diagram Perbandingan Konsentrasi CO ₂	II-12
Gambar 2.6	Tangki Septik Konvensional	II-14
Gambar 2.7	Reaksi Asidogenesis	II-18
Gambar 2.8	Reaksi Asetogenesis	II-18
Gambar 2.9	Reaksi Metanogenesis	II-19
Gambar 2.10	Tahapan Pembentukan Gas Metana	II-19
Gambar 2.11	Perbandingan Biogas dengan Bahan Bakar Lain	II-27
Gambar 2.12	Alat Biogas 5000 Gas Analyzer	II-31
Gambar 2.13	Tampilan pada Layar Biogas 5000.....	II-33
Gambar 3.1	Diagram Alir Tahapan Pelaksanaan Penelitian.....	III-2
Gambar 3.2	Grafik Hasil Pengukuran Konsentrasi Gas CH ₄ dan CO ₂ pada Tangki Septik di Ruko	III-4
Gambar 3.3	Peta Kelurahan Cupak Tengah, Kecamatan Pauh, Kota Kota Padang	III-6
Gambar 4.1	Perbandingan Kepemilikan Jamban.....	IV-2
Gambar 4.2	Perbandingan Tempat Pembuangan Akhir Limbah Domestik (Black Water)	IV-3
Gambar 4.3	Perbandingan Tangki Septik yang Memiliki Pipa Vent.....	IV-4
Gambar 4.4	Perbandingan Umur Tangki Septik.....	IV-5
Gambar 4.5	Perbandingan Waktu Pengurusan Tangki Septik	IV-6
Gambar 4.6	Perbandingan Layanan Pengurusan Tangki Septik	IV-8
Gambar 4.7	Perbandingan Tujuan Akhir Pengurusan Lumpur Tangki Septik	IV-8
Gambar 4.8	Perbandingan Pengetahuan Pengelola Kegiatan Non Perumahan tentang Keuntungan Menggunakan Tangki Septik.....	IV-10

Gambar 4.9	Perbandingan Pengetahuan Pengelola Kegiatan Non Perumahan tentang Gas yang dihasilkan oleh Tangki Septik.....	IV-11
Gambar 4.10	Perbandingan Pengelola Kegiatan Non Perumahan tentang Dampak yang ditimbulkan oleh Gas yang dihasilkan oleh Tangki Septik.....	IV-11
Gambar 4.11	Perbandingan Kesiediaan Pengelola Kegiatan Non Perumahan untuk Menggunakan Biogas dari Tangki Septik	IV-12
Gambar 4.12	Fluktuasi Konsentrasi Gas CH_4 pada Setiap Lokasi <i>Sampling</i>	IV-14
Gambar 4.13	Fluktuasi Konsentrasi Gas CO_2 pada Setiap Lokasi	IV-18
Gambar 4.14	Korelasi Jumlah Pengguna Jamban dan Hasil Pengukuran Gas CH_4	IV-18
Gambar 4.15	Korelasi Jumlah Pengguna Jamban dan Hasil Pengukuran Gas CO_2	IV-14
Gambar 4.16	Fluktuasi Konsentrasi Gas CH_4 pada Setiap Lokasi <i>Sampling</i> Setelah Dikalikan Faktor Koreksi	IV-22
Gambar 4.17	Fluktuasi Konsentrasi Gas CO_2 pada Setiap Lokasi <i>Sampling</i> Setelah Dikalikan Faktor Koreksi	IV-22
Gambar 4.18	Perbandingan Perhitungan Konsentrasi Gas CH_4 pada Setiap Lokasi <i>Sampling</i> di Kelurahan Cupak Tengah	IV-24
Gambar 4.19	Perbandingan Perhitungan Konsentrasi Gas CO_2 pada Setiap Lokasi <i>Sampling</i> di Kelurahan Cupak Tengah	IV-25
Gambar 4.20	Perbandingan Konsentrasi Emisi Gas CH_4 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Sampel pada Kegiatan Non Perumahan di Kelurahan Cupak Tengah	IV-27
Gambar 4.21	Perbandingan Konsentrasi Emisi Gas CO_2 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Sampel pada Kegiatan Non Perumahan di Kelurahan Cupak Tengah	IV-28

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	Pertanyaan Wawancara
LAMPIRAN B	SNI 19-3964-1994 tentang Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan
LAMPIRAN C	Hasil Wawancara, Pengukuran dan Perhitungan Konsentrasi Gas Metana (CH_4) dan Karbondioksida (CO_2)
LAMPIRAN D	Dokumentasi



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Manusia dalam melakukan aktivitasnya menghasilkan limbah domestik berupa *grey water* dan *black water*. Pengolahan limbah domestik *black water* khususnya bagi negara berkembang termasuk Indonesia masih mengandalkan pengolahan individu seperti menggunakan tangki septik. Tangki septik merupakan suatu ruangan yang berfungsi menampung dan mengolah air limbah domestik berupa limbah organik yang berasal dari tinja dan urin manusia (*black water*) dengan kecepatan alir yang lambat, sehingga memberi kesempatan untuk terjadi pengendapan terhadap suspensi benda-benda padat dan kesempatan untuk penguraian bahan-bahan organik oleh bakteri anaerobik membentuk bahan-bahan larut air dan gas (SNI 03-2398-2002).

Penggunaan tangki septik merupakan salah satu kegiatan manusia yang dapat meningkatkan gas rumah kaca karena pengolahannya menggunakan proses anaerobik sehingga menghasilkan gas berupa gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Gas tersebut merupakan gas rumah kaca yang semakin meningkat dan dapat menyebabkan fenomena menghangatnya bumi karena terperangkapnya radiasi sinar matahari pada permukaan bumi (Stern, 2006). Jika dibandingkan dengan gas CO_2 yang memiliki konsentrasi terbesar di atmosfer, gas CH_4 lebih berbahaya dan memiliki indeks potensi pemanasan global 21 kali lebih besar dari gas CO_2 (Wahyuni, 2013). Gas CH_4 ini juga tidak dapat terserap oleh klorofil tumbuh-tumbuhan sehingga lebih stabil di atmosfer dibandingkan gas CO_2 yang dapat terserap tanaman melalui proses fotosintesis (US-EPA, 2010). Oleh karena itu, penggunaan tangki septik ini dapat dikatakan menyebabkan meningkatnya emisi gas rumah kaca (IPCC, 2006).

Menurut Waryono (2008), meningkatnya emisi gas rumah kaca diyakini sebagai penyebab utama terjadinya pemanasan global. Pemanasan global ini akan memberikan dampak yang sangat besar terhadap iklim, kenaikan permukaan air laut dan bahkan dampak terhadap kesehatan seperti malaria dan demam berdarah

akibat dari perubahan iklim. Apabila hal tersebut tetap berlangsung maka akan mengakibatkan suhu udara permukaan bumi naik hingga 2,3-7,0°C.

Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi permasalahan efek rumah kaca yaitu biogas. Biogas merupakan suatu proses dekomposisi bahan organik secara anaerob (tanpa udara bebas) untuk menghasilkan suatu gas yang sebagian besar berupa gas CH₄ dan gas CO₂ (Wahyuni, 2013). Gas CH₄ memiliki sifat mudah terbakar dan nilai kalor yang cukup tinggi. Tingginya nilai kalor dari gas CH₄ tersebut menjadikan biogas dapat digunakan untuk keperluan penerangan, memasak, menggerakkan mesin dan sebagainya (Alkusma *et al.*, 2016). Menurut Kasdin (2015), pemanfaatan biogas juga dapat mengurangi penggunaan bahan bakar LPG, menghemat biaya dan turut membantu dalam meminimalkan pencemaran lingkungan.

Kota Padang merupakan salah satu kota yang sebagian besar penduduknya memilih pengelolaan terhadap air limbah domestik dengan sifat individual atau sistem setempat yaitu dengan menggunakan tangki septik. Persentasi penggunaan tangki septik di Kota Padang sebagai tempat pembuangan akhir tinja yaitu sebesar 73,6%, sedangkan kolam/sawah sebesar 2,8%, sungai/danau/laut sebesar 12,1% dan tanah lobang sebesar 7,8%. Besarnya penggunaan tangki septik pada Kota Padang menyebabkan besarnya gas CH₄ dan gas CO₂ yang dihasilkan (Pokja Sanitasi Sumbar, 2015).

Kelurahan Cupak Tangah merupakan salah satu kelurahan di Kecamatan Pauh, Kota Padang dan berada dekat dengan Kampus Universitas Andalas. Kelurahan ini merupakan salah satu kelurahan yang padat penduduk. Angka kepadatan penduduk Kelurahan Cupak Tangah yaitu sebesar 3.110 per km² (Badan Pusat Statistik (BPS), 2016). Kelurahan ini tidak hanya terdiri dari kegiatan perumahan saja namun juga terdapat kegiatan non perumahan seperti (toko, ruko, sarana pendidikan, sarana ibadah, sarana kesehatan, kantor, industri, rumah makan dan *cafe*). Tangki septik menjadi salah satu tempat penampungan sementara limbah domestik masyarakat. Oleh sebab itu, maka Kelurahan Cupak Tangah dipilih sebagai lokasi penelitian untuk mengukur konsentrasi gas CH₄ dan gas CO₂ pada tangki septik kegiatan non perumahan serta membandingkannya dengan perhitungan.

Penelitian ini juga menganalisis upaya pencegahan emisi gas rumah kaca melalui pemanfaatan gas CH_4 sebagai biogas dan potensi penyerapan gas CO_2 oleh vegetasi. Diharapkan hasil penelitian ini dapat dijadikan solusi alternatif energi terbarukan yang ramah lingkungan, serta memberikan solusi penggunaan tanaman yang dapat mengurangi emisi. Solusi tersebut dapat digunakan sebagai upaya untuk mengurangi emisi gas rumah kaca yang berkontribusi.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian dari tugas akhir ini adalah memberikan informasi mengenai konsentrasi kontribusi gas rumah kaca dari tangki septik non perumahan di Kelurahan Cupak Tengah sehingga dapat diperkirakan potensi pemanfaatan gas CH_4 sebagai biogas dan potensi penyerapan gas CO_2 oleh vegetasi;

Tujuan penelitian ini antara lain adalah:

1. Menganalisis konsentrasi gas rumah kaca hasil pengukuran dan perhitungan dari tangki septik kegiatan non perumahan;
2. Membandingkan konsentrasi gas rumah kaca hasil pengukuran dan perhitungan dari tangki septik kegiatan non perumahan;
3. Menganalisis upaya pencegahan emisi gas rumah kaca melalui potensi pemanfaatan gas CH_4 sebagai biogas dan potensi penyerapan gas CO_2 oleh vegetasi.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini meliputi:

1. Memberikan gambaran awal kepada pihak Pemerintah Kelurahan Cupak Tengah mengenai potensi pengembangan produksi biogas dari pengolahan lanjutan gas CH_4 dan potensi penyerapan gas CO_2 oleh vegetasi pada tangki septik non perumahan di Kelurahan Cupak Tengah;
2. Salah satu upaya dan solusi dalam pemanfaatan dan pengelolaan gas sebagai *waste to energy* di bidang Teknik Lingkungan untuk mengurangi dampak gas rumah kaca yang dihasilkan dari tangki septik pada kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Tengah.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Lokasi penelitian adalah kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Tengah, Kecamatan Pauh, Kota Padang meliputi ruko, toko, sarana ibadah, sarana kesehatan, sekolah, kantor, industri, rumah makan dan *cafe*;
2. Pengukuran konsentrasi gas menggunakan alat biogas 5000 *analyzer*;
3. Perhitungan secara teoritis dengan menggunakan cara stoikiometri;
4. Gas yang diteliti adalah gas CH_4 dan gas CO_2 dengan sumber pencemar adalah tangki septik;
5. Penentuan jumlah sampel wawancara di lapangan berdasarkan Metode Slovin sedangkan jumlah sampel untuk pengukuran berdasarkan SNI 19-3964-1994;
6. Teknik pengambilan sampel adalah *Proportionate Stratified Random Sampling*;
7. Pengukuran konsentrasi gas dilakukan 1 kali sehari untuk satu lokasi sampel yaitu pada pukul 11.00-12.00 WIB selama 8 hari berturut-turut;
8. Potensi pemanfaatan gas CH_4 sebagai biogas dan potensi penyerapan gas CO_2 oleh vegetasi pada tangki septik berdasarkan literatur yang ada.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan teori-teori dan studi literatur mengenai pemanasan global, efek rumah kaca, gas CH_4 dan gas CO_2 , tangki septik, proses anaerobik pada tangki septik, faktor yang mempengaruhi proses anaerob, potensi gas CH_4 sebagai biogas dan potensi penyerapan gas CO_2 oleh vegetasi.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang penjabaran dan penjelasan metode serta prosedur pengerjaan penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang hasil penelitian yang telah dilakukan disertai dengan pembahasannya.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan simpulan dan saran yang dapat diperoleh berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Salah satu permasalahan yang menarik perhatian nasional ataupun internasional adalah masalah pemanasan global. Pemanasan global telah memberikan dampak yang sangat besar seperti iklim yang sangat ekstrim di bumi, terganggunya hutan dan ekosistem lainnya, serta naiknya permukaan laut. Dampak tersebut mengakibatkan negara-negara kepulauan mendapatkan pengaruh yang besar.

Pemanasan global ini disebabkan karena meningkatnya gas rumah kaca. Gas-gas tersebut seperti gas CH_4 dan gas CO_2 . Gas ini tidak hanya berasal secara alamiah ataupun dari kegiatan manusia, namun juga dihasilkan dari limbah-limbah manusia karena adanya proses perombakan anaerobik senyawa-senyawa organik. Oleh sebab itu perlu dilakukannya pengelolaan agar dapat mengurangi resiko pemanasan global salah satunya dengan biogas (Mulyani *et al.*, 2011).

2.2 Pemanasan Global

Pemanasan global (*global warming*) adalah fenomena peningkatan temperatur global dari tahun ke tahun karena meningkatnya gas rumah kaca sehingga menyebabkan terjadinya efek rumah kaca (Damayanti, 2013). Menurut IPCC (2007), suhu rata-rata global pada permukaan bumi akan meningkat 1,1–6,4°C antara tahun 1990 hingga 2100. Sebagian besar peningkatan suhu rata-rata global dimulai sejak pertengahan abad ke-20. Kemungkinan besar peningkatan suhu rata-rata global disebabkan dengan meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca seperti CO_2 , CH_4 , N_2O dan CFC akibat aktivitas manusia.

Pemanasan global menimbulkan dampak yang luas bagi lingkungan seperti pelelehan es di kutub, kenaikan muka air laut, peningkatan hujan dan banjir, perubahan iklim, punahnya flora dan fauna tertentu dan hama penyakit. Selain itu pemanasan global juga dapat berdampak bagi aktivitas sosial ekonomi masyarakat meliputi gangguan fungsi kawasan pesisir dan pantai, gangguan fungsi prasaranan dan sarana seperti jalan, pelabuhan dan bandara, gangguan terhadap pemukiman penduduk, pengurangan produktivitas lahan pertanian, peningkatan resiko kanker

dan wabah penyakit dan sebagainya (Idayanti, 2007). Berbagai aktivitas manusia yang memicu peningkatan gas rumah kaca antara lain kegiatan industri, pembabatan hutan secara terus-menerus, kendaraan bermotor, kegiatan peternakan dan rumah tangga (Muhi, 2011).

Salah satu fenomena yang muncul akibat pemanasan global antara lain sebagaimana yang dikemukakan oleh Muhi (2011) sebagai berikut:

1. Kebakaran hutan besar-besaran bukan hanya di Indonesia, sejumlah hutan di Amerika Serikat, Rusia, Australia dan sebagainya juga mengalami kebakaran hebat. Ilmuwan mengaitkan kebakaran hebat tersebut dengan temperatur yang semakin panas. Dimana area hutan lebih kering dari biasanya dan lebih mudah terbakar;
2. Situs purbakala seperti kuil, situs bersejarah, candi dan artefak cepat rusak akibat alam yang tidak bersahabat dibandingkan beberapa waktu silam, disebabkan banjir, suhu yang ekstrim dan pasang laut. Situs bersejarah berusia 600 tahun di Thailand, Sukhotai mengalami kerusakan akibat banjir besar;
3. Satelit bergerak lebih cepat yang disebabkan oleh emisi CO₂ membuat planet lebih cepat panas, bahkan berimbas ke ruang angkasa. Udara di bagian terluar atmosfer sangat tipis, tetapi dengan jumlah CO₂ yang bertambah, maka molekul di atmosfer bagian atas menyatu lebih lambat dan cenderung memancarkan energi, dan mendinginkan udara sekitarnya. Semakin banyak CO₂ di atas sana, maka atmosfer menciptakan lebih banyak dorongan, dan satelit bergerak lebih cepat;
4. Akibat musim yang semakin tak menentu, maka hanya makhluk hidup yang kuatlah yang bisa bertahan hidup. Misalnya, tanaman berbunga lebih cepat, maka migrasi sejumlah hewan akan terjadi lebih cepat. Mereka yang bergerak lambat akan kehilangan makanan, dan mereka yang lebih tangkas akan dapat bertahan hidup;
5. Pelelehan besar-besaran yang diakibatkan oleh temperatur bumi yang memicu pelelehan gunung es, dan semua lapisan tanah yang selama ini membeku. Dampak dari ketidakstabilan ini pada dataran tinggi seperti keruntuhan batuan;
6. Mekarnya tumbuhan di Kutub Utara saat pelelehan yang memicu masalah pada tanaman dan hewan di dataran yang lebih rendah, tercipta pula situasi yang

sama dengan saat matahari terbenam pada biota Kutub Utara. Tanaman kutub yang dulu terperangkap dalam es kini mulai tumbuh. Ilmuwan menemukan terjadinya peningkatan pembentukan fotosintesis di sejumlah tanah sekitar dibanding dengan tanah di era purba;

7. Habitat makhluk hidup pindah ke dataran lebih tinggi, dimana ilmuwan menemukan bahwa pemanasan global menyebabkan hewan-hewan kutub pindah ke dataran lebih tinggi. Hal ini mengancam habitat beruang kutub, karena es tempat dimana mereka tinggal juga mencair, tentu akan melakukan perpindahan habitat.

Proses terjadinya pemanasan global berawal dari matahari sebagai sumber energi di muka bumi. Sebagian besar energi tersebut dalam bentuk radiasi gelombang elektromagnetik yang pendek, termasuk cahaya tampak. Ketika energi ini mengenai permukaan bumi, akan berubah dari cahaya menjadi panas yang menghangatkan bumi dan permukaan bumi akan menyerap sebagian panas serta memantulkan kembali sisanya. Sebagian dari panas ini sebagai radiasi infra merah gelombang panjang dan ultraviolet ke angkasa luar. Namun sebagian panas tetap terperangkap di permukaan bumi karena dipantulkan oleh sejumlah gas rumah kaca yang terbentuk di atmosfer, menyebabkan panas tersebut tersimpan di permukaan bumi. Mekanisme ini terjadi secara terus menerus, mengakibatkan temperatur rata-rata tahunan bumi mengalami peningkatan (Idayanti, 2007).

2.3 Efek Rumah Kaca

Efek rumah kaca adalah proses masuknya radiasi dari matahari dan terjebaknya radiasi di dalam atmosfer akibat gas rumah kaca sehingga menaikkan suhu bumi. Efek rumah kaca pada proporsi yang tertentu memberikan kehangatan bagi semua makhluk hidup di permukaan bumi. Jika tidak ada efek rumah kaca maka suhu rata-rata permukaan bumi diperkirakan mencapai -18°C . Bertambahnya gas rumah kaca di atmosfer akan menahan lebih banyak radiasi daripada yang dibutuhkan bumi sehingga akan ada kelebihan panas. Gas yang dikategorikan sebagai gas rumah kaca antara lain CO_2 , CH_4 , N_2O , CO , NO_x dan SO_2 . Di Indonesia kontribusi terbesar gas rumah kaca berasal dari CO_2 , CH_4 , N_2O (Mulyani *et al.*, 2011).

Efek gas rumah kaca dapat diibaratkan suatu kaca yang melindungi bumi seperti kaca pada atap rumah kaca yang digunakan untuk penelitian suatu tanaman budidaya. Meningkatnya temperatur di dalam rumah kaca disebabkan karena sinar matahari yang menembus kaca dipantulkan kembali oleh benda-benda di dalam ruangan rumah kaca sebagai gelombang panas yang berupa sinar inframerah. Akibatnya suhu di dalam ruangan rumah kaca lebih tinggi dari pada suhu di luarnya hal tersebutlah yang dimaksudkan dengan efek rumah kaca (Hidayati, 2001).

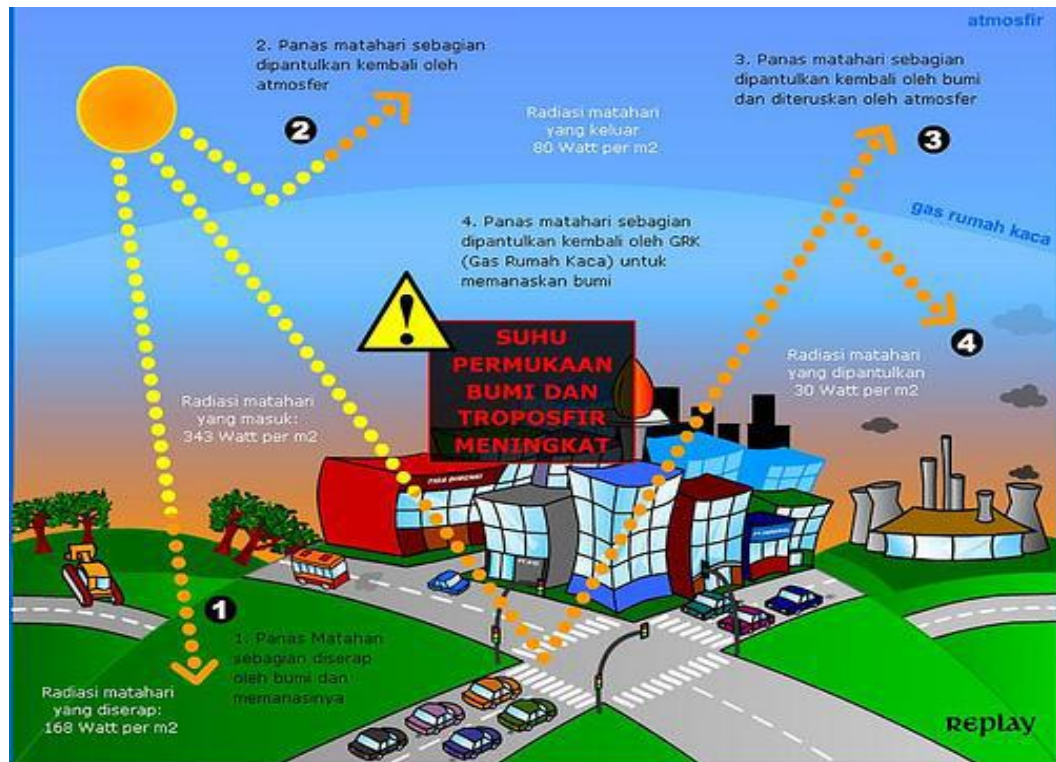
Efek dari peningkatan kadar gas rumah kaca yaitu peningkatan temperatur di bumi. Peningkatan temperatur ini menyebabkan efek lanjutan seperti mencairnya es di kutub, kenaikan muka air laut, mengganggu pertanian dan secara tidak langsung akhirnya berdampak pada ekonomi suatu negara (Darwin, 2004). Menurut IPCC (2007), gas-gas utama yang dikategorikan sebagai gas rumah kaca mempunyai potensi menyebabkan pemanasan global adalah gas CH_4 dan CO_2 . Sejak era industrialiasi pada tahun 1750 sampai tahun 2005 gas CH_4 dan CO_2 telah mengalami peningkatan kadar yang pesat dan secara global. Gas CO_2 mempunyai persentase sebesar 50% dari total gas rumah kaca sementara CH_4 memiliki persentase sebesar 20% (Rukaesih, 2004).

Akibat yang ditimbulkan oleh efek rumah kaca selain pemanasan global antara lain (Muhi, 2011):

1. Iklim mulai tidak stabil sehingga sering terjadi ketidakteraturan cuaca dan sering terjadi badai yang besar ataupun bencana kekeringan di daerah belahan bumi lainnya;
2. Perubahan ekologi tumbuhan dan hewan secara langsung akan terpengaruh perubahan iklim, akibatnya tumbuhan dan hewan akan punah karena tidak bisa beradaptasi. Sementara itu disatu sisi populasi hewan dan tumbuhan akan bertambah banyak, misalnya nyamuk akan cepat berkembang bahkan sampai ke daerah pegunungan jika suhu pegunungan menjadi hangat;
3. Perubahan cuaca akan berakibat secara tidak langsung muncul wabah penyakit, gagal panen, bencana alam dan sebagainya.

Gambaran kejadian pemanasan global akibat efek rumah kaca dapat dilihat pada

Gambar 2.1



Gambar 2.1 Peristiwa Pemanasan Global Sebagai Efek Rumah Kaca

Sumber: Muhi, 2011

Gas CO₂ memberikan kontribusi terbesar terhadap pemanasan global diikuti oleh gas CH₄. Lebih dari 75% komposisi gas rumah kaca di atmosfer adalah CO₂ (Rawung, 2015). Efek rumah kaca timbul karena gas rumah kaca mempunyai indeks pemanasan global atau disebut juga potensi pemanasan gas rumah kaca ditunjukkan pada **Tabel 2.1**

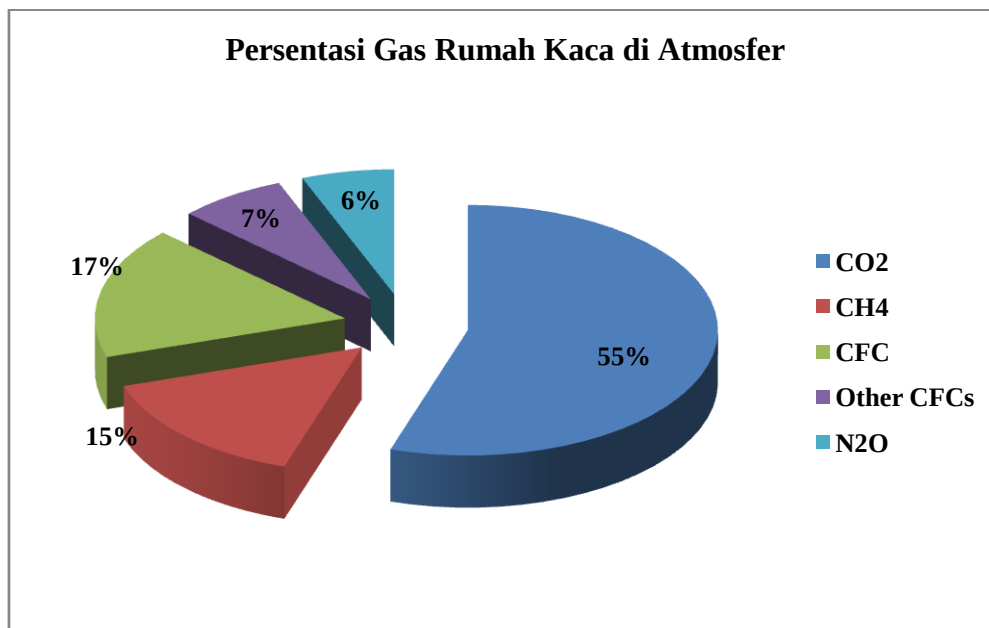
Tabel 2.1 Indeks Pemanasan Global Gas Rumah Kaca

No	Jenis Gas Rumah Kaca	Potensi Pemanasan (ton CO ₂ ekuivalen)
1	Karbon dioksida (CO ₂)	1
2	Metana (CH ₄)	21
3	Dinitrogen oksida (N ₂ O)	310
4	Hydrofluorocarbon (HFCs)	500
5	Sulfur hexafluorida (SF ₆)	9200

Sumber: Samiaji, 2009

Hal ini menunjukkan bahwa efektifitas N₂O dalam menyerap panas kira-kira 310 kali lebih besar daripada CO₂ dan efektivitas CH₄ dalam menyerap panas kira-kira 21 kali lebih besar daripada CO₂. Meskipun CO₂ mempunyai potensi pemanasan yang paling kecil, tetapi karena konsentrasinya di atmosfer adalah yang paling besar dibanding gas rumah kaca yang lain yaitu seperti yang ditunjukkan **Gambar 2.2** yaitu sebesar 55%. Oleh sebab itu gas CO₂ sekarang menjadi perhatian dunia

karena diisukan menjadi penyebab utama pemanasan global. Contoh bila di atmosfer terdapat 100 ton GRK artinya di dalamnya terkandung 55 ton CO₂, 7 ton SF₆, 17 ton CFC, 15 ton CH₄ dan 6 ton N₂O, maka CH₄ mempunyai potensi penyerapan dan memanaskan lingkungan 15x21 = 315 ton CO₂, sedangkan gas CO₂ mempunyai potensi penyerapan dan memanaskan lingkungan sebesar 55 ton, jadi efek pemanasan yang ditimbulkan gas CH₄ dalam atmosfer tersebut adalah 315 : 55 = 5,7 kali lebih panas dari gas CO₂ (Samiaji, 2009). Persentasi gas rumah kaca di atmosfer dapat dilihat pada **Gambar 2.2** dibawah ini.



Gambar 2.2 Persentasi Gas Rumah Kaca di Atmosfer

Sumber: Trismianto et al., 2008

Emisi gas rumah kaca berasal dari kegiatan manusia, terutama yang berhubungan dengan penggunaan bahan bakar fosil (seperti minyak bumi, gas bumi, batu bara dan gas alam). Pembakaran bahan bakar fosil sebagai sumber energi untuk listrik, transportasi dan industri akan menghasilkan CO₂ dan gas rumah kaca lain yang di buang ke udara. Emisi yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil menyumbang 2/3 dari total emisi yang dikeluarkan ke udara. 1/3 lainnya dihasilkan kegiatan manusia dari sektor kehutanan, pertanian dan sampah (Stern, 2006). Pada **Tabel 2.2** berikut ini merupakan sektor penyumbang emisi gas rumah kaca di Indonesia.

Tabel 2.2 Sektor Kegiatan Penyumbang Emisi Gas Rumah Kaca Di Indonesia

No	Sektor	Emisi Ekuivalen Karbondioksida (CO ₂) (Gg)	Persentase Dan Total Emisi GRK (%)
1	Kehutanan & Tata Guna Lahan	315.290,19	42,5
2	Energi dan Transport	303.829,95	40,9
3	Pertanian	99.515,24	13,4
4	Proses Industri	17.900,50	2,4
5	Limbah	6.039,39	0,8
6	Total	742.575,26	100

Sumber: Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2009

2.3.1 Gas Metana (CH₄)

Gas CH₄ merupakan senyawa hidrokarbon paling sederhana yang berbentuk gas yang tidak berwarna dan tidak berbau dengan rumus kimia CH₄. Selain itu sifat-sifat lain gas CH₄ yaitu dapat terbakar pada kadar antara 5-15 %, mempunyai berat molekul 16,04 gram/mol dan berat jenis 0,554, titik didih -161°C dan mempunyai kelarutan dalam air sekitar 35 mg/L pada tekanan 1 atmosfer. Apabila dibandingkan dengan gas CO₂, gas CH₄ dapat menimbulkan pemanasan global yang lebih besar. Selain itu gas CH₄ juga tidak dapat terserap oleh klorofil tumbuh-tumbuhan sehingga lebih stabil di atmosfer dibanding gas CO₂ yang dapat terserap tanaman melalui proses fotosintesis (US-EPA, 2010).

Gas CH₄ merupakan salah satu gas rumah kaca yang termasuk kedalam senyawa kimia golongan alkana yang paling sederhana dan merupakan komponen utama gas alam. Pembakaran sempurna senyawa ini menghasilkan CO₂ dan uap air. Kelimpahannya di alam dan proses pembakarannya yang sempurna membuat CH₄ menjadi bahan bakar yang sangat baik dan harganya mahal. Namun karena wujudnya yang berupa gas pada temperatur dan tekanan normal, gas CH₄ sangat sulit untuk dipindahkan dari tempat asalnya. Gas CH₄ dalam bentuk gas alam biasanya dialirkan dengan menggunakan pipa (Nahas *et al.*, 2008).

Gas CH₄ merupakan salah satu gas rumah kaca dengan indeks potensi pemanasan global 21 kali molekul CO₂. Karena dengan semakin besar potensi pemanasannya maka akan menyebabkan suhu bumi menjadi semakin panas. Emisi gas CH₄ dapat berasal dari sumber alami maupun aktivitas antropogenik. Sumber alami gas CH₄ antara lain lahan basah, danau, sungai proses fermentasi oleh bakteri. Sedangkan gas CH₄ dari aktivitas antropogenik berasal dari sektor pertanian, peternakan,

limbah domestik rumah tangga (septic tank), waduk, tempat pemrosesan sampah baik sementara (TPS) maupun akhir (TPA) (Slamet, 2014). Aktivitas antropogenik diperkirakan menyumbang lebih kurang 60% dari emisi CH_4 ke atmosfer (Hauwelling *et al.*, 2006).

Tingkat emisi gas CH_4 dapat bervariasi secara signifikan dari satu negara atau daerah ke daerah yang lain, tergantung pada banyak faktor seperti iklim, karakteristik produksi industri dan pertanian, jenis energi dan penggunaannya serta pengelolaan limbah. Misalnya suhu dan kelembaban memiliki pengaruh yang signifikan pada proses pencernaan anaerobik, yang merupakan salah satu proses kunci biologis yang menyebabkan emisi gas CH_4 (Pujiastuti, 2012). Penerapan teknologi untuk menangkap dan memanfaatkan gas CH_4 dari sumber seperti tempat pembuangan sampah, tambang batubara dan sistem manajemen pupuk mempengaruhi tingkat emisi dari sumber tersebut (US-EPA, 2011). Gas CH_4 merupakan gas rumah kaca yang lebih kuat dibandingkan CO_2 . Namun konsentrasi gas CH_4 lebih kecil dibandingkan gas rumah kaca lainnya (Akorede *et al.*, 2012).

2.3.2 Gas Karbondioksida (CO_2)

Gas karbondioksida (CO_2) adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan memiliki berat molekul 44,1 gram/mol dan berat jenis sebesar 1,53 dimana berat jenis relatif udara yaitu 1, sehingga bisa dikatakan CO_2 memiliki berat jenis lebih besar dari udara. Titik didih CO_2 $-78,3^\circ\text{C}$ dan volume jenis CO_2 24,2 ft^3/lb (Finarta, 2012). Gas CO_2 merupakan salah satu emisi yang menyusun gas rumah kaca disamping gas CH_4 , N_2O dan H_2O . Emisi gas CO_2 meningkat lebih dari dua kali lipat dari 1.400 juta ton/tahun pada dekade terdahulu menjadi 2.900 juta ton/tahun dalam dekade sekarang. Maka tidak dapat dipungkiri bahwa telah terjadi perubahan iklim yang menyebabkan pemanasan global berupa peningkatan suhu gas rumah kaca menjadi $0,5^\circ\text{C}$ lebih panas dari suhu sebelum revolusi industri (Murdiyarso, 2005).

Gas CO_2 dapat diemisikan melalui sejumlah cara secara alami melalui siklus karbon dan melalui aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil (minyak, gas alam dan batubara), limbah padat dan juga sebagai akibat dari reaksi kimia lain (misalnya pembuatan semen). Siklus karbon alami terjadi ketika CO_2

digunakan oleh tanaman selama proses fotosintesis dan pertukaran CO₂ antara atmosfer dan lautan dimana lautan menyerap lalu melepaskan CO₂ pada permukaan laut (Anggraini, 2012).

Beberapa aktivitas manusia menjadi sumber emisi CO₂ adalah (Anggraini, 2012):

1. Pembakaran bahan bakar fosil

Sumber terbesar emisi CO₂ secara global adalah pembakaran bahan bakar fosil seperti batubara, minyak dan gas di pembangkit listrik, mobil fasilitas industri dan sumber lainnya.

2. Proses menghasilkan energi listrik

Semua teknologi pembangkit listrik menghasilkan emisi gas CO₂ dan gas rumah kaca lainnya. Emisi dapat berasal secara langsung yang timbul selama proses pengoperasian pembangkit listrik dan tidak langsung yang timbul selama proses non operasional.

3. Industri

Sektor industri seperti dalam kegiatan manufaktur, konstruksi dan pertambangan seperti penyulingan minyak bumi, produksi kimia, produksi logam primer, kertas, makanan dan produksi mineral.

4. Hunian dan komersial

Sektor perumahan dan komersial sangat bergantung pada listrik untuk memenuhi kebutuhan energi, terutama untuk penerangan, pemanasan, udara dan peralatan. Sumber utama emisi CO₂ langsung adalah pembakaran gas alam dan minyak untuk pemanasan dan pendinginan bangunan (IPCC, 2007).

5. Transportasi

Sektor transportasi merupakan sumber emisi CO₂ terbesar kedua di AS. Hampir semua energi yang dikonsumsi di sektor transportasi berbasis minyak bumi termasuk bensin, diesel dan bahan bakar jet. Emisi dari transportasi tergantung pada jumlah perjalanan dan jenis bahan bakar yang digunakan yang dapat mempengaruhi tingkat emisi (IPCC, 2007).

Konsentrasi gas CO₂ global di atmosfer meningkat sejak dimulainya revolusi industri karena pertumbuhan pesat aktivitas manusia. Saat ini telah cukup bukti

ilmiah yang menunjukkan bahwa meningkatnya konsentrasi CO₂ di atmosfer adalah penyebab utama pemanasan global dan perubahan iklim (IPCC, 2007). Konsentrasi gas CO₂ pada masa pra-industri sebesar 278 ppm sedangkan pada tahun 2005 adalah sebesar 379 ppm. Akibat yang ditimbulkan dari perubahan ini adalah temperatur global naik 0,74°C, selain itu telah terjadi pengurangan tutupan salju sebesar 7% di belahan bumi utara dan sungai-sungai akan lebih lambat membeku 5,8 hari lebih lambat dari pada 1 abad yang lalu serta mencair lebih cepat 6,5 hari jika konsentrasi CO₂ adalah stabil sekitar 550 ppm (2 kali lipat dari masa pra industri) maka diperkirakan terjadi peningkatan suhu sekitar 3°C. Naiknya konsentrasi CO₂ tersebut tergantung dari naiknya jumlah populasi, pertumbuhan ekonomi dan perkembangan teknologi. Menurut *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) (2007), jika peningkatan suhu global melebihi 2,5°C, maka 20-30% spesies tumbuhan dan hewan akan terancam kepunahannya.

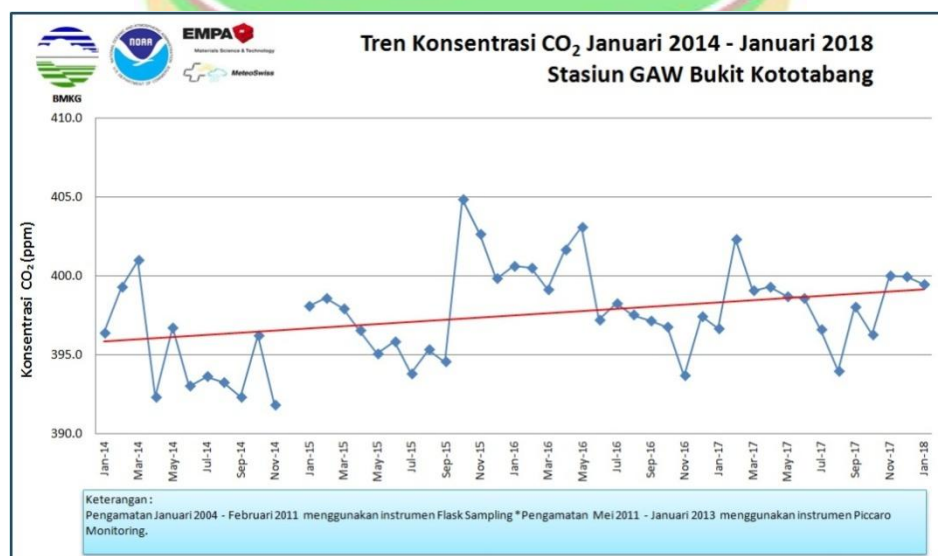
2.4 Global Atmosphere Watch (GAW) tentang Peningkatan Gas Rumah Kaca secara Global

Global Atmosphere Watch (GAW) atau yang biasa disebut Stasiun Pengamat Atmosfer Global (SPAG) merupakan sistem pengamatan atmosfer secara global yang didirikan oleh *World Meteorological Organization* (WMO) pada tahun 1960-an, yaitu bagian dari badan PBB (Perserikatan Bangsa-Bangsa) yang memonitoring perkembangan atmosfer bumi. Atmosfer menjadi media tempat beradanya udara. Udara merupakan komponen penting yang dibutuhkan manusia dalam proses transpirasi. Meningkatnya pembangunan fisik kota dan pusat-pusat industri, komponen udara tersebut telah mengalami perubahan. Perubahan komponen udara tersebut berpengaruh pada perubahan kualitas udara dan berakibat pada pencemaran yang mengakibatkan masalah yang menjadi topik utama sekarang, yaitu pemanasan global (Santi, 2012).

Stasiun GAW Bukit Kototabang di Kabupaten Agam, Sumatera Barat merupakan salah satu stasiun pengamat atmosfer global yang ada di Indonesia dan mewakili kondisi atmosfer di Indonesia secara global dan di dunia yang letaknya persis di garis ekuator (Santi, 2012). Stasiun GAW Bukit Kototabang merupakan salah satu

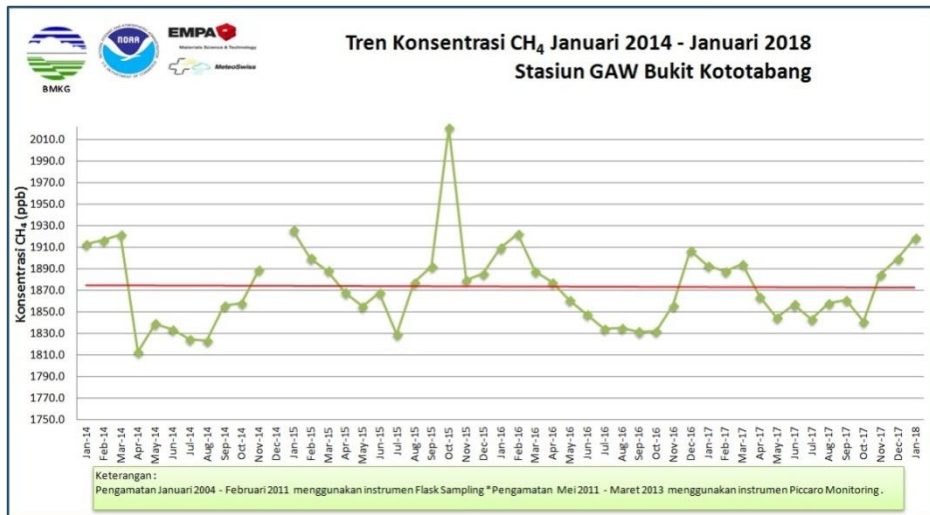
pengamat referensi udara bersih dari 26 stasiun pemantauan udara bersih yang ada di dunia saat ini. Setiap stasiun mewakili berbagai variasi iklim dan kondisi topografi yang ada di bumi. Stasiun GAW Kototabang merupakan stasiun pengamatan yang mewakili wilayah beriklim tropis yang berada pada daerah khatulistiwa. Stasiun ini terletak pada lokasi yang jauh dari pemukiman dan aktivitas manusia agar udara yang diukur benar-benar alami sehingga dapat dijadikan referensi udara bersih baik dalam lingkup nasional maupun internasional (Pujiastuti, 2012).

Sejak tahun 2004, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) telah melakukan pengukuran gas rumah kaca di stasiun GAW yang berlokasi di Bukit Kototabang Sumatra Barat, terletak pada 0.20 LS 100.32 BT dengan ketinggian 864.5 m dpl. Pengukuran konsentrasi gas rumah kaca menggunakan peralatan otomatis (*direct method*) dan peralatan manual (*sampling method*). Peralatan otomatis menggunakan *Analizer Piccaro G3010* dengan metoda *Cavity Ring-Down Spectroscopy* (CRDS). Peralatan manual menggunakan "*Air Kit Flask Sampling*" dan sampel tersebut dikirim ke laboratorium NOAA - USA untuk di analisis (BMKG, 2018). Konsentrasi gas CO₂ dan CH₄ yang diperoleh dari pengukuran di Stasiun GAW Bukit Kototabang dapat dilihat pada **Gambar 2.3**, **Gambar 2.4** dan **Gambar 2.5** di bawah ini.



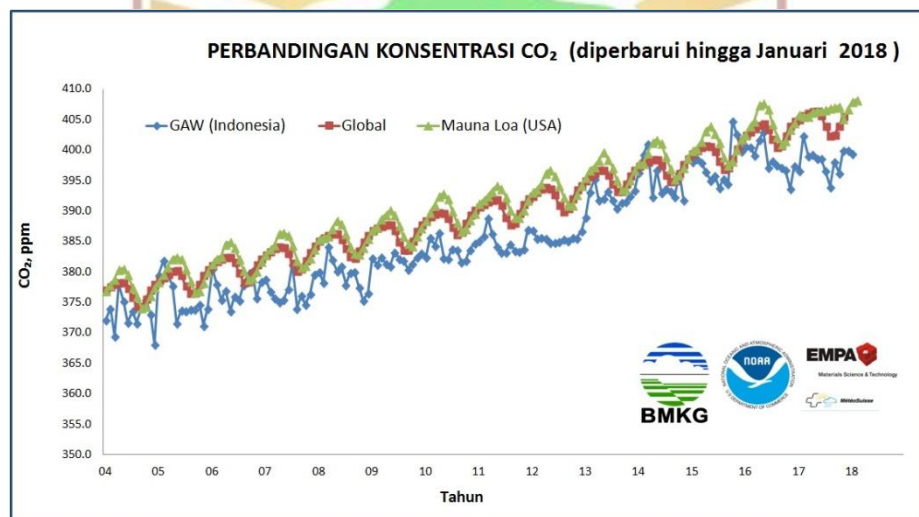
Gambar 2.3 Diagram Tren Konsentrasi CO₂ Januari 2014 – Januari 2018 Stasiun GAW Bukit Kototabang

Sumber: Badan Metereologi, Klimatologi dan Geofisika, 2018



Gambar 2.4 Diagram Tren Konsentrasi CH₄ Januari 2014 – Januari 2018 Stasiun GAW Bukit Kototabang

Sumber: Badan Metereologi, Klimatologi dan Geofisika, 2018



Gambar 2.5 Diagram Perbandingan Konsentrasi CO₂

Sumber: Badan Metereologi, Klimatologi dan Geofisika, 2018

Hasil pengukuran gas rumah kaca stasiun GAW Bukit Kototabang selama 12 tahun terakhir menunjukkan adanya tren kenaikan konsentrasi CO₂ secara linier yaitu sekitar 0,174 ppm per bulan dari sekitar 372 ppm pada tahun 2004 menjadi 397 ppm. Namun laju kenaikan ini tidak setinggi konsentrasi CO₂ hasil pengukuran di stasiun GAW Mauna Loa (USA) maupun global.

2.5 Tangki Septik

Tangki septik adalah suatu ruangan kedap air yang terdiri dari kompartemen ruang yang berfungsi menampung/mengolah air limbah domestik (*black water*) dengan kecepatan alir yang sangat lambat sehingga memberi kesempatan untuk

terjadinya pengendapan terhadap suspensi benda-benda padat dan dekomposisi bahan-bahan organik oleh mikroba anaerobik membentuk bahan-bahan larut air dan gas (SNI 03-2398-2002). Proses pengolahan ini berjalan secara alamiah sehingga memisahkan antara padatan berupa lumpur yang lebih stabil serta cairan (*supernatant*). Proses anaerobik yang terjadi pada tangki septik dapat menghasilkan biogas (gas CH₄ dan CO₂) yang dapat dimanfaatkan. Sementara itu cairan yang terolah pada tangki septik akan keluar dari tangki septik sebagai *effluent* dan gas yang terbentuk akan dilepas melalui pipa ventilasi. Kemudian lumpur yang telah matang akan mengendap di dasar tangki dan harus dikuras secara berkala (Sudarmadji dan Hamdi, 2003). Periode pengurasan lumpur dilakukan 3 tahun sekali (SNI 03-2398-2002).

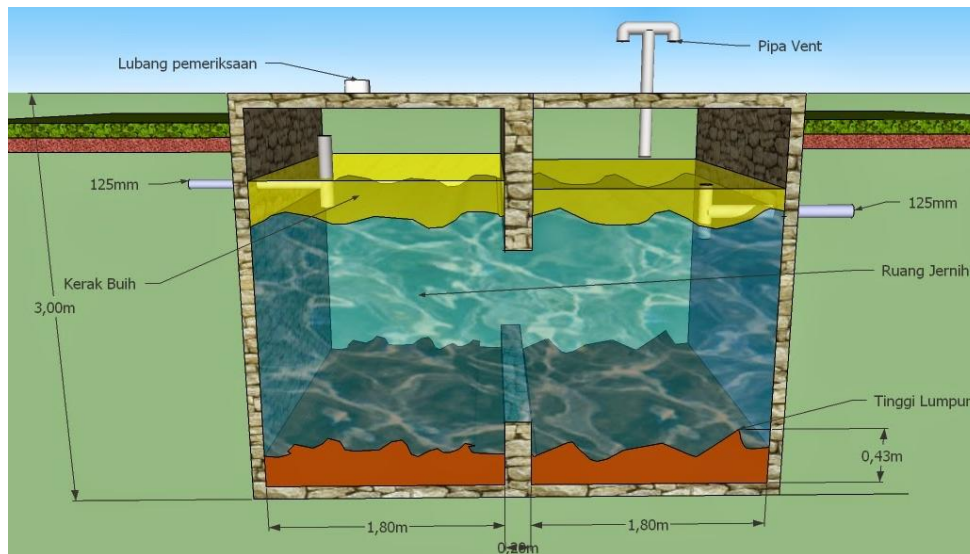
Limbah domestik terdiri dari 3 fraksi utama yaitu tinja (*feces*) berpotensi mengandung mikroba patogen, air seni (*urine*) yang umumnya mengandung nitrogen, fosfor dan mikroorganisme serta *grey water* merupakan air bekas cucian dapur, mesin cuci dan kamar mandi (Kustiasih dan Medawati, 2017). Menurut Mubin *et al* (2016), campuran *feces* dan *urine* disebut sebagai *excreta*, sedangkan campuran *excreta* dengan air bilasan toilet disebut sebagai *black water*. Tinja merupakan bahan buangan yang dikeluarkan dari tubuh manusia melalui anus sebagai sisa dari proses pencernaan makanan di sepanjang sistem saluran pencernaan (*tractus digestifus*). Seseorang yang normal diperkirakan menghasilkan ekskreta rata-rata sehari sekitar 83 gram tinja dan 970 gram urin. Kedua jenis kotoran manusia tersebut terdiri dari zat-zat organik (sekitar 20% untuk tinja dan 2,5% untuk urin), serta zat-zat anorganik seperti nitrogen, asam fosfat, sulfur, karbon dan sebagainya. Menurut Soeparman (2002), perkiraan kuantitas tinja manusia tanpa air seni adalah 35-70 gram perkapita berat kering. Menurut Soeparman (2002), karakteristik *feces* dan urin berdasarkan berat basah dan berat kering dapat dilihat pada **Tabel 2.3**

Tabel 2.3 Karakteristik *Feces* dan *Urine*

Keterangan	Berat Basah	Berat Kering
	gram/orang/hari	
<i>Feces</i>	135-270	35-70
<i>Urine</i>	1.000-1.300	50-70
Jumlah	1.135-1.570	85-140

Sumber: Soeparman, 2002

Tangki septik konvensional merupakan sistem pengolahan air limbah domestik yang paling banyak digunakan untuk sistem individual di Indonesia. Tangki septik konvensional terdiri dari beberapa bagian seperti terlihat pada **Gambar 2.6** di bawah ini



Gambar 2.6 Tangki Septik Konvensional

Sumber: Rahman, 2016

1. Pipa ventilasi (pipa Tee) yang berfungsi untuk mengalirkan gas yang dihasilkan dari proses anaerobik. Untuk menghindari bau gas dari tangki septik maka sebaiknya pipa pelepas dipasang lebih tinggi agar bau gas dapat langsung terlepas di udara (Daryanto, 2005);
2. Dinding tangki septik terbuat dari batubata dengan plesteran semen dan dibuat dari rapat air (Daryanto, 2005);
3. Ruang pertama sebagai ruang pengendapan lumpur sedangkan ruang kedua sebagai ruang pengendapan bagi padatan yang tidak terendapkan pada ruang pertama (Sudarmadji dan Hamdi, 2003);
4. Lubang pemeriksaan yang berguna untuk pemeriksaan kedalaman lumpur serta untuk pengurasan (Sudarmadji dan Hamdi, 2003);
5. Pipa influen dan effluen tangki septik terbuat dari pipa PVC (Daryanto, 2005);
6. Tutup tangki septik terbuat dari beton dan terletak minimal 0,3 meter dibawah permukaan tanah agar temperatur di dalam tangki septik tetap hangat dan konstan agar kelangsungan hidup bakteri dapat lebih terjamin (Daryanto, 2005).

Pada ruang pertama limbah yang masuk dibagi menjadi 3 bagian yaitu:

1. Lumpur/*sludge* yang mengendap pada bagian bawah dan untuk seterusnya lumpur ini akan terurai lewat proses anaerobik;
2. *Supernatant* merupakan cairan yang telah berkurang unsur padatnya dan untuk seterusnya akan mengalir menuju ruang kedua
3. *Scum* (buih atau langit-langit) yang merupakan bahan yang lebih ringan dari air seperti minyak, lemak, dan bahan ikutan lain. *Scum* ini bertambah lama bertambah tebal. Karena itu perlu dihilangkan secara periodik (biasanya sekali dalam 1 tahun). *Scum* ini sebenarnya tidak mengganggu reaksi yang terjadi selama proses pengolahan, tetapi bila terlalu tebal akan memakan tempat hingga kapasitas pengolahan akan berkurang.

Pada ruang kedua terdapat dua bagian yaitu:

1. Endapan lumpur/*sludge*, khususnya partikel yang tidak terendapkan pada ruang pertama.
2. *Supernatant* yang seterusnya menjadi *effluent* untuk dibuang ke alam atau diresapkan ke dalam tanah.

2.5.1 Proses Anaerob pada Tangki Septik

Proses anaerobik merupakan proses pengolahan air limbah dengan menggunakan bakteri anaerob atau tanpa membutuhkan oksigen dalam proses pengolahan atau penguraian air limbahnya oleh bakteri. Pengolahan anaerob dapat digunakan dalam proses pengolahan air limbah industri maupun air limbah domestik (McCarty and Smith, 1986). Pengolahan air limbah secara anaerobik juga mempunyai kelebihan dan kekurangan bila dibandingkan dengan proses pengolahan lainnya. Adapun kelebihan pengolahan anaerob adalah sebagai berikut (Metcalf and Eddy, 2003):

1. Efisiensi yang tinggi;
2. Mudah dalam konstruksi dan pengoperasiannya;
3. Membutuhkan lahan/ruang yang tidak luas;
4. Lumpur yang dihasilkan dan nutrisi yang dibutuhkan sedikit.

Sementara itu pada proses anaerob juga memiliki kekurangan diantaranya:

1. Penyisihan kandungan nutrisi dan patogen yang rendah;
2. Membutuhkan waktu yang lama untuk *start-up*;

3. Menimbulkan bau.

Penggunaan tangki septik merupakan salah satu kegiatan manusia yang dapat meningkatkan gas rumah kaca. Penggunaan tangki septik dapat menghasilkan gas rumah kaca seperti gas CH_4 dan gas CO_2 . Kedua gas tersebut merupakan gas dengan komposisi paling banyak yang dihasilkan dari proses anaerobik dalam tangki septik. Menurut Polprasert (1989), dapat diperkirakan kandungan gas yang dihasilkan dari tangki septik untuk gas CH_4 sebesar 55% - 65% dan gas CO_2 sebesar 35% - 45 %. Gas lainnya seperti Nitrogen (N_2), Hidrogen (H_2), Hidrogen Sulfida (H_2S) dan lain-lain berkisar antara 0-1%. Berdasarkan kandungan gas yang dihasilkan pada proses anaerobik dalam tangki septik tersebut, gas CO_2 dapat berdampak besar terhadap pemanasan global (Stern, 2006). Hal tersebut disebabkan karena gas CO_2 memiliki konsentrasi terbesar di atmosfer yaitu sekitar 72% (IPCC, 2007). Apabila gas CO_2 yang dihasilkan dari proses tangki septik dibiarkan begitu saja maka gas CO_2 akan terakumulasi lepas ke atmosfer secara terus menerus. Seiring dengan perkembangan jumlah penduduk maka jumlah pengguna tangki septik akan semakin bertambah, sehingga gas CO_2 yang dihasilkan juga akan semakin banyak (Ramadona *et al.*, 2013).

Gas CH_4 merupakan produk samping yang dihasilkan dari proses penguraian bahan organik secara anaerobik pada pengolahan air limbah domestik. Proses penguraian limbah domestik khususnya tinja di dalam tangki septik dilakukan oleh mikroba pengurai secara anaerobik sehingga salah satu hasil sampingnya adalah gas CH_4 (Priadi dan Pirngadi, 2014). Gas CH_4 adalah salah satu gas rumah kaca utama yang mempunyai kontribusi terhadap pemanasan global sebesar 21 kali gas CO_2 , sehingga dalam perhitungannya setiap satuan berat gas CH_4 adalah ekuivalen dengan 21 satuan berat gas CO_2 . Seiring dengan pertumbuhan penduduk yang sangat pesat, maka semakin banyak limbah domestik yang dihasilkan menyebabkan gas CH_4 yang dihasilkan akan semakin banyak pula (IPCC, 2007).

Secara garis besar proses anaerobik dibagi menjadi empat tahapan yaitu (Sufyandi, 2001):

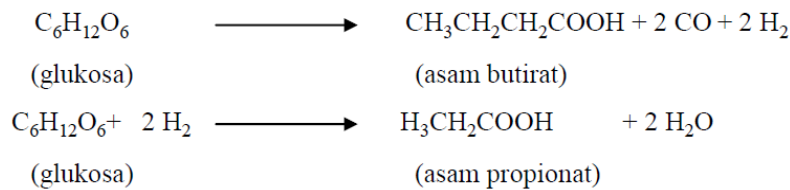
1. Tahap Hidrolisis (*Hydrolysis*)

Hidrolisis merupakan langkah pertama dalam proses anaerob yaitu dengan mengubah senyawa kompleks seperti lemak, selulosa dan protein oleh exoenzymes dari mikroba anaerob obligat maupun fakultatif dalam kondisi tanpa oksigen. Senyawa kompleks tersebut dihidrolisis menjadi asam lemak, monosakarida dan asam amino (Wagiman, 2007). Menurut Desiana dan Setiadi (2006), jenis mikroba yang berperan dalam tahap ini terdiri atas mikroba proteolitik, lipolitik dan selulolitik. Mikroba proteolitik merupakan mikroba yang menghasilkan enzim protease untuk memecah protein menjadi asam amino. Mikroba lipolitik merupakan mikroba yang menghasilkan enzim lipase untuk memecah lipid menjadi asam lemak dan gliserol. Kemudian untuk mikroba hidrolitik seperti *Cellulomonas sp*, *Cytophaga sp*, *Cellvibrio sp*, *Pseudomonas sp*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus Licheniformis* dan *Lactobacillus Plantarum* mampu mengeluarkan enzim hidrolase sehingga mengubah biopolymer menjadi senyawa yang lebih sederhana (Deublein dan Steinhauser, 2008). Tahap hidrolisis ini berlangsung pada temperatur 25-35°C dan di dalam rentang pH 5,2-6,3 (Siallagan, 2010).

2. Tahap Asidogenesis

Produk hasil hidrolisis difermentasi oleh bakteri asidogenesis seperti *Cytophaga sp*. Glukosa, asam amino dan asam lemak didegradasi menjadi asam organik, alkohol, hidrogen dan ammonia (Deublein dan Steinhauser, 2008). Romli (2010), menyatakan bahwa tahap asidogenesis merupakan tahap perombakan bahan organik hasil hidrolisis yang difermentasi menjadi berbagai produk akhir meliputi asam-asam format, asetat, propionat, butirat, laktat, suksinat, etanol dan juga senyawa mineral seperti karbondioksida, hidrogen, amonia dan gas hidrogen sulfida.

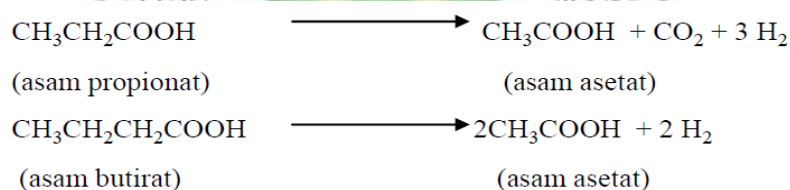
Tahap asidogenesis ini berlangsung pada temperatur 25-35°C dan dalam rentang pH 5,2-6,3 (Deublein dan Steinhauser, 2008). Reaksi tahap asidogenesis dapat dilihat pada **Gambar 2.7**



Gambar 2.7 Reaksi Asidogenesis
 Sumber: Deublein dan Steinhauser, 2008

3. Tahap Asetogenesis

Hasil metabolisme dari bakteri asidogenesis tidak dapat langsung dikonversi menjadi gas CH_4 , tetapi melalui tahap asetogenesis terlebih dahulu. Alkohol diubah oleh bakteri asetogenesis menjadi asam asetat (CH_3COOH), hidrogen (H_2) dan karbondioksida (CO_2). Salah satu contoh bakteri asetogenesis yaitu *Acetobakter aceti*. Peningkatan jumlah hidrogen dari hasil metabolisme tahap asidogenesis yang tidak diiringi dengan peningkatan jumlah bakteri metanogen dapat menghambat pertumbuhan bakteri asetogenesis (Al Seadi et al., 2008). Sehingga hasil metabolisme dari bakteri asetogenesis bergantung terhadap tekanan hidrogen di dalam substrat. Sementara itu pada saat tekanan hidrogen rendah, maka hasil metabolisme dari bakteri asetogenesis terdiri dari H_2 , CO_2 dan CH_3COOH . Apabila tekanan hidrogen tinggi, maka hasil metabolisme dari bakteri asetogenesis terdiri dari asam butirrat, asam propanat, asam valerat dan etanol. Namun dari semua hasil metabolisme tersebut bakteri metanogenesis hanya menggunakan CH_3COOH , CO_2 dan H_2 untuk produksi CH_4 (Deublein dan Steinhauser, 2008). Reaksi asetogenesis dapat dilihat pada **Gambar 2.8**



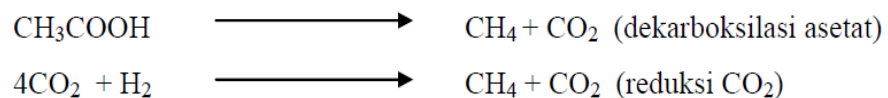
Gambar 2.8 Reaksi Asetogenesis
 Sumber: Deublein dan Steinhauser, 2008

4. Tahap Metanogenesis

Metanogenesis merupakan tahap akhir dalam keseluruhan proses konversi anaerobik yaitu penguraian dan perombakan bahan organik menjadi gas CH_4 . Produk samping dari tahap ini yaitu gas CO_2 , H_2O serta beberapa jumlah kecil

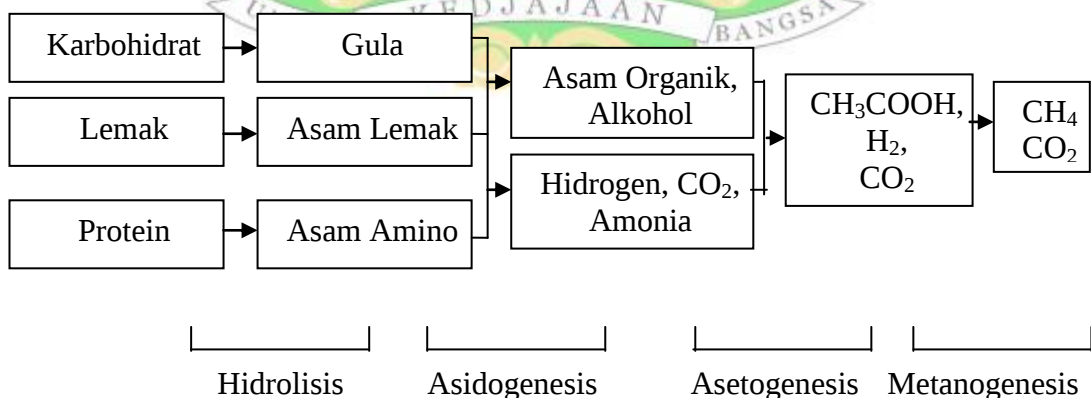
senyawa gas lainnya. Gas CH₄ dihasilkan dari CH₃COOH atau dari reduksi gas CO₂ oleh bakteri metanogenik dengan menggunakan H₂ (Santoso, 2010). Namun pada proses anaerobik juga dapat memungkinkan tingginya produksi gas CO₂ karena pembentukan gas diproduksi pada tahapan *Acidogenesis* dan *Methanogenesis*, sedangkan untuk gas CH₄ hanya diproduksi pada tahap *Methanogenesis* (Rahmayanti, 2010).

Mikroba yang berperan pada tahap metanogenik adalah bakteri metanogen. Bakteri ini merupakan bakteri anaerobik obligat yang hanya dapat menggunakan jenis substrat tertentu (Nurhayati, 2000). Adapun bakteri metanogen tersebut diantaranya *Methanobacterium*, *Methanosarcina*, *Methanococcus*. Bakteri metanogen secara alami dapat diperoleh dari air bersih, endapan air laut, sapi, kambing, lumpur (*sludge*) kotoran anaerob ataupun TPA (Tempat Pembuangan Akhir) (Anggraini, 2013). Reaksi metanogenesis dapat dilihat pada **Gambar 2.9** dibawah ini.



Gambar 2.9 Reaksi Metanogenesis
Sumber: Deublein dan Steinhauser, 2008

Tiga tahap pertama merupakan fermentasi asam sedangkan tahap keempat merupakan fermentasi metanogenik. Proses singkatnya dapat dilihat pada **Gambar 2.10** dibawah ini



Gambar 2.10 Tahapan Pembentukan Gas Metana
Sumber: Al Seadi et al., 2008

2.5.2 Faktor yang Mempengaruhi Proses Anaerob

Lingkungan memiliki pengaruh besar terhadap laju pertumbuhan mikroorganisme pada proses anaerob. Proses anaerob dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah: temperatur, pH, konsentrasi substrat dan zat toksik (beracun) (Manurung, 2004).

1. Temperatur

Produksi gas dapat dihasilkan jika temperatur antara 4-60°C. Bakteri akan menghasilkan enzim yang lebih banyak pada temperatur optimum. Kondisi optimum merupakan kondisi dimana laju pertumbuhan mencapai maksimum sehingga laju penguraian senyawa organik juga akan mencapai maksimum. Semakin tinggi temperatur, maka reaksi juga akan semakin cepat tetapi bakteri akan semakin berkurang (Manurung, 2004). Beberapa jenis bakteri dapat bertahan pada rentang temperatur tertentu dapat dilihat pada **Tabel 2.4** berikut ini:

Tabel 2.4 Jenis Bakteri Berdasarkan Temperatur

No	Jenis Bakteri	Rentang Temperatur °C	Temperatur Optimum °C
1	Cryophilic	2-30	12-18
2	Mesophilic	20-45	25-40
3	Thermophilic	45-75	55-65

Sumber: Manurung, 2004

Proses pembentukan gas CH_4 ddi dalam instalasi pengolahan limbah pemukiman bekerja pada rentang temperatur 30-40°C. Mikroorganisme yang berjenis thermophilic lebih sensitif terhadap perubahan temperatur daripada jenis mesophilic. Pada temperatur 38°C, jenis mesophilic dapat bertahan pada perubahan temperatur $\pm 2,8^\circ\text{C}$. Sementara itu untuk jenis *thermophilic* pada suhu 49°C, perubahan suhu yang dizinkan $\pm 0,8^\circ\text{C}$ dan pada temperatur 52°C perubahan temperatur yang dizinkan $\pm 0,3^\circ\text{C}$ (Manurung, 2004).

Menurut Darmanto *et al* (2012), temperatur berperan penting dalam mengatur jalannya reaksi metabolisme bagi bakteri. Temperatur lingkungan yang berada lebih tinggi dari temperatur yang dapat ditoleransi akan menyebabkan sel akan mati. Demikian pula bila temperatur lingkungannya berada di bawah batas toleransi, transportasi nutrisi akan terhambat dan proses kehidupan sel akan terhenti. Menurut Yani dan Darwis (1990), temperatur merupakan salah

satu faktor yang mempengaruhi menurunnya kadar gas CH_4 yang dihasilkan karena dapat mempengaruhi aktifitas bakteri dalam proses fermentasi. Dengan demikian temperatur berpengaruh terhadap proses perombakan *anaerob* bahan organik dan produksi gas. Karena pertumbuhan bakteri CH_4 yang lebih lambat dibandingkan bakteri acidogenik, maka bakteri CH_4 sangat sensitif terhadap perubahan kecil temperatur. Karena penggunaan asam volatil oleh bakteri CH_4 , penurunan temperatur cenderung menurunkan laju pertumbuhan bakteri CH_4 . Oleh karena itu penguraian mesophili harus didesain untuk beroperasi pada temperatur antara 30-35°C untuk fungsi optimal.

2. pH

Bakteri penghasil gas CH_4 sangat sensitif terhadap perubahan pH. Rentang pH optimum untuk jenis bakteri penghasil gas CH_4 antara 6,4-7,4. Bakteri yang tidak menghasilkan gas CH_4 tidak begitu sensitif terhadap perubahan pH, dan dapat bekerja pada pH antara 5 hingga 8,5. Karena proses anaerobik terdiri dari dua tahap yaitu tahap pembentukan asam dan tahap pembentukan CH_4 , maka pengaturan pH awal proses sangat penting. Tahap pembentukan asam akan menurunkan pH awal. Jika penurunan ini cukup besar akan dapat menghambat aktivitas mikroorganisme penghasil CH_4 . pH dapat ditingkatkan dengan penambahan kapur (Manurung, 2004).

Faktor pH sangat berperan terhadap dekomposisi anaerob, karena pada rentang pH yang tidak sesuai mikroba tidak dapat tumbuh dengan maksimum dan bahkan dapat menyebabkan kematian yang pada akhirnya dapat menghambat perolehan gas CH_4 . Derajat keasaman yang optimum bagi kehidupan mikroorganisme adalah 6,8-7,8 (Simamora, 2006). Menurut Yani dan Darwis (1990), menurunnya kadar gas CH_4 disebabkan oleh beberapa faktor yaitu pH. Nilai pH terbaik dalam memproduksi biogas berkisar antara 7, apabila nilai pH dibawah 6,5 maka aktifitas bakteri akan terhenti.

3. Konsentrasi Substrat

Sel mikroorganisme mengandung Karbon, Nitrogen, Posfor dan Sulfur dengan perbandingan 100 : 10 : 1 : 1. Unsur- unsur tersebut harus ada pada sumber

makanannya (substrat) yang digunakan untuk pertumbuhan mikroorganisme. Konsentrasi substrat dapat mempengaruhi proses kerja mikroorganisme. Kondisi yang optimum dicapai jika jumlah mikroorganisme sebanding dengan konsentrasi substrat. Kandungan air dalam substrat dan homogenitas sistem juga mempengaruhi proses kerja mikroorganisme. Karena kandungan air yang tinggi akan memudahkan proses penguraian, sedangkan homogenitas sistem membuat kontak antar mikroorganisme dengan substrat menjadi lebih cocok (Manurung, 2004).

4. Zat Toksik (Baracun)

Zat toksik dapat menjadi penghambat pada proses penguraian limbah dalam proses anaerobik. Terhambatnya pertumbuhan bakteri metanogen pada umumnya ditandai dengan penurunan produksi gas CH_4 dan meningkatnya konsentrasi asam-asam volatil. Zat organik maupun anorganik, baik yang terlarut maupun tersuspensi dapat menjadi penghambat ataupun racun bagi pertumbuhan mikroorganisme jika terdapat pada konsentrasi yang tinggi. Untuk logam pada umumnya sifat racun akan semakin bertambah dengan tingginya valensi dan berat atomnya. Bakteri penghasil gas CH_4 lebih sensitif terhadap racun daripada bakteri penghasil asam. Berikut merupakan beberapa zat toksik yang dapat menghambat pembentukan gas CH_4 (Manurung, 2004):

a. Oksigen

Metanogen adalah bakteri anaerob yang dapat terhambat pertumbuhannya dengan keberadaan oksigen. Oleh sebab itu suatu reaktor anaerob harus tetap dijaga dalam keadaan tanpa kontak langsung dengan oksigen

b. Ammonia

Ammonia yang tidak terionisasi cukup toksik atau beracun untuk bakteri metanogen. Karena produksi ammonia bebas tergantung pH (ammonia bebas terbentuk pada pH tinggi), sedikit toksisitas yang didapati pada pH netral. Ammonia sebagai penghambat terhadap pembentukan metanogen pada konsentrasi 1500-3000 mg/l.

c. Hidrokarbon terklorinasi

Senyawa klorin alifatis lebih beracun terhadap metanogen dari pada mikroorganisme heterotrofik aerobik. Kloroform sangat toksik terhadap bakteri metanogen dan cenderung menghambat secara total, hal ini dapat diukur dari produksi gas CH_4 .

d. Senyawa benzen

Kultur murni dari bakteri metanogen (*Methanotrix concili*, *Methanobacterium espanolae*, *methanobacterium bryantii*) dapat dihambat pertumbuhannya oleh senyawa benzen seperti benzen, toloena, fenol dan pentachlorophenol). Pentachlorophenol adalah yang paling toksik (beracun) dari pada seluruh benzen yang diuji

e. Formaldehida

Proses pembentukan CH_4 (methanogenesis) terhambat atau terganggu pada konsentrasi formadehida sebesar 100 mg/l tetapi segera pulih kembali pada konsentrasi yang lebih rendah.

f. Tanin

Tanin merupakan senyawa fenolik yang berasal dari anggur, pisang, apel, kopi, kedelai dan sereal. Senyawa ini umumnya toksik terhadap bakteri metanogen.

Berikut ini merupakan **Tabel 2.5** senyawa organik terlarut yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme.

Tabel 2.5 Senyawa Organik Terlarut Penghambat Pertumbuhan Mikroorganisme.

No	Senyawa	Konsentrasi
1	Formaldehid	50-200
2	Chloroform	0,5
3	Ethyl Benzene	200-1000
4	Etylene	5
5	Kerosene	500
6	Detergen	1% dari berat kering

Sumber: Manurung, 2004

2.6 Biogas

Biogas merupakan energi terbarukan yang dapat dijadikan bahan bakar alternatif untuk menggantikan bahan bakar yang berasal dari fosil seperti minyak tanah dan

gas alam. Energi terbarukan merupakan sumber energi yang dihasilkan dari sumberdaya energi yang secara alamiah tidak akan habis dan dapat berkelanjutan jika dikelola dengan baik antara lain biogas (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 05, 2006). Biogas merupakan salah satu energi alternatif dapat dikategorikan sebagai bioenergi, karena energi yang dihasilkan berasal dari biomassa. Biomassa adalah materi organik berusia relatif muda yang berasal dari makhluk hidup atau produk dan limbah industri budidaya (pertanian, perkebunan, kehutanan, peternakan, dan perikanan). Biogas adalah gas produksi akhir pencernaan/degradasi anaerobik tanpa oksigen) oleh bakteri *menthanogen* (Priyadi dan Subiyanti, 2016).

Menurut Wahyuni (2010), biogas adalah campuran gas yang dihasilkan dari aktivitas bakteri metanogenik pada kondisi anaerobik atau fermentasi bahan-bahan organik. Bakteri metanogen bekerja dalam lingkungan yang tidak ada udara (anaerob), sehingga proses ini disebut juga sebagai pencernaan anaerob (*anaerob digestion*). Menurut Nurtjahya (2003), teknologi biogas pada dasarnya memanfaatkan proses pencernaan yang dilakukan oleh bakteri metanogen yang produknya berupa gas (CH_4). Pambudi (2008) menyebutkan bahwa energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi gas CH_4 . Kandungan gas CH_4 yang tinggi mempunyai energi (nilai kalor) yang tinggi, sedangkan kandungan gas CH_4 yang rendah mempunyai energi (nilai kalor) yang rendah.

Proses produksi biogas merupakan proses biologis karena adanya proses pendegradasian substrat organik sebagai sumber karbon yang merupakan sumber aktivitas dan pertumbuhan bakteri. Substrat organik akan mengalami perombakan oleh bakteri CH_4 pada tahap fermentasi anaerob dan kemudian menghasilkan campuran gas berupa gas CH_4 , CO_2 , H_2S , H_2 , dan N_2 . Fermentasi *anaerob* dapat menghasilkan gas yang mengandung sedikitnya 50% gas CH_4 . Gas inilah yang biasa disebut dengan biogas (Anggraini, 2013).

2.6.1 Komposisi Biogas

Biogas memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, tidak berbau dan tidak berwarna. Jika gas yang dihasilkan dari proses fermentasi ini dapat terbakar, berarti mengandung sedikitnya 45% gas CH_4 (Abbasi *et al.*, 2012). Biogas dapat

dihasilkan dari fermentasi sampah organik seperti sampah pasar, daun daunan, dan kotoran hewan yang berasal dari sapi, babi, kambing, kuda, atau yang lainnya, bahkan kotoran manusia sekalipun. Gas yang dihasilkan memiliki komposisi yang berbeda tergantung dari bahan baku yang digunakan (Marsudi, 2012). Komposisi biogas secara umum ditampilkan dalam **Tabel 2.6** berikut ini

Tabel 2.6 Komposisi Biogas

No	Nama Gas	Jumlah (%)
1	Metana (CH ₄)	50-70
2	Karbondioksida (CO ₂)	25-45
3	Nitrogen (N ₂)	0-0,3
4	Hidrogen (H ₂)	1-5
6	Oksigen (O ₂)	0,1-0,5
7	Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	0-3

Sumber : Juangga, 2007

Menurut Harahap (2007), gas CH₄ adalah komponen penting dan utama dari biogas karena merupakan bahan bakar dengan nilai kalor yang cukup tinggi (sekitar 4800 kkal/m³). Sifat- sifat gas metan selengkapnya adalah sebagai berikut (Harahap, 2007):

1. Gas yang tidak berwarna dan tidak berbau;
2. Komponen hidrokarbon yang terpendek;
3. Memiliki daya nyala yang sangat tinggi;
4. Tidak menimbulkan asap saat dibakar;
5. Tergolong gas rumah kaca (GRK);
6. Bila bereaksi dengan O₂ akan menghasilkan CO₂ dan H₂O.

Kualitas biogas dapat ditingkatkan dengan memperlakukan beberapa parameter yaitu menghilangkan hidrogen sulfur, kandungan air dan CO₂ (Agung, 2008). Proses pemurnian merupakan cara untuk menghilangkan hidrogen sulfur, kandungan air dan CO₂. Gas H₂S yang dianggap sebagai pengotor dan bila ikut terbakar dan terbebas dengan udara dapat teroksidasi menjadi SO₂ dan SO₃ yang bersifat korosif dan bila teroksidasi lebih lanjut oleh H₂O dapat memicu hujan asam. Selain itu uap air dan CO₂ juga tidak bermanfaat pada saat pembakaran. Biogas yang mengandung sejumlah H₂O dapat berkurang nilai kalornya. Gas H₂O sebagaimana gas H₂S juga perlu dibersihkan dari biogas (Suyitno *et al.*, 2010).

2.6.2 Manfaat Biogas

Manfaat energi biogas adalah sebagai energi alternatif pengganti bahan bakar khususnya minyak tanah dan dapat dipergunakan untuk memasak. Biogas juga dapat digunakan sebagai pembangkit energi listrik dalam skala besar. Manfaat energi biogas yang lebih penting lagi adalah mengurangi ketergantungan terhadap pemakaian bahan bakar minyak bumi yang tidak bisa diperbaharui (Irawan, 2016).

Biogas berpotensi sebagai energi ramah lingkungan. Hal tersebut disebabkan karena biogas memiliki rantai karbon yang pendek seperti gas CH_4 yang hanya memiliki 1 atom karbon. Sehingga setiap pembakaran 1 molekul biogas hanya menghasilkan 1 molekul CO_2 . Berbeda dengan bensin yang memiliki jumlah atom karbon sekitar 7-8, sehingga pembakaran 1 molekul bensin menghasilkan CO_2 sebanyak 7-8 molekul. Biogas juga berdampak positif bagi masyarakat dan lingkungan hidup. Masyarakat terutama di daerah pedesaan dapat memenuhi kebutuhan energi dengan biaya yang terjangkau dengan adanya biogas. Selain itu biogas juga membantu menurunkan emisi gas rumah kaca sehingga laju pemanasan global dapat diperlambat (Gunawan, 2012).

Pemanfaatan biogas memiliki potensi yang sangat besar diantaranya yaitu mengurangi efek rumah kaca, mengurangi bau tidak sedap, mencegah penyebaran penyakit, menghasilkan panas dan daya listrik. Dengan demikian pemanfaatan limbah dengan cara ini secara ekonomi akan sangat kompetitif seiring dengan naiknya harga bahan bakar minyak dan pupuk organik (Zaini *et al.*, 2015). Berikut merupakan Tabel 2.7 dan Gambar 2.11 Perbandingan biogas dengan bahan bakar lain:

Tabel 2.7 Perbandingan Biogas dengan Bahan Bakar Lain

Biogas	Bahan Bakar Lain
1 m ³ Biogas	• Elpiji 0,46 kg
	• Minyak tanah 0,62 liter
	• Minyak solar 0,52 liter
	• Bensin 0,80 liter
	• Gas kota 1,50 m ³
	• Kayu bakar 3,5 kg

Sumber: Wahyuni, 2010



Gambar 2.11 Perbandingan Biogas Dengan Bahan Bakar Lain

Sumber: Wahyuni, 2010

Menurut Suyitno *et al* (2010) menyatakan bahwa biogas dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, diantaranya adalah

1. Sumber bahan bakar gas digunakan untuk kompor rumah tangga, penerangan, pemanas air, dan lainnya.
2. Sumber bahan bakar gas untuk menghasilkan panas yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan misalnya pemanas air, pemanas udara, pengering, dan lainnya.
3. Sumber bahan bakar gas untuk menggerakkan motor bakar, turbin, dan lainnya yang kemudian torsi yang diperoleh dapat digunakan untuk menggerakkan pompa atau mesin-mesin yang lain.
4. Torsi dari motor bakar dan turbin berbahan bakar biogas selanjutnya dapat dipergunakan untuk menggerakkan generator dan diperoleh listrik.

2.7 Pemanfaatan Gas Tangki Septik sebagai Biogas

Penggunaan tangki septik (unit pengolahan air buangan sistem anaerobik) merupakan salah satu kegiatan manusia yang dapat meningkatkan gas rumah kaca. Penggunaan tangki septik dapat menghasilkan gas rumah kaca seperti gas CH₄ dan gas CO₂. Kedua gas tersebut merupakan gas dengan komposisi paling banyak yang dihasilkan dari proses anaerobik dalam tangki septik (Ramadona *et*

al., 2013). Biogas dapat digunakan untuk menurunkan emisi gas rumah kaca sehingga laju pemanasan global dapat diperlambat (Gunawan, 2012).

Gas CH_4 adalah komponen penting dan utama dari biogas karena merupakan bahan bakar yang berguna dan memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, mempunyai sifat tidak berbau dan tidak berwarna. Jika gas yang dihasilkan dari proses fermentasi anaerobik ini dapat terbakar dan dapat digunakan sebagai bahan bakar dalam kegiatan masak-memasak, berarti mengandung sedikitnya 45% gas CH_4 . Sementara itu untuk gas CH_4 murni 100% mempunyai nilai kalor 8900 kkal/m³. Nilai kalor yang tinggi, biogas dapat digunakan untuk keperluan memasak dan penerangan (Priyadi dan Subiyanti, 2016).

Salah satu upaya pemanfaatan gas CH_4 dari proses anaerobik yaitu menjadi energi alternatif pengganti LPG yang dapat dimanfaatkan secara ekonomis bagi masyarakat. Inovasi pemanfaatan gas CH_4 menjadi energi alternatif pengganti LPG sebagai tindak lanjut dari upaya pengurangan pemanasan global melalui pemanfaatan gas CH_4 . Gas ini dapat menghasilkan energi yang cukup besar karena satu meter kubik gas CH_4 setara dengan energi yang dihasilkan 0,48 kilogram gas elpiji. Kegiatan yang harus dilakukan sebagai upaya mitigasi untuk mengurangi emisi GRK dapat dilaksanakan melalui kegiatan upaya masyarakat untuk mengolah limbah cair domestik ditingkat komunal yang dilengkapi dengan instalasi penangkap gas CH_4 , contohnya tangki septik dilengkapi dengan instalasi penangkap CH_4 , dan memanfaatkan gas CH_4 sebagai sumber energi baru (PERMEN RI No. 19, 2012).

2.8 Penyerapan Gas Karbondioksida (CO_2) oleh Vegetasi

Penanaman vegetasi merupakan salah satu cara menangani emisi gas rumah kaca, dimana setiap tanaman membutuhkan CO_2 untuk pertumbuhan atau fotosintesis sehingga kadar CO_2 di udara dapat tereduksi dengan adanya tanaman (Kusminingrum, 2008). Kemampuan vegetasi dalam menyerap CO_2 berbeda-beda dan banyak faktor yang mempengaruhinya. Berikut merupakan kemampuan daya serap gas CO_2 oleh beberapa vegetasi dapat dilihat pada **Tabel 2.8** dibawah ini

Tabel 2.8 Kemampuan Daya Serap Gas CO₂ oleh beberapa vegetasi

No	Tipe Penutupan	Daya Serap Gas CO ₂ (Ton/Ha/tahun)
1	Pohon	569,07
2	Semak Belukar	55,00
3	Padang Rumput	12,00
4	Sawah	12,00

Sumber: Kusminingrum, 2008

Setiap jenis tanaman memang memiliki kadar penyerapan CO₂ yang berbeda-beda. Banyak faktor dan sebab yang mempengaruhi hal ini, antara lain berdasarkan mutu klorofil yang ada dalam daun, yang ditentukan oleh banyak sedikitnya magnesium yang menjadi inti klorofil. Semakin besar tingkat magnesium yang dikandung dalam klorofil tumbuhan, warna daun akan semakin berwarna hijau gelap. Sehingga membantu mengoptimalkan proses fotosintesis yang terjadi (Adillanisti, 2013). Selain itu tumbuhan/pohon buah-buahan termasuk golongan penyerap CO₂ yang paling baik. Karena tumbuhan berbuah (*Spermatophyta*) membutuhkan energi yang lebih banyak untuk memproduksi bunga dan buah (Adillanisti, 2013).

Menurut Enda *et al.* (2016) jumlah stomata yang dimiliki oleh tanaman sangat berpengaruh terhadap daya serap gas CO₂. Semakin tinggi jumlah kerapatan stomata, semakin tinggi pula potensi penyerapan gas CO₂. Fungsi utama stomata adalah sebagai tempat pertukaran gas seperti CO₂ (Ebadi *et al.*, 2005). Setiap tumbuhan memiliki daya serap CO₂ yang berbeda yang dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya luas keseluruhan daun, umur daun, ketebalan relatif daun, jumlah stomata dan fase pertumbuhan tanaman. Faktor lainnya yang ikut menentukan daya serap CO₂ adalah suhu, sinar matahari, dan ketersediaan air (Adillanisti, 2013).

Beberapa tanaman mempunyai kemampuan besar untuk menyerap gas CO₂ diantaranya pohon trembesi (*Samanea saman*), dan Cassia (*Cassia sp*) merupakan salah satu contoh tumbuhan yang kemampuan menyerap CO₂-nya sangat besar hingga mencapai ribuan kg/tahun. Berikut merupakan beberapa jenis tanaman yang dapat menyerap gas CO₂ dan daya serap dari masing masing tanaman dapat dilihat pada **Tabel 2.9**.

Tabel 2.9 Beberapa Jenis Tanaman Penyerap Gas CO₂

No.	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Daya Serap CO ₂ (kg/pohon/tahun)
1	Trembesi	Samanea Saman	28.448,39
2	Cassia	Cassia.sp	5.295,47
3	Kenanga	<i>Canangium odoratum</i>	756,59
4	Pingku	<i>Dysoxylum excelsum</i>	720,49
5	Beringin	Ficus benyamina	535,90
6	Krey Payung	Fellicium decipiens	404,83
7	Matoa	Pornetia Pinnata	329,76
8	Mahoni	<i>Swettiana mahogani</i>	295,73
9	Saga	<i>Adenanthera pavoniana</i>	221,18
10	Bungkur	<i>Lagerstroema speciosa</i>	160,14
11	Jati	<i>Tectona Grandis</i>	135,27
12	Nangka	<i>Arthocarpus heterophyllus</i>	126,51
13	Johar	<i>Cassia grandis</i>	116,25
14	Sirsak	<i>Annona muricata</i>	75,29
15	Puspa	<i>Schima wallichii</i>	63,31
16	Akasia	<i>Acacia auliculiformis</i>	48,68
17	Flambayon	<i>Delonix regia</i>	42,20
18	Sawo Kecik	<i>Manilkara kauki</i>	36,19
19	Tanjung	<i>Mimusops elengi</i>	34,29
20	Bunga Merak	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	30,95
21	Sempur	<i>Dilena retusa</i>	24,24
22	Khaya	<i>Khaya anthotheca</i>	21,90
23	Merbau Pantai	<i>Intsia bijuga</i>	19,25
24	Akasia	<i>Acacia mangium</i>	15,19
25	Angsana	<i>Pterocarpus indicus</i>	11,12
26	Asam Kranji	<i>Pithecelobium dulce</i>	8,48
27	Saputangan	<i>Maniltoa grandiflora</i>	8,26
28	Dadap Merah	<i>Erythrina cristagalli</i>	4,55
29	Rambutan	<i>Nephelium lappaceum</i>	2,19
30	Asam	<i>Tamarindus indica</i>	1,49
31	Kerupas	<i>Coompasia excelsa</i>	0,20

Sumber: Dahlan, 2007

2.9 Biogas 5000

Biogas 5000 adalah biogas *analyzer* portabel dipabrikasi oleh *Geotech Instruments* (UK) yang dirancang khusus untuk pengukuran gas hasil pencernaan anaerobik. Dalam paket standarnya, Biogas 5000 akan terdiri atas *gas analyzer* untuk CH₄, CO₂ dan O₂ serta perangkat filter dan tabung pemerangkap air (*in-line water trap tubing & filter*). Adapun peralatan *optional* umumnya terdiri atas sensor temperatur, anemometer, H₂S probe, *Gas Analyzer Manager* (GAM), GPS, *bluetooth*, *internal flow*, serta aksesoris pelengkap lainnya (Geotech, 2016).

Akurasi dalam pengukuran biogas 5000 *analyzer* perlu dilakukan dengan melakukan kalibrasi peralatan khususnya pada probe standar seperti CH₄, CO₂ dan

O₂. Terminologi penting dari konteks teknik kalibrasi adalah kata ZERO dan SPAN. *Zero* adalah titik dimana tidak ada aliran gas sama sekali dalam *gas analyzer*, sedangkan *Span* mengacu pada konsentrasi gas yang telah ditetapkan tercapai dalam peralatan. Frekuensi kalibrasi oleh pemakai perlu mempertimbangkan (Geotech, 2016):

1. Frekuensi pemakaian alat (mingguan/bulanan);
2. Tingkat kepercayaan dan akurasi dari pembacaan yang diinginkan;
3. Riwayat data kalibrasi dari pengguna;
4. Persyaratan spesifik lokasi dan kondisinya;
5. Pemahaman riwayat pengukuran yang diharapkan dilokasi.

Secara umum biogas 5000 *analyzer* memiliki kemampuan dalam hal (Geotech, 2016):

1. Pengukuran gas-gas utama seperti CH₄, CO₂ dan O₂;
2. Pengukuran tekanan relatif;
3. Pengukuran besaran aliran (*flow*) serta anemometer.

Berikut merupakan alat biogas 5000 *gas analyzer* dapat dilihat pada **Gambar 2.12**



Gambar 2.12 Alat Biogas 5000 Gas Analyzer

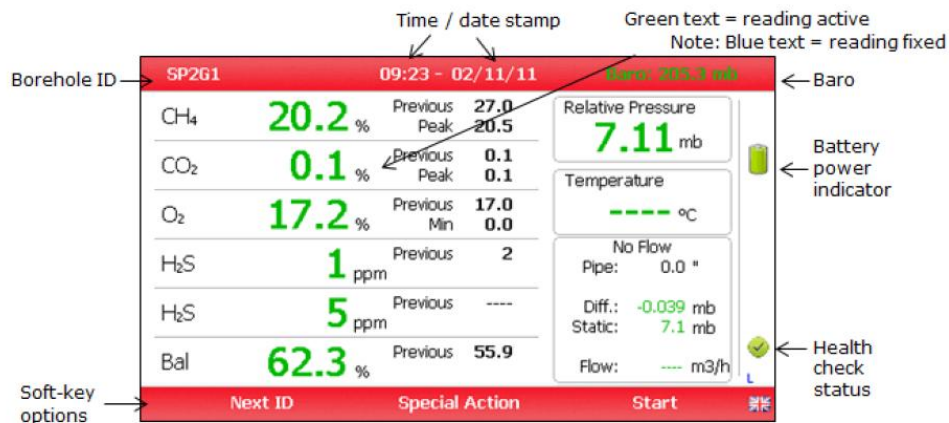
Sumber: Geotech, 2016

Langkah-langkah pengambilan sampel dengan alat biogas 5000 *analyzer* adalah sebagai berikut:

1. Pastikan alat telah terisi baterai dan pasang selang bening pada konektor alat biogas 5000 *analyzer*;
2. Nyalakan alat dengan menekan tombol power *on/off*;
3. Tunggu hingga layar selesai *loading*;

4. Akan muncul tampilan pernyataan bahwa alat telah dikalibrasi kemudian tekan tombol “next”. Sebelum menggunakan alat biogas 5000 analyzer terlebih dahulu dilakukan kalibrasi terhadap alat. Terminologi penting dari konteks teknik kalibrasi adalah kata ZERO dan SPAN. Zero adalah titik dimana tidak ada aliran gas sama sekali dalam gas analyzer, sedangkan Span mengacu pada konsentrasi gas yang telah ditetapkan tercapai dalam peralatan;
5. Melakukan *setting* untuk penyimpanan data sampling dengan memasukkannya pada tombol No ID. Data dapat ditambahkan dengan memasukkan kode sampling, deskripsi;
6. Melakukan *purge* data untuk mensterilkan alat jika telah sebelumnya dipakai (dengan cara mengambil udara ambien) dengan mencabut selang putih untuk input sampel udara;
7. Kemudian tekan tombol next dan pasang selang output gas berbahaya dan tidak yang berwarna biru dan kuning. Pada alat biogas 5000 *analyzer* terdapat 3 buah selang yaitu berwarna bening, biru dan kuning. Masing masing selang memiliki fungsi yaitu selang bening sebagai input gas, selang kuning untuk output gas sedangkan selang biru untuk pengukuran tekanan diferensial;
8. Masukkan selang bening tersebut kedalam pipa vent pada tangki septik;
9. Tekan tombol next kemudian pompa akan hidup dan melakukan pengukuran sampel;
10. Pada layar alat akan muncul nilai konsentrasi emisi gas CH₄ dan gas CO₂ dari tangki septik yang diuji tersebut;
11. Jika akan dilakukan pengulangan dengan titik yang sama, data dapat diambil dengan hanya menekan tombol “start” tanpa perlu menginputkan ID baru kembali. Jika titik beda yang diambil dapat menginputkan ID selanjutnya. Akan tetapi masih tetap dilakukan *purge* data dengan mengambil data udara ambien seperti tahapan diatas.

Berikut ini merupakan tampilan pada layar biogas 5000 gas *analyzer* dapat dilihat pada **Gambar 2.13**



Gambar 2.13 Tampilan pada Layar Biogas 5000

Sumber: Geotech, 2016

Kegunaan dan manfaat alat biogas 5000 analyzer (Geotech, 2016).:

- Memungkinkan pengumpulan data yang konsisten untuk analisis yang lebih baik dan pelaporan yang akurat;
- Tidak perlu sertifikasi diri dari anemometer;
- Mudah digunakan dan dikalibrasi;
- Operasi yang dapat dikonfigurasi oleh pengguna;
- Membantu memeriksa proses digester berjalan dengan efisien.

2.10 Klasifikasi Non Perumahan

Non perumahan merupakan sekelompok bangunan dalam suatu kawasan yang diperuntukkan untuk keperluan komersial, fasilitas pendidikan, fasilitas kesehatan dan fasilitas peribadatan (Peraturan Daerah Kota Depok No. 14, 2013). Non perumahan terdiri dari beberapa klasifikasi yaitu:

1. Toko

Bangunan komersial yang menjual beraneka ragam barang dimana pada toko terdapat sarana toilet pribadi dan juga berfungsi sekaligus sebagai toilet umum bagi pengunjung yang datang.

2. Ruko (Rumah Toko)

Rumah komersial yang diperuntukkan untuk fungsi toko dan kegiatan komersial lainnya yang juga sekaligus merangkap sebagai rumah. Ruko memiliki sarana toilet pribadi dan sekaligus berfungsi sebagai toilet umum bagi pengunjung ruko (Erdiono, 2012)

3. Rumah Makan dan cafe

Tempat usaha yang komersial dimana lingkup kegiatannya menyediakan pelayanan makanan dan minuman untuk umum ditempat usahanya. Adapun sarana yang dimiliki rumah makan yaitu berupa toilet karyawan dan toilet umum untuk para pengunjung yang datang.

4. Kantor

Bangunan yang digunakan sebagai tempat untuk mengurus suatu pekerjaan, dan juga sebagai perniagaan atau perusahaan yang dijalankan secara rutin. Kantor memiliki sarana toilet pribadi yang terdapat pada beberapa ruangan utama pada kantor seperti ruangan kepala dan juga memiliki sarana toilet umum bagi karyawan maupun pengunjung

5. Sekolah

Bangunan atau lembaga untuk belajar dan mengajar serta tempat menerima dan memberi pelajaran. Sekolah memiliki sarana toilet pribadi yang terdapat pada beberapa ruangan kantor seperti ruangan kepala sekolah dan juga memiliki toilet umum bagi siswa/siswa ataupun toilet untuk majelis guru dan pegawai yang bekerja pada sekolah (BPS Jakarta, 2008).

6. Sarana Kesehatan

Sarana yang digunakan sebagai unit pelayanan kesehatan masyarakat seperti puskesmas, rumah sakit, poliklinik, pustu, poskesdes dan posyandu. Adapun sarana yang dimiliki sarana kesehatan yaitu berupa toilet pribadi bagi beberapa ruangan seperti ruangan kepala sarana kesehatan dan toilet umum yang terdiri dari toilet pria dan wanita untuk para pengunjung dan pegawai yang bekerja pada sarana kesehatan (BPS Jakarta, 2008).

7. Sarana Ibadah

Sarana yang digunakan oleh masyarakat untuk beribadah seperti mesjid, mushalla, gereja. Sarana ibadah memiliki sarana toilet yang digunakan sebagai jamban, dimana sarana toilet pada tempat ibadah terdiri dari toilet umum untuk para jamaah yang datang baik pria maupun wanita.

8. Industri

Suatu usaha atau kegiatan pengolahan bahan mentah atau barang setengah jadi menjadi barang jadi yang memiliki nilai tambah untuk mendapatkan keuntungan. Industri memiliki sarana berupa toilet pribadi untuk beberapa ruangan seperti ruangan kepala dan toilet umum untuk para karyawan yang bekerja pada industri baik pria maupun wanita.

2.11 Penentuan Ukuran Sampel Penelitian

Besaran atau ukuran sampel sangat tergantung dari besaran tingkat ketelitian atau kesalahan yang diinginkan peneliti. Makin besar tingkat kesalahan maka makin kecil jumlah sampel. Namun yang perlu diperhatikan adalah semakin besar jumlah sampel (semakin mendekati populasi) maka semakin kecil peluang kesalahan generalisasi dan sebaliknya semakin kecil jumlah sampel (menjauhi jumlah populasi) maka semakin besar peluang kesalahan generalisasi (Sekaran, 2006).

Menurut Sugiyono (2011), Metode Slovin dapat digunakan dalam penelitian data primer dalam penentuan jumlah sampel. Hal ini dikarenakan oleh rumus perhitungan Metode Slovin menentukan sejumlah sampel yang jumlahnya harus representative agar hasil penelitian dapat digeneralisasikan dan perhitungannya pun tidak memerlukan tabel jumlah sampel yang banyak. Sehingga perhitungan sampel dapat dilakukan dengan perhitungan sederhana. Rumus Metode Slovin untuk menentukan sampel adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana: n = Jumlah sampel

N = Total populasi

e = Toleransi error (1-10%)

dalam penggunaan rumus Metode Slovin terlebih dahulu harus ditentukan berapa batas toleransi kesalahan. Batas toleransi kesalahan ini dinyatakan dengan persentase. Semakin kecil toleransi kesalahan, semakin akurat sampel menggambarkan populasi. Misalnya penelitian dengan batas kesalahan 5% berarti memiliki tingkat akurasi 95%. Penelitian dengan batas kesalahan 2% memiliki

tingkat akurasi 98% dengan jumlah populasi yang sama, semakin kecil toleransi kesalahan semakin besar jumlah sampel yang dibutuhkan.

2.12 Teknik Sampling

Teknik *sampling* merupakan teknik pengambilan sampel, dimana untuk menentukan sampel yang akan digunakan dalam penelitian terdapat berbagai teknik sampling yang digunakan. Secara umum teknik sampling terbagi dua yaitu probability sampling dan non probability sampling (Sarwono, 2006).

2.12.1 Probability Sampling

Probability sampling merupakan teknik pengambilan sampel yang memberikan peluang yang sama kepada setiap anggota populasi untuk menjadi sampel. Teknik ini meliputi *simple random sampling*, *proportionate stratified random sampling*, *disproportionate stratified random sampling* dan *cluster sampling*.

a. Simple Random Sampling

Teknik *random sampling* sederhana merupakan teknik yang paling sederhana (*simple*), dimana sampel diambil secara acak, tanpa memperhatikan tingkatan yang ada dalam populasi. Teknik sampling yang menggunakan nomor urut dari populasi baik yang berdasarkan nomor yang ditetapkan sendiri oleh peneliti maupun nomor identitas tertentu, ruang dengan urutan yang seragam atau pertimbangan sistematis lainnya. Cara demikian dilakukan bila anggota populasi dianggap homogen.

b. Proportionate Stratified Random Sampling

Teknik ini hampir sama dengan *simple random sampling* namun penentuan sampelnya memperhatikan strata (tingkatan) yang ada dalam populasi. Teknik ini digunakan bila populasi mempunyai anggota atau unsur yang tidak homogen dan berstrata secara proporsional.

c. Disproportionate Stratified Random Sampling

Disproportionate stratified random sampling merupakan teknik yang hampir mirip dengan *proportionate stratified random sampling* dalam hal heterogenitas populasi. Namun ketidakproporsionalan penentuan sampel didasarkan pada pertimbangan jika anggota populasi berstrata namun kurang proporsional

pembagiannya. Jadi jumlah sampel setiap kelompok diambil sama meskipun jumlah populasi tidak sama.

d. *Cluster sampling*

Cluster sampling atau *sampling area* digunakan jika populasi tidak terdiri dari individu- individu, melainkan terdiri dari kelompok-kelompok individu atau cluster jika sumber data atau populasi sangat luas misalnya penduduk suatu provinsi, kabupaten atau karyawan perusahaan yang tersebar diseluruh provinsi. Untuk menentukan mana yang dijadikan sampelnya, maka wilayah populasi terlebih dahulu ditetapkan secara random, dan menentukan jumlah sampel yang digunakan pada masing- masing daerah tersebut dimana jumlahnya bisa sama ataupun berbeda. Teknik *sampling* ini biasanya digunakan melalui 2 tahap yaitu tahap pertama menentukan sampel daerah, dan tahap berikutnya menentukan orang- orang yang ada pada daerah tersebut secara *sampling* juga.

2.12.2 Non Probability Sampel

Non probability artinya setiap anggota populasi tidak memiliki kesempatan atau peluang yang sama sebagai sampel. Teknik- teknik yang termasuk kedalam *non probability* ini antara lain: *sampling* sistematis, *sampling* kuota, *sampling insidental*, *sampling purposive*, *sampling* jenuh dan *snowball sampling*.

a. *Sampling* sistematis

Adalah teknik pengambilan sampel berdasarkan urutan dari anggota populasi yang telah diberi nomor urut.

b. *Sampling* kuota

Adalah teknik *sampling* yang menentukan jumlah sampel dari populasi yang memiliki ciri tertentu sampai jumlah kuota (jatah) yang diinginkan.

c. *Sampling insidental*

Insidental merupakan teknik penentuan sampel secara kebetulan atau siapa saja yang kebetulan (*insidental*) bertemu dengan peneliti yang dianggap cocok dengan karakteristik sampel yang ditentukan akan dijadikan sampel

d. *Purposive sampling*

Purposive sampling merupakan teknik penentuan sampel dengan pertimbangan khusus sehingga layak dijadikan sampel. Misalnya peneliti ingin meneliti

permasalahan seputar daya tahan mesin tertentu. Teknik ini biasanya dilakukan pada penelitian kualitatif.

e. *Sampling jenuh*

Sampling jenuh merupakan sampel yang mewakili jumlah populasi. Biasanya dilakukan jika populasi dianggap kecil atau kurang dari 100. Teknik ini dapat disebut dengan total sampling

f. *Snowball sampling*

Snowball sampling adalah teknik penarikan sampel yang dilakukan secara berantai, mulai dari responden yang sedikit, kemudian responden ini dimintai pendapatnya tentang siapa saja responden lain yang dianggap otoritatif untuk dimintai informasinya, sehingga jumlah responden semakin banyak jumlahnya dan diharapkan informasi pun yang didapat juga semakin banyak. Teknik ini lebih cocok untuk penelitian kualitatif.

2.13 Analisis Korelasi

Korelasi adalah pengukur hubungan dua variabel atau lebih yang dinyatakan dengan derajat keeratan atau tingkat hubungan antar variabel-variabel. Besarnya hubungan antara variabel yang satu dengan variabel yang lain dinyatakan dengan koefisien korelasi yang disimbolkan dengan huruf “ r ”. Besarnya koefisien korelasi berkisar antara -1 (negatif satu) sampai dengan +1 (positif satu). Apabila koefisien korelasi mendekati +1 atau -1, berarti hubungan antar variabel tersebut semakin kuat. Sebaliknya, apabila koefisien korelasi mendekati angka 0, berarti hubungan antar variabel tersebut semakin lemah. Dengan kata lain, besarnya nilai korelasi bersifat absolut, sedangkan tanda “+” atau “-” hanya menunjukkan arah hubungan saja (Usman dan Akbar, 2000). Selain nilai r , terdapat nilai R^2 (koefisien determinasi) yang merupakan kuadrat dari nilai r . R^2 menunjukkan seberapa besar nilai x yang mempengaruhi nilai y . Berikut besarnya koefisien korelasi hubungan antar variabel dapat dijelaskan pada **Tabel 2.10**.

Tabel 2.10 Interpretasi Nilai r

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00-0,199	Korelasi sangat lemah
0,20-0,339	Korelasi lemah
0,40-0,559	Korelasi cukup kuat
0,60-0,779	Korelasi kuat
0,80-1,00	Korelasi sangat kuat

Sumber: Hadi, 2004

2.14 Analisis Regresi

Regresi adalah pengukur hubungan dua variabel atau lebih yang dinyatakan dengan bentuk hubungan atau fungsi. Menentukan bentuk hubungan (regresi) diperlukan pemisahan yang tegas antara variabel bebas yang sering diberi simbol x dan variabel tak bebas dengan simbol y . Pada regresi harus ada variabel yang ditentukan dan variabel yang menentukan atau dengan kata lain adanya ketergantungan variabel yang satu dengan variabel yang lainnya dan sebaliknya. Kedua variabel biasanya bersifat kausal atau mempunyai hubungan sebab akibat yaitu saling berpengaruh (Wardika dan Wicaksono, 2012).

Analisis regresi merupakan hubungan antara variabel dependen dengan variabel independen. Jika menggunakan satu variabel independen maka disebut analisis regresi sederhana dan jika menggunakan lebih dari satu variabel independen maka disebut analisis regresi berganda. Regresi sederhana dan regresi berganda dapat dianalisis dengan menggunakan persamaan (2.2) dan (2.3) di bawah ini (Priyatno, 2013):

$$y = bx + a \quad \text{.....(2.2)}$$

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \text{.....} + b_nx_n \quad \text{.....(2.3)}$$

Dimana:

y = variabel dependen (*power level*)

x = variabel independen

b = koefisien regresi

a = nilai *intercept* dari persamaan regresi

b = koefisien regresi

2.15 Uji Mann-Whitney

Uji Mann-Whitney digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan dari dua himpunan data yang berasal dari sampel yang independen. Uji Mann-Whitney adalah uji non parametrik yang menjadi alternatif dari uji t (uji parametrik). Uji Mann-Whitney tidak memerlukan asumsi populasi terdistribusi normal dan jumlah ukuran sampel kecil. Kelebihan uji ini dibandingkan uji t adalah uji ini dapat digunakan pada data ordinal dengan mengurutkan data sesuai peringkat dan dengan memberi kode data. Adapun prosedur uji Mann-Whitney terdiri dari langkah-langkah berikut ini diantaranya (Harinaldi, 2005):

1. Menyatakan hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_a);
2. Menetapkan tingkat signifikan atau tingkat kepentingan α ;
3. Penetapan peringkat data tanpa membedakan kategori sampel, dimana penetapan peringkat dimulai dari data terkecil sebagai peringkat pertama;
4. Penentuan distribusi pengujian yang digunakan, dimana pada uji ini digunakan suatu distribusi baru yang disebut distribusi U. Nilai U_{cr} diberikan dalam tabel dengan mengetahui n_1 , n_2 dan α ;
5. Perhitungan data keputusan yang terdiri dari beberapa langkah:
 - Menghitung jumlah total peringkat untuk setiap kategori dari (R_1 dan R_2)
 - Menghitung nilai U dengan rumus sebagai berikut:

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1 (n_1 + 1)}{2} - R_1 \dots\dots\dots (2.4)$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2 (n_2 + 1)}{2} - R_2 \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

R_1 = jumlah peringkat pada sampel dengan ukuran n_1

R_2 = jumlah peringkat pada sampel dengan ukuran n_2

n_1 = total jumlah kelompok 1

n_2 = total jumlah kelompok II

6. Pernyataan aturan keputusan dimana tolak H_0 dan terima H_1 jika nilai $U_{hitung} \leq$ nilai U_{cr} , jika tidak demikian terima H_0 ;
7. Penentuan nilai U perhitungan dengan ketentuan sebagai berikut:

- uji ujung-kanan : $U_{hitung} = U_1$
- uji ujung-kiri : $U_{hitung} = U_2$
- uji dua ujung : $U_{hitung} = \text{nilai } U \text{ yang lebih kecil}$

8. Pengambilan keputusan secara statistik.

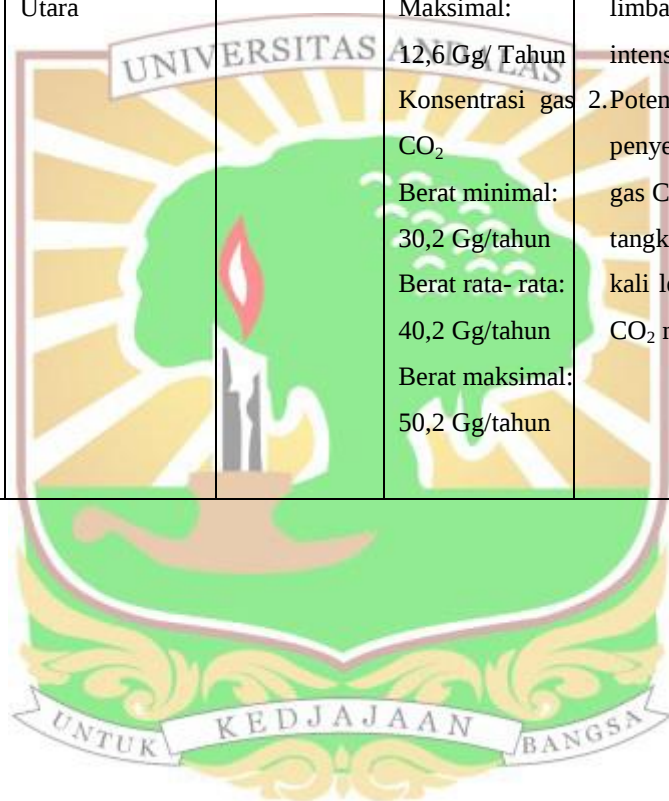
2.16 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu berfungsi untuk mendapatkan permasalahan terkait penelitian yang akan dilakukan sehingga dapat mempermudah dalam menganalisis data dan dapat dijadikan sebagai suatu perbandingan antara hasil penelitian yang dilakukan dengan penelitian terdahulu dalam dasar penulisan suatu penelitian. Penelitian terdahulu terkait gas CH_4 dan gas CO_2 pada tangki septik dapat dilihat pada **Tabel 2.11** berikut ini

Tabel 2.11 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul Penelitian	Parameter yang diukur		Hasil
			Parameter	Konsentrasi (mg/L)	
1	Wati, (2012)	Studi Pola Penggunaan Tangki Septik dan Emisi CO_2 dan Gas CH_4 dari Tangki Septik di Surabaya Bagian Selatan	Gas CH_4 dan Gas CO_2	Konsentrasi gas CH_4 Berat minimal: 7,36 Gg/Tahun Berat rata-rata: 10,42 Gg/Tahun Berat Maksimal: 14,05 Gg/Tahun Konsentrasi gas CO_2 Berat minimal: 33,882 Gg/Tahun Berat rata-rata: 44,95 Gg/Tahun Berat maksimal: 56,09 Gg/Tahun	1. Tingkat pendapatan dan tingkat pendapatan memiliki hubungan korelasi positif dengan kepemilikan tangki septik, pengetahuan tentang pengelolaan limbah tinja dan intensitas pengurasan 2. Potensi pemanasan dan penyerapan panas oleh gas CH_4 mempunyai kontribusi yang cukup besar terhadap pemanasan global. 3. Pemanfaatan panas gas CH_4 menjadi biogas sebagai energi alternatif pengganti minyak tanah atau LPG

No	Peneliti	Judul Penelitian	Parameter yang diukur		Hasil
			Parameter	Konsentrasi (mg/L)	
2	Finarta, 2012	Studi Pola Penggunaan Tangki Septik dan Emisi CO ₂ dan Gas CH ₄ dari Tangki Septik di Surabaya Bagian Utara	Gas CH ₄ dan Gas CO ₂	Konsentrasi gas CH ₄ Berat minimal: 6,6 Gg/ Tahun Berat rata-rata: 9,6 Gg/ Tahun Berat Maksimal: 12,6 Gg/ Tahun Konsentrasi gas CO ₂ Berat minimal: 30,2 Gg/tahun Berat rata-rata: 40,2 Gg/tahun Berat maksimal: 50,2 Gg/tahun	1. Tingkat pendapatan dan tingkat pendapatan memiliki hubungan korelasi positif dengan kepemilikan tangki septik, pengetahuan tentang pengelolaan limbah tinja dan intensitas pengurusan 2. Potensi pemanasan dan penyerapan panas oleh gas CH ₄ maksimum dari tangki septik sebesar 5,3 kali lebih panas dari gas CO ₂ maksimum



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Penelitian ini dilakukan pada tangki septik yang berasal dari kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Tengah, Kecamatan Pauh, Kota Padang. Tangki septik yang dimaksud adalah tempat penampungan limbah domestik (*black water*) berasal dari wc seperti *feces* dan urin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi gas CH_4 dan gas CO_2 serta mengetahui potensi gas CH_4 sebagai biogas dan potensi vegetasi dalam menyerap gas CO_2 .

Pengerjakan penelitian ini diperlukan suatu metodologi berupa gambaran wilayah studi dan langkah-langkah kerja, sehingga pekerjaan yang dilakukan lebih terencana, terarah, dan tahapan pekerjaan yang dilakukan lebih terstruktur. Dengan demikian, dalam bab ini dijelaskan tentang lokasi penelitian, waktu penelitian, tahapan penelitian yang meliputi metode *sampling* dan pengukuran dengan alat dan empiris, serta pengolahan data dan pembahasan.

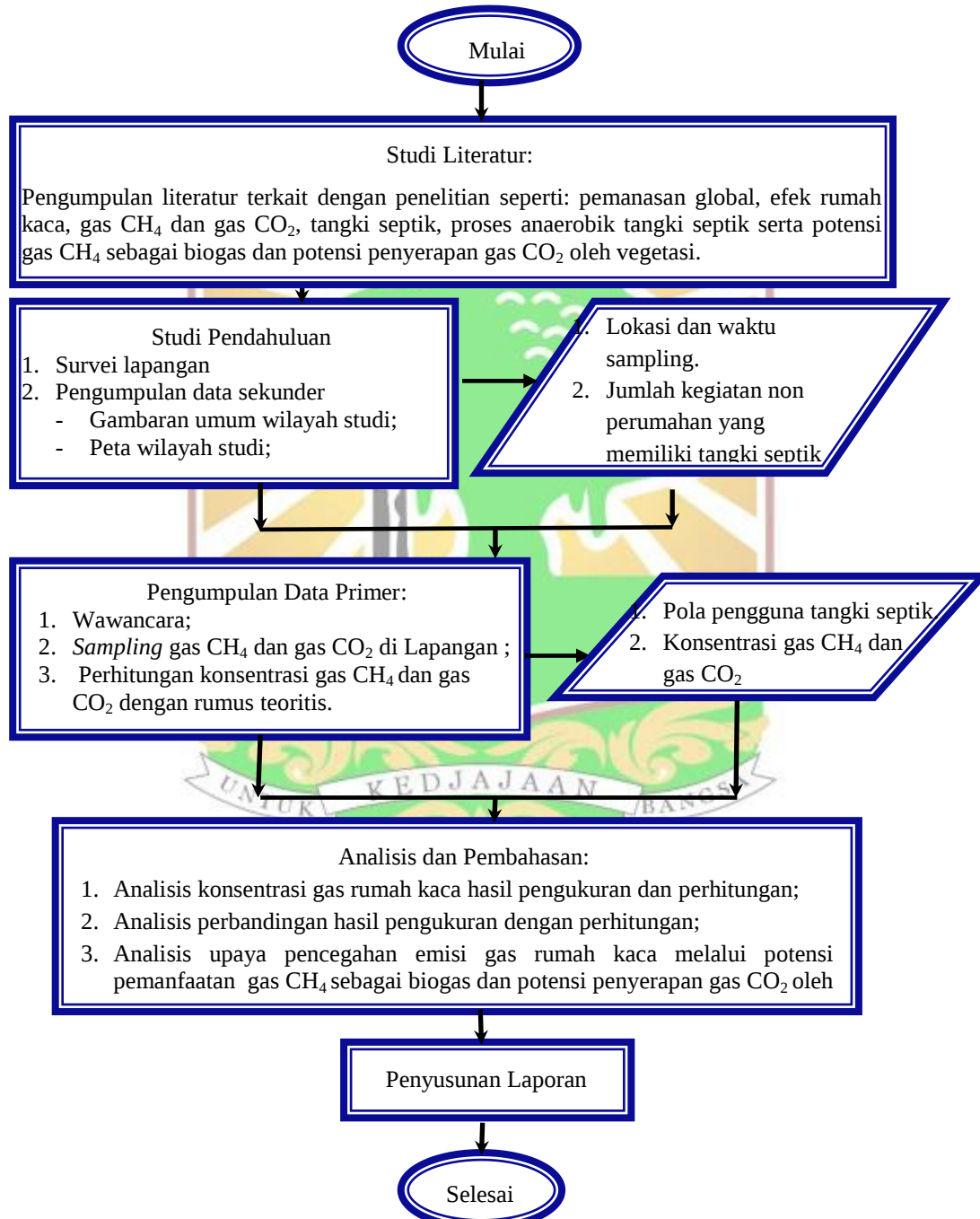
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Tengah, Kecamatan Pauh, Kota Padang. *Sampling* dilakukan langsung di lokasi penelitian dengan menggunakan alat biogas 5000 *analyzer*. *Sampling* bertujuan untuk mengetahui konsentrasi gas CH_4 dan gas CO_2 pada setiap tangki septik non perumahan di Kelurahan Cupak Tengah.

Penelitian ini dimulai dengan studi pendahuluan dengan melakukan survei lapangan untuk menentukan lokasi *sampling* pada bulan Maret-April 2018 dan dilanjutkan untuk mengetahui waktu *sampling* pada 26 Mei 2018. Kemudian dilakukan wawancara untuk mendapatkan data primer pada tanggal 3-15 Juli 2018 dan dilanjutkan dengan pengukuran langsung konsentrasi gas CH_4 dan gas CO_2 dari tangki septik kegiatan non perumahan. Setelah itu dilakukan perhitungan secara teoritis dengan menggunakan cara stoikiometri pada akhir bulan Juli hingga Agustus 2018. Selanjutnya pada bulan September 2018 dilanjutkan dengan analisis dan pembahasan serta penyelesaian laporan.

3.3 Tahapan Penelitian

Secara umum, tahapan penelitian yang dilakukan berupa studi literatur, studi pendahuluan dengan survei lapangan dan pengumpulan data sekunder, pengumpulan data primer, pengukuran dengan alat serta perhitungan dengan rumus serta analisis dan pembahasan. Tahapan pengerjaan tugas akhir ini, untuk lebih jelasnya, dapat dilihat dari diagram alir pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Pelaksanaan Penelitian

3.4 Studi Literatur

Studi literatur merupakan hal penting yang harus dilakukan sebelum melakukan penelitian. Studi literatur pada penelitian ini, mencakup kegiatan pengumpulan literatur sebagai landasan teori. Studi literatur pada penelitian ini berfungsi untuk memberikan informasi dan teori yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilaksanakan. Studi literatur penelitian ini mengkaji tentang pemanasan global, efek rumah kaca, gas CH_4 dan gas CO_2 , proses produksi biogas (anaerobik) pada tangki septik, faktor yang mempengaruhi proses anaerob dan potensi gas CH_4 sebagai biogas dan potensi penyerapan gas CO_2 oleh vegetasi. Teori yang didapat dari studi literatur ini dapat bersumber dari buku, laporan, jurnal dan/atau penelitian sebelumnya.

3.5 Studi Pendahuluan

3.5.1 Survei Lapangan

Studi pendahuluan berupa survei lapangan dilakukan dengan peninjauan langsung ke lokasi sampling yaitu kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Tangah, Kecamatan Pauh, Kota Padang yang dimulai pada bulan Maret 2018. Adapun tujuan peninjauan langsung yaitu untuk menentukan waktu dan lokasi sampling yang tepat dilakukan agar sampel yang diukur nantinya dapat mewakili dan menggambarkan konsentrasi gas CH_4 dan gas CO yang terukur. Selain itu, survei dilakukan untuk mengetahui kondisi eksisting di wilayah studi.

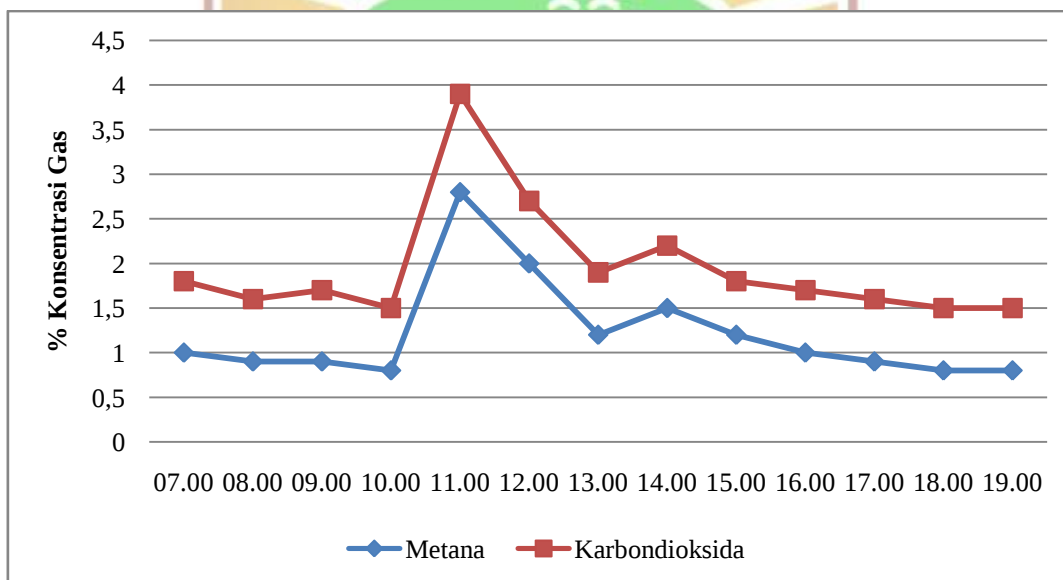
Karena belum adanya peraturan yang mengatur waktu *sampling* gas CH_4 dan gas CO_2 pada sumber emisi maka dilakukan studi pendahuluan. *Sampling* dilakukan pada sebuah ruko pada tanggal 26 Mei 2018 dimana pengukuran gas dilakukan pada pukul 07.00-19.00 WIB untuk menentukan jam puncak yang didapatkan dalam satu hari pengukuran. Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa konsentrasi gas CH_4 dan CO_2 tertinggi adalah pukul 11.00-12.00 WIB. Berdasarkan SNI 19-3964-1994 pengukuran dilakukan selama 8 hari berturut-turut untuk mengetahui fluktuasi konsentrasi gas CH_4 dan gas CO_2 yang dihasilkan. Oleh karena itu waktu *sampling* yang tepat untuk dipilih yaitu 1 kali pengukuran dalam 1 hari pada pukul 11.00-12.00 WIB selama 8 hari berturut-turut.

Hasil dari studi pendahuluan berupa pengukuran yang telah dilakukan dapat dilihat pada **Tabel 3.1** dan **Gambar 3.2**

Tabel 3.1 Hasil Studi Pendahuluan Gas CH₄ dan Gas CO₂

No	Waktu Pengukuran (Jam)	Gas CH ₄ (%)*	Gas CO ₂ (%)*
1	07.00	1	1,8
2	08.00	0,9	1,6
3	09.00	0,9	1,7
4	10.00	0,8	1,5
5	11.00	2,8	3,9
6	12.00	2	2,7
7	13.00	1,2	1,9
8	14.00	1,5	2,2
9	15.00	1,2	1,8
10	16.00	1	1,7
11	17.00	0,9	1,6
12	18.00	0,8	1,5
13	19.00	0,8	1,5

Keterangan: * studi pendahuluan, 2018



Gambar 3.2 Grafik Hasil Pengukuran Konsentrasi Gas CH₄ dan CO₂ pada Tangki Septik di Ruko

Dari hasil survei lapangan juga dapat diketahui bahwa jumlah kegiatan non perumahan yang terdapat di Kelurahan Cupak Tengah adalah sebanyak 123 unit dan sebanyak 25 unit kegiatan non perumahan yang memiliki tangki septik. Kegiatan non perumahan tersebut terdiri dari kantor, sarana ibadah, sarana kesehatan, sekolah, ruko, toko, industri, rumah makan dan *cafe*. Untuk menentukan lokasi *sampling* penelitian terdapat beberapa karakteristik diantaranya pada kegiatan non perumahan terdapat jamban berupa toilet dan memiliki tangki septik yang digunakan sebagai tempat pembuangan akhir dari toilet, serta memiliki pipa

vent sebagai tempat pengukuran gas. Dari berbagai macam jenis kegiatan non perumahan ditentukan jenis toilet yang digunakan seperti toilet umum maupun toilet pribadi beserta jumlah karyawan, penghuni ataupun pengunjung yang diasumsikan sebagai pengguna jamban pada kegiatan non perumahan tersebut.

Data jenis kegiatan non perumahan digunakan untuk membedakan jenis kegiatan dalam melakukan wawancara dan pengukuran konsentrasi gas di lapangan yang terdapat pada kegiatan non perumahan. Sementara itu, data jumlah kegiatan non perumahan, diperlukan untuk mengetahui jumlah kegiatan non perumahan yang terdapat pada Kelurahan Cupak Tengah, sedangkan data jumlah kegiatan non perumahan yang memiliki tangki septik digunakan untuk wawancara pola penggunaan tangki septik dan pengukuran konsentrasi gas di lapangan. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Jenis, Jumlah Kegiatan Non Perumahan dan Jumlah Kegiatan Non Perumahan Memiliki Tangki Septik di Kelurahan Cupak Tengah

No.	Jenis Kegiatan Non Perumahan	Jumlah Kegiatan Non Perumahan (Unit)	Jumlah Kegiatan Non Perumahan Memiliki Tangki Septik (Unit)
1	Kantor	10	5
2.	Sarana ibadah	10	2
3	Sarana kesehatan	2	1
4.	Sekolah	3	3
5.	Ruko	60	8
6.	Toko	20	3
7.	Rumah makan dan <i>cafe</i>	17	2
8.	Industri	1	1
	Jumlah	123	25

Berdasarkan **Tabel 3.2** di atas dapat dilihat bahwa jumlah kegiatan non perumahan yang terdapat di Kelurahan Cupak Tengah, Kecamatan Pauh, Kota Padang adalah sebesar 123 unit. Jenis kegiatan non perumahan tersebut terdiri dari kantor, sarana ibadah, sarana kesehatan, sekolah, ruko, toko, industri, rumah makan dan *cafe*. Berdasarkan hasil survei terdapat 25 unit kegiatan non perumahan yang memiliki tangki septik sebagai tempat pemrosesan sementara limbah domestik *black water*. Kegiatan non perumahan tersebut nantinya dijadikan sebagai sampel untuk mengetahui kondisi eksisting, pola penggunaan tangki septik dan mengukur konsentrasi gas CH₄ dan CO₂ yang dihasilkan pada tangki septik.

3.5.2 Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh melalui studi kepustakaan atau instansi. Data-data sekunder dalam penelitian ini, diperoleh dari kantor Kelurahan Cupak Tengah, Kecamatan Pauh, Kota Padang dan dari penelitian sebelumnya (Syailendra, 2015). Data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini, meliputi:

3.5.2.1 Gambaran Umum Wilayah Studi

Kelurahan Cupak Tengah merupakan kelurahan yang berada di Kecamatan Pauh Kota Padang dan salah satu kelurahan yang berada di dekat Kampus Universitas Andalas, Limau Manis, Padang. Kelurahan Cupak Tengah merupakan kawasan yang padat penduduk, dimana pada Kelurahan Cupak Tengah ini hampir sebagian besar mahasiswa/mahasiswi Universitas Andalas memiliki tempat tinggal sementara dan banyaknya tersebar berbagai jenis kegiatan non perumahan di daerah ini. Kelurahan Cupak Tengah memiliki luas sebesar 2,99 km² dengan jumlah penduduk $\pm$ 7.885 jiwa, yang terbagi dalam 6 RW dan 21 RT. Lokasi daerah non perumahan di Kelurahan Cupak Tengah untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada **Gambar 3.3**. Adapun batas-batas wilayah Kelurahan Cupak Tengah, Kecamatan Pauh, Kota Padang adalah sebagai berikut:

Utara : Kelurahan Lambung Bukit;
Barat : Kelurahan Binnuang Kampung Dalam;
Timur : Kelurahan Kapalo Koto;
Selatan : Kelurahan Piai Tengah.

Gambar 3.3 Peta Kelurahan Cupak Tengah, Kecamatan Pauh, Kota Padang

3.6 Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer adalah suatu kegiatan yang sangat penting dalam penelitian. Pada penelitian ini, pengumpulan data primer dilakukan dengan melakukan survei lapangan melalui wawancara dan pengukuran langsung terhadap konsentrasi gas CH₄ dan CO₂ pada tangki septik. Wawancara dilakukan kepada responden yaitu orang yang bertanggung jawab terhadap operasional dan pemeliharaan tangki septik. Setelah itu dilakukan pengukuran secara langsung di lapangan dan perhitungan dengan rumus (empiris) terhadap konsentrasi gas CH₄ dan gas CO₂ pada tangki septik kegiatan non perumahan.

3.6.1 Wawancara

Wawancara bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai kondisi eksisting dan pola penggunaan tangki septik kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Tengah, Kecamatan Pauh, Kota Padang. Contoh lampiran pertanyaan yang digunakan pada penelitian ini, dapat dilihat pada Lampiran A. Perhitungan jumlah sampel yang digunakan dalam wawancara berdasarkan rumus Metode Slovin, dapat dilihat pada bagian berikut:

$$n = \frac{N}{1+N e^2} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{25}{1+25 (0,01)^2} \\ &= 24,9 \text{ responden} \\ &\approx 25 \text{ responden} \end{aligned}$$

Jadi, berdasarkan rumus Metode Slovin, jumlah responden yang akan diwawancarai pada kegiatan non perumahan yang menggunakan tangki septik adalah sebanyak 25 responden.

Sementara itu, teknik pengambilan sampel untuk wawancara dan pengukuran konsentrasi gas CH₄ dan gas CO₂, dilakukan dengan menggunakan teknik *proportionate stratified random sampling* yaitu pengambilan sampel dilakukan secara acak dengan memperhatikan strata yang ada. Setiap strata yang terwakili harus dapat mewakili populasi yang ada. Oleh sebab itu pada strata yang memiliki jumlah populasi kecil harus dipilih semuanya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3 Jumlah Responden Berdasarkan Metode Slovin

No.	Jenis Kegiatan Non Perumahan	Jumlah Kegiatan Non Perumahan memiliki Tangki Septik* (Unit)	Jumlah Responden* (orang)
1.	Kantor	5	5
2.	Sarana ibadah	2	2
3.	Sarana kesehatan	1	1
4.	Sekolah	3	3
5.	Ruko	8	8
6.	Toko	3	3
7.	Rumah makan dan cafe	2	2
8.	Industri	1	1
Jumlah			25

Keterangan* Mengacu pada rumus Metode Slovin

3.6.2 Sampling Gas CH₄ dan CO₂ di Lapangan

Sampling gas CH₄ dan gas CO₂ dilakukan secara langsung pada tangki septik kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Tengah, dimana tangki septik yang digunakan sebagai titik sampling harus memiliki pipa ven untuk melakukan *sampling*. Pengukuran gas dilakukan satu kali dalam sehari yaitu pukul 11.00-12.00 WIB selama 8 hari berturut-turut untuk mengetahui fluktuasi konsentrasi gas CH₄ dan gas CO₂ yang dihasilkan (Studi pendahuluan, 2018). Adapun tujuan dari pengukuran langsung di lapangan adalah untuk mengetahui konsentrasi gas CH₄ dan gas CO₂ yang dihasilkan dari proses anaerobik pada tangki septik. Pengukuran konsentrasi gas CH₄ dan gas CO₂ dilakukan dengan menggunakan alat Biogas 5000™ analyzer milik Jurusan Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Andalas.

Jumlah sampel yang diukur secara langsung di lapangan dapat ditentukan dengan menggunakan SNI 19-3964-1994 tentang metode pengambilan dan pengukuran contoh timbunan dan komposisi sampah perkotaan khususnya pada bagian kegiatan non perumahan. Pemilihan jumlah sampel untuk pengukuran lapangan dengan metode SNI 19-3964-1994 dikarenakan terkendala waktu dan tenaga dalam melakukan penelitian dan adanya kesamaan antara limbah padat (sampah) dan cair (*black water*) yang dihasilkan setiap harinya oleh manusia. Untuk kegiatan non perumahan seperti toko, ruko, sekolah dan kantor menggunakan rumus pada SNI 19-3964-1994. Sedangkan untuk kegiatan non perumahan seperti sarana ibadah, sarana kesehatan, industri, rumah makan dan *cafe* diambil 10% dari

jumlah keseluruhan, sekurang-kurangnya 1. Sementara itu untuk perhitungan jumlah sampel kegiatan non perumahan toko, ruko, sekolah dan kantor dapat dilihat pada bagian berikut;

1. Jumlah rincian kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Tengah adalah

- Toko = 3 unit
- Ruko = 8 unit
- Sekolah = 3 unit
- Kantor = 5 unit

2. Kelurahan Cupak Tengah menggunakan koefisien non perumahan (C_d) = 1 (SNI 19-3964-1994);

maka;

$$S = C_d \times \sqrt{T_s} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana :

S = jumlah masing masing jenis bangunan non perumahan

T_s = jumlah bangunan non perumahan

C_d = koefisien non perumahan

- Toko = 3 unit

$$\begin{aligned} S &= C_d \times \sqrt{T_s} \\ &= 1 \times \sqrt{3} \\ &\approx 1 \text{ unit} \end{aligned}$$

- Ruko = 8 unit

$$\begin{aligned} S &= C_d \times \sqrt{T_s} \\ &= 1 \times \sqrt{8} \\ &\approx 3 \text{ unit} \end{aligned}$$

- Sekolah 3 unit

$$\begin{aligned} S &= C_d \times \sqrt{T_s} \\ &= 1 \times \sqrt{3} \\ &\approx 1 \text{ unit} \end{aligned}$$

- Kantor 5 unit



$$S = Cd \times \sqrt{Ts}$$

$$= 1 \times \sqrt{5}$$

$$\approx 2 \text{ unit}$$

Perhitungan jumlah sampel kegiatan non perumahan tempat ibadah, sarana kesehatan, industri, rumah makan dan *cafe* dapat dilihat pada bagian berikut;

- Rumah makan dan *cafe* = 2 unit

$$S = 10\% \times 2$$

$$= 0,2$$

$$\approx 1 \text{ unit}$$

- Sarana kesehatan = 1 unit

$$S = 10\% \times 1$$

$$= 0,1$$

$$\approx 1 \text{ unit}$$

- Tempat Ibadah = 2 unit

$$S = 10\% \times 2$$

$$\approx 1 \text{ unit}$$

- Industri = 1 unit

$$S = 10\% \times 1$$

$$\approx 1 \text{ unit}$$

Jadi, jumlah sampel pengukuran konsentrasi gas CH₄ dan gas CO₂ yang diperoleh berdasarkan metode SNI 19-3964-1994 adalah sebanyak 11 unit sampel. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada **Tabel 3.4**.

Tabel 3.4 Jumlah Sampel Pengukuran Konsentrasi Gas CH₄ dan Gas CO₂
Berdasarkan SNI 19-3964-1994

No.	Jenis Kegiatan Non Perumahan	Jumlah Sampel Kegiatan Non Perumahan memiliki Tangki Septik* (Unit)	Jumlah Sampel untuk Pengukuran Gas CH ₄ dan Gas CO ₂ * (unit)
1	Kantor	5	2
2.	Sarana ibadah	2	1
3.	Sarana kesehatan	1	1
4.	Sekolah	3	1
5.	Ruko	8	3
6.	Toko	3	1
7.	Rumah makan dan <i>cafe</i>	2	1
8.	Industri	1	1
Jumlah			11

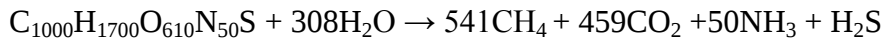
* Mengacu pada SNI 19-3964-1994

3.6.3 Perhitungan Konsentrasi Gas CH₄ dan Gas CO₂ dengan Rumus Teoritis

a. Feces

Rumus Empiris yang ada dalam *feces* adalah C₁₀₀H₁₇₀O₆₁N₅S₀ (Liu *et al.*, 2008).

- Reaksi kimia yang terjadi pada *feces*:



- Perhitungan Mol *feces*:

$$Mol = \frac{Massa (g)}{Mr} \dots\dots\dots(3.3)$$

- Perhitungan Mol CH₄ dan Mol CO₂

$$Mol CH_4 = Mol feces \times Koefisien CH_4$$

$$Mol CO_2 = Mol feces \times Koefisien CO_2 \dots\dots\dots(3.4)$$

- Perhitungan Massa CH₄ dan Massa CO₂

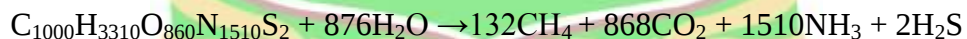
$$Massa CH_4 = Mol CH_4 \times Mr CH_4$$

$$Massa CO_2 = Mol CO_2 \times Mr CO_2 \dots\dots\dots(3.5)$$

b. Urine

Rumus Empiris yang ada dalam *urine* adalah C₁₀₀H₃₃₁O₈₆N₁₅₁S_{0,2}. (Liu *et al.*, 2008)

- Reaksi kimia yang terjadi pada *urine*:



- Perhitungan Mol *urine*:

$$Mol = \frac{Massa (g)}{Mr} \dots\dots\dots(3.6)$$

- Perhitungan Mol CH₄ dan Mol CO₂

$$Mol CH_4 = Mol urine \times Koefisien CH_4$$

$$Mol CO_2 = Mol urine \times Koefisien CO_2 \dots\dots\dots(3.7)$$

- Perhitungan Massa CH₄ dan Massa CO₂

$$Massa CH_4 = Mol CH_4 \times Mr CH_4$$

$$Massa CO_2 = Mol CO_2 \times Mr CO_2 \dots\dots\dots(3.8)$$

c. Total Emisi CH₄ dan CO₂ dari *feces* dan *urine*:

$$Total emisi CH_4 = Massa CH_4 feces + Massa CH_4 urine$$

$$\text{Total emisi CO}_2 = \text{Massa CO}_2\text{feces} + \text{Massa CO}_2\text{urine} \dots \dots \dots (3.9)$$

d. Total Emisi CH₄ dan CO₂ per-kegiatan non perumahan

$$\text{Total emisi CH}_4/\text{kegiatan} = \text{Jumlah pengguna jamban org/kegiatan non perumahan} \times \text{Total emisi CH}_4$$

$$\text{Total emisi CO}_2/\text{kegiatan} = \text{Jumlah pengguna jamban org/kegiatan non perumahan} \times \text{Total emisi CO}_2 \dots \dots \dots (3.10)$$

Secara umum, data primer yang didapatkan dapat dilihat rekapitulasinya pada

Tabel 3.5

Tabel 3.5 Rekapitulasi Pengumpulan Data Primer

Tahap Penelitian	Tujuan	Jenis Data	Metode	Jumlah Sampel
Wawancara	Menganalisis kondisi eksisting dan pola penggunaan tangki septik	Informasi	Slovin	25
Sampling gas	Menganalisis konsentrasi gas CH ₄ dan gas CO ₂ .	Kuantitas gas	SNI 19-3964-1994	11

3.7 Pengolahan Data dan Pembahasan

Pengolahan data dan pembahasan dalam penelitian ini berupa:

1. Analisis Konsentrasi Gas CH₄ dan CO₂ Menggunakan Alat dengan Perhitungan Secara Teoritis

Analisis ini membahas tentang hasil konsentrasi gas CH₄ dan CO₂ yang didapat dari hasil pengukuran dan perhitungan pada masing-masing tangki septik kegiatan non perumahan. Berdasarkan hasil konsentrasi gas yang didapat maka dilihat korelasinya terhadap jumlah pengguna jamban pada kegiatan non perumahan tersebut.

2. Analisis Perbandingan Konsentrasi Gas CH₄ dan CO₂ Menggunakan Alat dengan Perhitungan Secara Teoritis

Analisis ini diperlukan untuk membandingkan hasil konsentrasi gas CH₄ dan CO₂ dengan menggunakan alat dan perhitungan secara teoritis. Hasil pengukuran konsentrasi gas CH₄ dan CO₂ dengan menggunakan alat Biogas 5000™ Analyzer dapat berupa persen konsentrasi dari masing masing gas

selama 8 hari berturut-turut. Hasil perhitungan yang didapat dalam satuan Gg/tahun, kemudian dikonversi ke dalam satuan persen (%) gas CH₄ dan CO₂ dengan cara membandingkannya dengan emisi ekuivalen CO₂. Emisi ekuivalen CO₂ diperoleh dari total emisi CH₄ dikali dengan potensi pemanasan gas CH₄ terhadap CO₂ sehingga diperoleh nilainya dalam satuan Gg CO₂eq.

Berikut merupakan rumus dalam konversi persen gas CH₄ dan gas CO₂

$$\%CO_2 = \frac{\text{Massa } CO_2 \text{ (Gg } CO_2 \text{ eq)}}{\text{Emisi Ekuivalen } CO_2 \text{ (Gg } CO_2 \text{ eq)}} \times 100 \dots \dots \dots (3.10)$$

$$\begin{aligned} &\text{Konversi massa } CH_4 \text{ (min/rata-rata/max)} \\ &= \text{massa } CH_4 \text{ (Gg)} \times 21 \text{ } CO_2 \text{ ekuivalen} \\ &= \dots \dots \text{ } CO_2 \text{ ekuivalen} \dots \dots \dots (3.11) \end{aligned}$$

$$\%CH_4 = \frac{\text{Massa } CH_4 \text{ (Gg } CO_2 \text{ eq)}}{\text{Emisi Ekuivalen } CO_2 \text{ (Gg } CO_2 \text{ eq)}} \times 100 \dots \dots \dots (3.12)$$

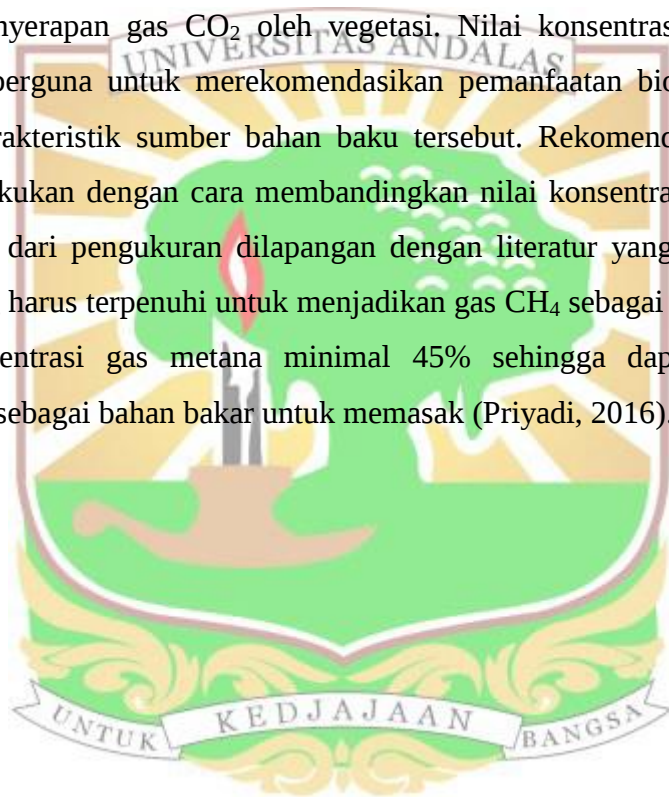
Analisis statistika yang digunakan dalam penelitian ini yaitu uji Mann-Whitney. Uji Mann-Whitney digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya kesamaan antara pengukuran di lapangan dengan perhitungan secara teoritis. Uji Mann-Whitney ini juga digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya signifikan data yang diperoleh. Analisis Uji Mann-Whitney dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini:

1. Menyatakan hipotesis nol dan hipotesis alternatifnya
 Ho: Tidak ada kesamaan antara hasil pengukuran dengan perhitungan
 Ha: Adanya kesamaan antara hasil pengukuran dengan perhitungan
2. Pemilihan tingkat kepercayaan (signifikan) α dengan nilai 0,05;
3. Penentuan distribusi pengujian (U), Nilai U_{cr} diberikan dalam tabel dengan mengetahui n₁, n₂ dan α ;
4. Perhitungan data keputusan (U_{hitung}) yang terdiri dari (R₁ dan R₂) dan U dengan persamaan 2.4 dan 2.5;
5. Mengambil keputusan

Jika nilai U_{hitung} ≤ nilai U_{er} maka adanya kesamaan antara hasil pengukuran dan perhitungan (data signifikan), jika nilai U_{hitung} ≥ nilai U_{er}, maka tidak adanya kesamaan antara hasil pengukuran dengan perhitungan (data tidak signifikan);

6. Cara lain yaitu dengan menggunakan SPSS pada uji Mann-Whitney untuk mendapatkan informasi nilai Mann-Whitney U, Nilai Z dan nilai signifikan. Kesimpulan yang didapatkan yaitu jika nilai signifikan atau P value $< 0,05$ maka tolak H_0 (data signifikan). Apabila nilai signifikan atau P value $> 0,05$ maka terima H_0 (data tidak signifikan).
7. Analisis Potensi Pemanfaatan Gas CH_4 Sebagai Biogas dan Potensi Penyerapan Gas CO_2 oleh Vegetasi

Analisis ini membahas tentang potensi gas CH_4 pada tangki septik kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Tengah untuk dimanfaatkan sebagai biogas dan potensi penyerapan gas CO_2 oleh vegetasi. Nilai konsentrasi gas CH_4 yang diperoleh berguna untuk merekomendasikan pemanfaatan biogas yang cocok dengan karakteristik sumber bahan baku tersebut. Rekomendasi pemanfaatan biogas dilakukan dengan cara membandingkan nilai konsentrasi gas CH_4 yang didapatkan dari pengukuran di lapangan dengan literatur yang ada. Salah satu syarat yang harus terpenuhi untuk menjadikan gas CH_4 sebagai sumber alternatif yaitu konsentrasi gas metana minimal 45% sehingga dapat terbakar dan digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak (Priyadi, 2016).





BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Bab ini akan membahas tentang hasil wawancara dengan beberapa pertanyaan yang diperoleh dari peninjauan di lapangan. Hasil wawancara ini meliputi penentuan lokasi *sampling*, kondisi eksisting lokasi *sampling* yaitu kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Tengah, Kecamatan Pauh, Kota Padang dan pola penggunaan tangki septik. Selain itu, bab ini juga membahas mengenai analisis perbandingan konsentrasi gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) yang diperoleh melalui pengukuran di lapangan dan perhitungan secara teoritis dengan cara stoikiometri serta analisis potensi pemanfaatan emisi gas CH_4 sebagai biogas dan potensi penyerapan gas CO_2 oleh vegetasi dari tangki septik pada kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Taangah, Kota Padang.

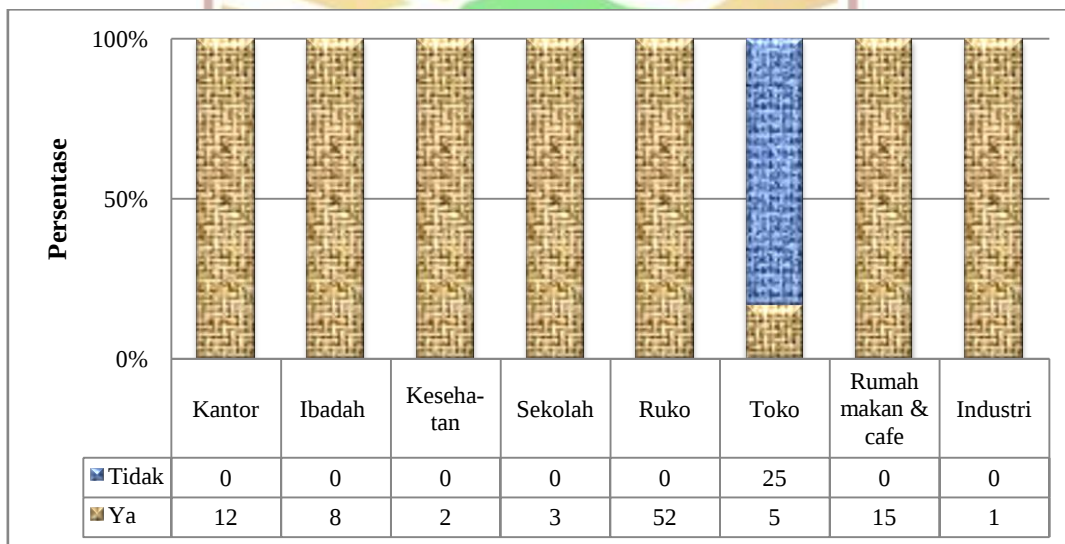
4.2 Kondisi Eksisting Kegiatan Non Perumahan di Kelurahan Cupak Tengah, Kecamatan Pauh, Kota Padang

Kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Tengah, Kecamatan Pauh, Kota Padang adalah daerah yang dijadikan sebagai lokasi *sampling*. Berdasarkan survei lapangan yang telah dilakukan, diketahui bahwa pada saat ini kegiatan non perumahan yang terdapat pada Kelurahan Cupak Tengah, dari 123 unit kegiatan terdapat 25 unit kegiatan non perumahan yang memiliki tangki septik sebagai tempat penyaluran air limbahnya. Tangki septik ini berpotensi menghasilkan gas CH_4 dan CO_2 ke lingkungan. Berdasarkan pada rumus Metode Slovin, wawancara yang dilakukan untuk dijadikan sampel sebanyak 25 jumlah sampel. Data hasil wawancara, secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran C, **Tabel C-1**.

Berdasarkan hasil wawancara dapat diketahui mengenai beberapa data tentang kondisi eksisting dan pola penggunaan tangki septik di Kelurahan Cupak Tengah, Kecamatan Pauh, Kota Padang. Kondisi eksisting dan pola penggunaan tangki septik tersebut meliputi jumlah orang yang terdapat pada kegiatan non perumahan, jumlah pengguna jamban, jumlah dan jenis toilet/ jamban yang digunakan, tinggi pipa vent dari tangki septik, umur tangki septik, jadwal pengurasan tangki septik,

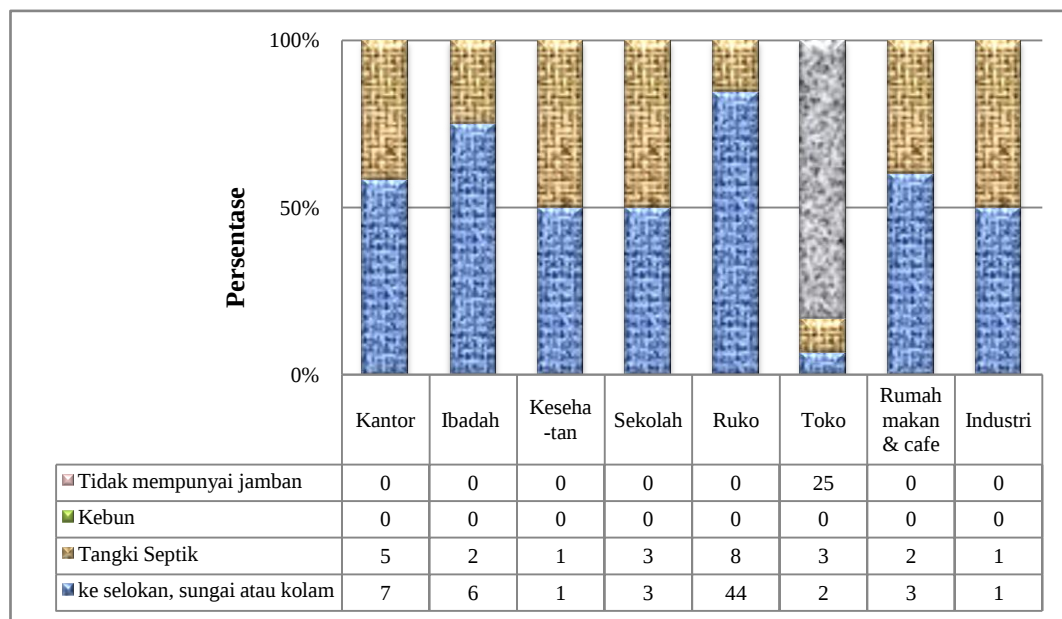
layanan pengurasan tangki septik, dan lokasi pembuangan lumpur tinja yang dihasilkan.

Kondisi eksisting dan pola penggunaan tangki septik kegiatan non perumahan juga meliputi, wawasan atau pengetahuan pengelola kegiatan non perumahan terhadap tangki septik dan dampak yang ditimbulkan oleh emisi gas CH₄ dan CO₂ dan kesadaran pengelola kegiatan non perumahan untuk berpartisipasi mengelola emisi gas CH₄ dan CO₂ yang dihasilkan. Berikut merupakan rincian mengenai kondisi eksisting dan pola penggunaan tangki septik pada kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Tengah, Kecamatan Pauh, Kota Padang. Perbandingan kepemilikan jamban (jamban pribadi/jamban umum) pada masing-masing kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Tengah dapat dilihat pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1 Perbandingan Kepemilikan Jamban

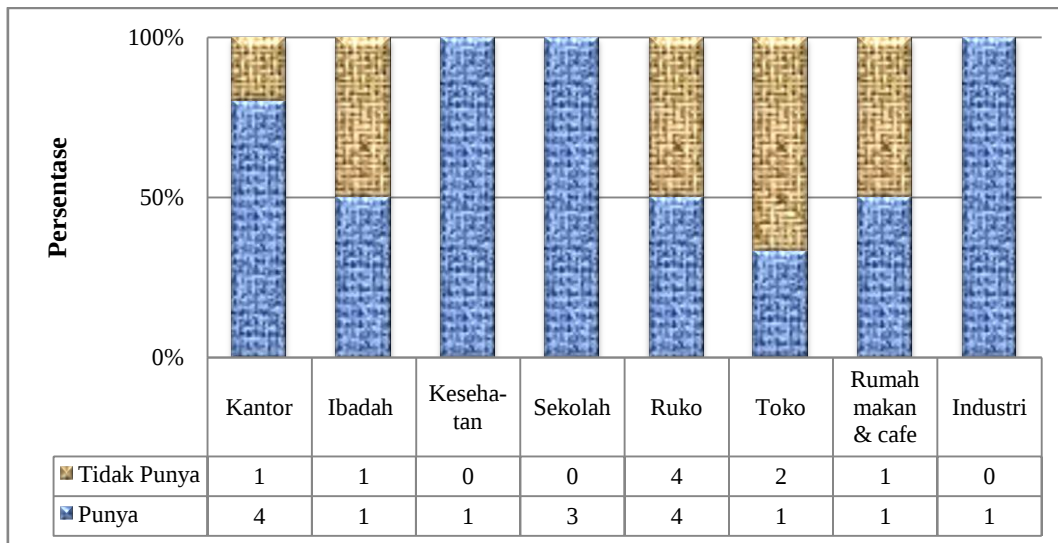
Berdasarkan **Gambar 4.1** dapat dilihat bahwa semua kegiatan non perumahan yang terdapat di Kelurahan Cupak Tengah 100% memiliki jamban sebagai tempat pembuangan limbah domestik *black water* kecuali untuk kegiatan non perumahan toko hanya 10% yang memiliki jamban. Jenis jamban yang dimiliki oleh masing-masing kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Tengah yaitu terdiri dari jamban umum dan atau jamban pribadi. Selanjutnya saluran pembuangan akhir limbah domestik *black water* dari jamban dibuang ke tangki septik, dimana untuk kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Tengah saluran pembuangan akhir jamban dapat dilihat pada **Gambar 4.2** dibawah ini



Gambar 4.2 Perbandingan Tempat Pembuangan Akhir Limbah Domestik (Black Water)

Berdasarkan **Gambar 4.2**, dapat diketahui bahwa 60% kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Tangah membuang limbah domestik (*black water*) ke selokan, sungai ataupun kolam, 20% di buang ke tangki septik dan sisanya tidak memiliki jamban. Dimana pada kegiatan non perumahan seperti sarana kesehatan, sekolah dan industri di Kelurahan Cupak Tangah sebesar 50% membuang limbah domestik (*black water*) ke selokan, sungai ataupun kolam, sedangkan 50% lagi di buang ke tangki septik. Sementara itu, untuk kegiatan non perumahan seperti kantor, sarana ibadah, ruko, rumah makan dan *cafe* secara berturut-turut sebesar 60%, 75%, 85% dan 60% membuang limbah domestik (*black water*) ke selokan, sungai atau kolam, sisanya 40%, 25%, 15% dan 40% dibuang ke tangki septik. Berbeda dengan kegiatan non perumahan lainnya, sebesar 84% toko di kelurahan Cupak Tangah tidak memiliki tempat pembuangan akhir limbah domestik (*black water*) karena tidak memiliki jamban. Sisanya 8% toko membuang limbahnya ke selokan, sungai atau kolam dan 8% dibuang ke tangki septik.

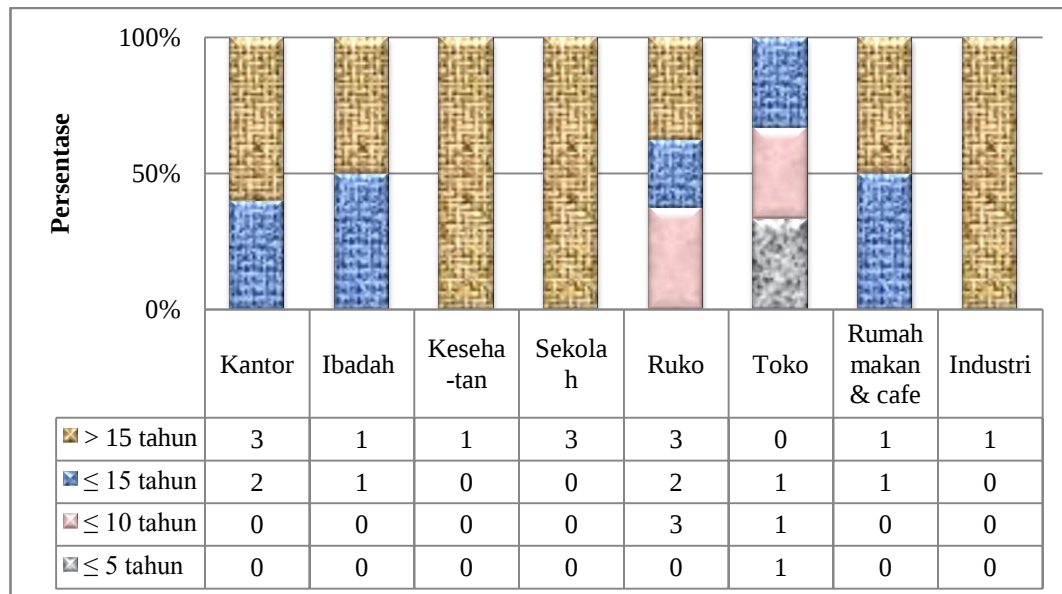
Setiap tangki septik memiliki kriteria sesuai peraturan yang berlaku, dimana salah satu kriteria tersebut yaitu memiliki pipa *vent* sebagai tempat keluarnya gas yang dihasilkan dari tangki septik. Perbandingan banyaknya tangki septik yang mempunyai pipa *vent* dapat dilihat pada **Gambar 4.3**



Gambar 4.3 Perbandingan Tangki Septik yang Memiliki Pipa Vent

Berdasarkan **Gambar 4.3** dapat diketahui bahwa, berdasarkan perbandingan tangki septik yang memiliki pipa *vent* pada seluruh kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Tangah adalah sebesar 60%. Dimana sebesar 100% pada kegiatan sarana kesehatan, sekolah dan industri memiliki pipa *vent* dengan tinggi 0,4- 2 m sebagai tempat pembuangan gas yang dihasilkan pada tangki septik. Sementara itu untuk kegiatan non perumahan lainnya seperti kantor, sarana ibadah, ruko, toko, rumah makan dan cafe secara berturut-turut sebesar 80%, 50%, 50%, 33% dan 50% yang memiliki pipa *vent* dengan tinggi 0,5-1 m, sisanya tidak memiliki pipa *vent*. Hal tersebut dikarenakan pengelola atau penanggung jawab tangki septik tidak mengetahui fungsi dari pipa *vent*, dimana pipa *vent* dapat berfungsi sebagai tempat keluarnya gas yang dihasilkan dari dalam tangki septik. Sebagian pengelola atau penanggung jawab juga menutup pipa *vent* pada tangki septik dengan cor. Apabila suatu tangki septik tidak memiliki pipa *vent*, maka akan menyebabkan terjadinya ledakan di dalam tangki septik.

Perbandingan umur tangki septik pada masing-masing kegiatan non perumahan dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.

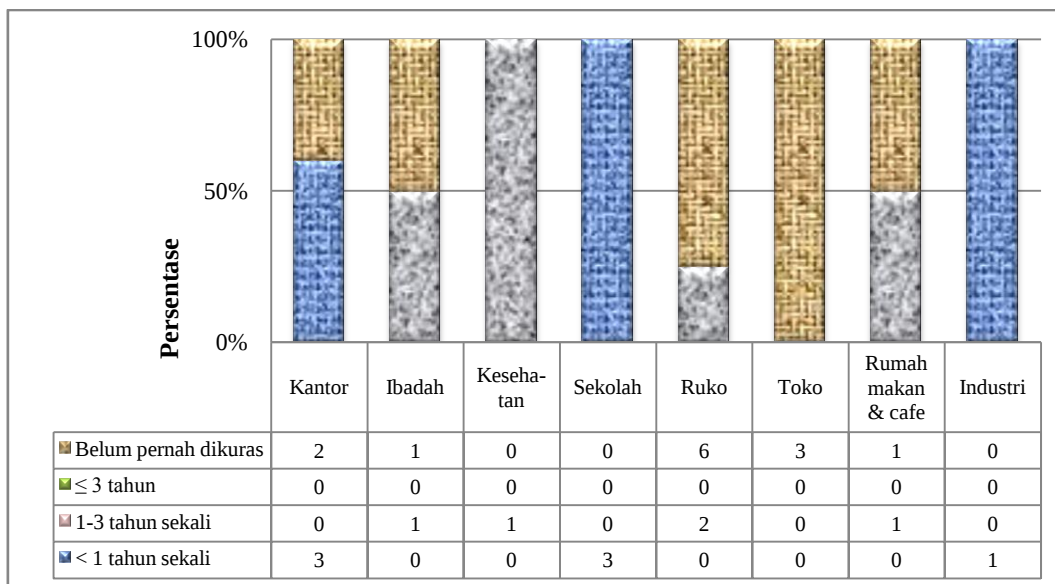


Gambar 4.4 Perbandingan Umur Tangki Septik

Berdasarkan **Gambar 4.4** dapat diketahui bahwa rata-rata umur tangki septik yang berada pada kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Tangah, Kecamatan Pauh, Kota Padang berada >15 tahun. Pada **Gambar 4.4** juga dapat dilihat bahwa 100% dari sekolah, sarana kesehatan dan industri memiliki umur tangki septik >15 tahun. Sementara itu, untuk jenis kegiatan non perumahan sarana ibadah, rumah makan dan *cafe* di Kelurahan Cupak Tangah sebagiannya atau 50% dari kegiatan non perumahan ini memiliki tangki septik yang berumur >15 tahun dan sebagiannya lagi atau 50% berumur ≤15 tahun. Kemudian untuk kantor yang terdapat pada Kelurahan Cupak Tangah ini hanya 60% yang umur tangki septiknya >15 tahun dan sisanya sebesar 40% memiliki tangki septik dengan umur ≤15 tahun. Selanjutnya kegiatan non perumahan ruko yang terdapat pada Kelurahan Cupak Tangah ini hanya 38% yang umur tangki septiknya >15 tahun, 24% berumur ≤15 tahun dan sisanya sebesar 38% memiliki tangki septik dengan umur ≤10 tahun. Sementara itu, untuk kegiatan non perumahan toko 32% dari toko memiliki tangki septik dengan umur ≤15 tahun, untuk tangki septik yang berumur ≤10 tahun sebesar 36% dan sisa 32% lainnya baru berumur ≤5 tahun.

Berdasarkan total 25 kegiatan non perumahan yang terdapat di Kelurahan Cupak Tangah yang memiliki tangki septik, hanya 1 kegiatan non perumahan yang umur tangki septiknya <5 tahun, yaitu pada toko berupa toko alat tulis. Toko ini

merupakan salah satu kegiatan non perumahan yang baru dibangun di Kelurahan Cupak Tangah. Berdasarkan umur pakai tangki septik yang panjang ini dapat dipengaruhi juga oleh perawatan yang dilakukan oleh pengelola atau penanggung jawab tangki septik dengan cara mengurasnya. Lebih jelasnya mengenai waktu pengurasan tangki septik dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.

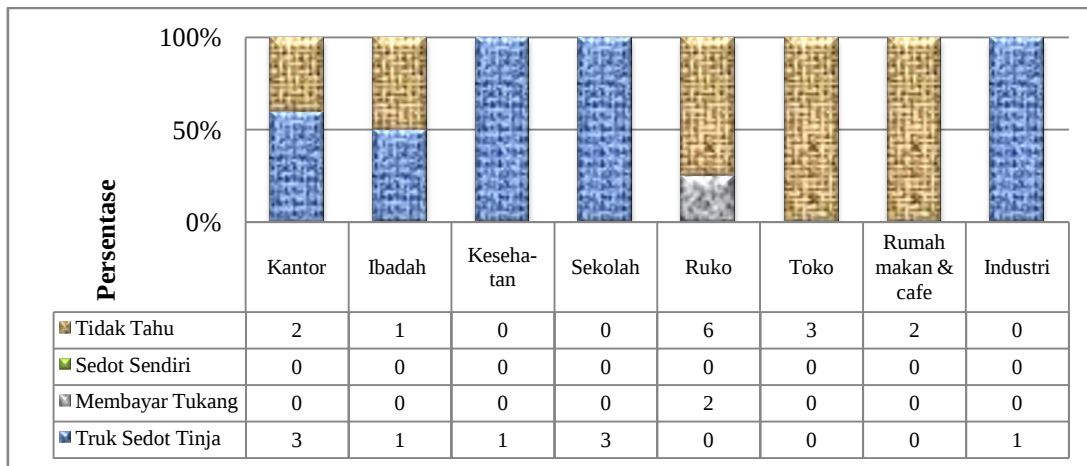


Gambar 4.5 Perbandingan Waktu Pengurasan Tangki Septik

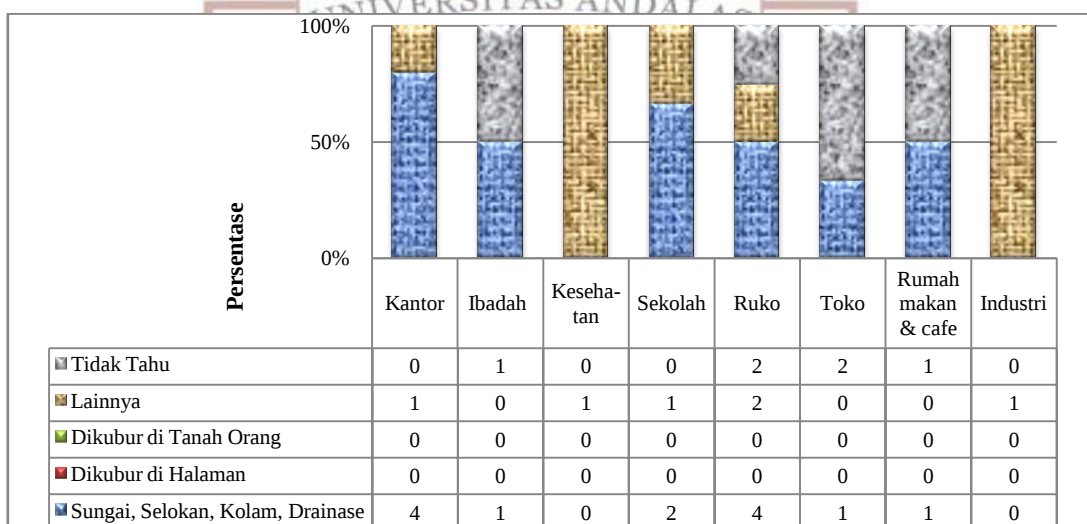
Berdasarkan **Gambar 4.5** dapat dilihat bahwa beberapa pengelola atau penanggung jawab kegiatan non perumahan telah melakukan pengurasan tangki septik secara berkala baik dalam waktu <1 tahun sekali ataupun 1-3 tahun sekali, namun masih adanya kegiatan non perumahan yang belum melakukan pengurasan tangki septik secara berkala dimulai dari tangki septik dibangun. Dilihat dari **Gambar 4.5**, seluruh sekolah dan industri atau 100% dari masing-masing kegiatan non perumahan telah melakukan pengurasan tangki septik untuk periode <1 tahun sekali. Sementara itu, untuk kegiatan non perumahan kantor di Kelurahan Cupak Tangah sebesar 75% telah melakukan pengurasan tangki septik untuk periode <1 tahun sekali, sedangkan 25% tangki septik dari kegiatan non perumahan kantor belum pernah dikuras. Kemudian pada kegiatan non perumahan sarana kesehatan sebesar 100% telah melakukan pengurasan tangki septik pada periode 1-3 tahun sekali. Berbeda dengan sarana kesehatan, pada sarana ibadah dan rumah makan dan *cafe* sebesar 50% di Kelurahan Cupak Tangah telah melakukan pengurasan tangki septik pada periode 1-3 tahun sekali, sisanya tidak pernah melakukan pengurasan.

Selanjutnya pada kegiatan ruko sebesar 25% pengelola atau penanggung jawab telah melakukan pengurasan tangki septik untuk periode 1-3 tahun sekali, sedangkan 75% tangki septiknya belum pernah dikuras. Berdasarkan **Gambar 4.5** dapat dilihat, bahwa untuk seluruh kegiatan toko atau sebesar 100% dari masing masing kegiatan non perumahan belum pernah dilakukan pengurasan tangki septik oleh pengelola atau penanggung jawabnya semenjak tangki septik tersebut dibangun.

Pengurasan tangki septik yang terdapat pada kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Tengah sebagian telah dilakukan oleh layanan truk sedot tinja ataupun dengan membayar tukang, sebagian besarnya tidak tahu dikarenakan pada kegiatan non perumahan tersebut belum pernah melakukan pengurasan tangki septik. Hal ini dapat dilihat berdasarkan **Gambar 4.6** dimana 100% dari masing-masing sekolah, industri dan sarana kesehatan yang terdapat di Kelurahan Cupak Tengah untuk menangani proses pengurasan lumpur dari tangki septik dilakukan oleh layanan truk sedot tinja. Masing-masing kegiatan non perumahan tersebut memiliki jadwal pengurasan <1 tahun sekali dan 1-3 tahun sekali. Sementara itu, untuk kegiatan kantor sebesar 75% pengurasan tangki septik dilakukan oleh layanan truk sedot tinja, sedangkan 25% tidak tahu. Selanjutnya pada kegiatan non perumahan Ruko sebesar 75% kegiatannya yang telah melakukan pengurasan tangki septik oleh layanan truk sedot tinja dan sisanya 25% dilakukan oleh tukang. Kemudian pada kegiatan non perumahan sarana ibadah sebesar 50% telah melakukan pengurasan tangki septik oleh layanan truk sedot tinja dan sisanya tidak tahu. Pada **Gambar 4.6** dapat dilihat juga bahwa untuk seluruh kegiatan toko, rumah makan dan *cafe* atau sebesar 100% dari masing masing kegiatan non tidak mengetahui layanan pengurasan. Hal tersebut dikarenakan belum adanya pengurasan yang dilakukan terhadap tangki septik yang dimiliki. Meskipun pihak pengelola atau penanggung jawab kegiatan non perumahan mengetahui bahwa tangki septik perlu dikuras secara berkala, tetapi pihak pengelola atau penanggung jawab kegiatan non perumahan tersebut belum sepenuhnya mengetahui bahwa lumpur tinja yang dikuras tersebut perlu diolah sebelum dibuang ke badan air. Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.



Gambar 4.6 Perbandingan Layanan Pengurasan Tangki Septik



Gambar 4.7 Perbandingan Tujuan Akhir Pengurasan Lumpur Tangki Septik

Dilihat dari **Gambar 4.7**, dimana setiap pengelola atau penanggung jawab tangki septik kegiatan non perumahan yang terdapat di Kelurahan Cupak Tengah memiliki pengetahuan berbeda-beda tentang tujuan akhir pengurasan lumpur tangki septik setelah disedot. Pihak pengelola atau penanggung jawab kegiatan non perumahan pada umumnya mengetahui bahwa lumpur yang dihasilkan tersebut dibuang kesungai, selokan, kolam dan drainase, diolah terlebih dahulu sebelum dibuang bahkan tidak mengetahui kemana lumpur yang dihasilkan dibuang. Dimana pada kegiatan non perumahan kantor sebesar 20% pengetahuan pengelola atau penanggung jawab tangki septik bahwa lumpur yang dihasilkan tersebut diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan, sedangkan 80% pengetahuan pengelola atau penanggung jawab tangki septik menjawab bahwa lumpur yang

dihasilkan tersebut dibuang kesungai, selokan, kolam dan drainase. Selanjutnya sebesar 50% pengetahuan pengelola atau penanggung jawab tangki septik kegiatan sarana ibadah, rumah makan dan cafe menjawab bahwa lumpur yang dihasilkan diolah terlebih dahulu dan sisanya menjawab tidak tahu. Kemudian untuk kegiatan non perumahan sekolah sebesar 38% pengelola menjawab bahwa hasil pengurusan lumpur seharusnya diolah terlebih dahulu, sedangkan 62% menjawab hasil pengurusan lumpur dibuang ke sungai, selokan, kolam dan drainase. Dilanjutkan dengan kegiatan non perumahan ruko sebesar 25% pengelola menjawab bahwa lumpur yang dikuras diolah terlebih dahulu sebelum dibuang, 25% pengelola menjawab tidak tahu dan sisanya 50% menjawab lumpur dibuang ke sungai, selokan, kolam dan drainase. Sama halnya dengan kegiatan non perumahan sarana ibadah, rumah makan dan *cafe*, pengelola atau penanggung jawab tangki septik pada kegiatan non perumahan toko menjawab bahwa sebesar 70% memilih tidak tahu dan 30% memilih sungai, selokan, kolam dan drainase sebagai tempat pembuangan lumpur yang dihasilkan. Dapat juga dilihat pada **Gambar 4.7**, bahwa 100% pengelola atau penanggung jawab tangki septik kegiatan non perumahan sarana kesehatan dan industri memilih lumpur yang dihasilkan diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan.

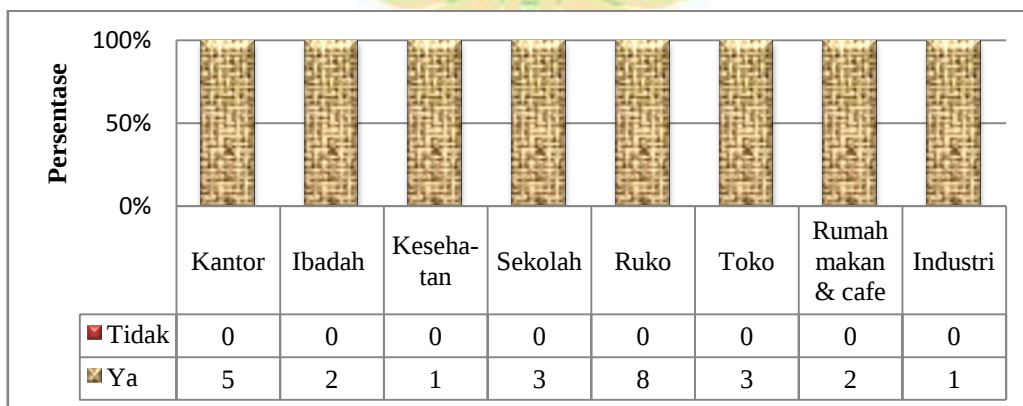
Berdasarkan jawaban dari beberapa pengelola atau penanggung jawab tangki septik dengan dialirkannya limbah cair domestik ke tangki septik sudah merupakan salah satu pengolahan lumpur tinja. Seharusnya lumpur tinja yang dihasilkan oleh tangki septik ini tidak boleh dibuang langsung ke lingkungan karena akan menyebabkan timbulnya pencemaran. Lumpur tinja ini nantinya jika dibiarkan begitu saja di lingkungan akan terdegradasi dan menghasilkan gas rumah kaca berupa gas CH_4 dan CO_2 . Gas-gas ini akan meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca yang terdapat di lingkungan, yang nantinya akan semakin meningkatkan pemanasan global.

Gas rumah kaca terutama gas CH_4 dan CO_2 merupakan yang memiliki kontribusi terbesar yang terdapat di atmosfer. Gas CO_2 mempunyai persentase sebesar 72% dari total gas rumah kaca sementara CH_4 memiliki persentase sebesar 18% (IPCC, 2006). Emisi gas ini akan semakin meningkatkan pemanasan global yang terjadi di lingkungan. Pemanasan global ini akan semakin menimbulkan efek buruk bagi lingkungan seperti mencairnya es di kutub, naiknya permukaan air laut, cuaca

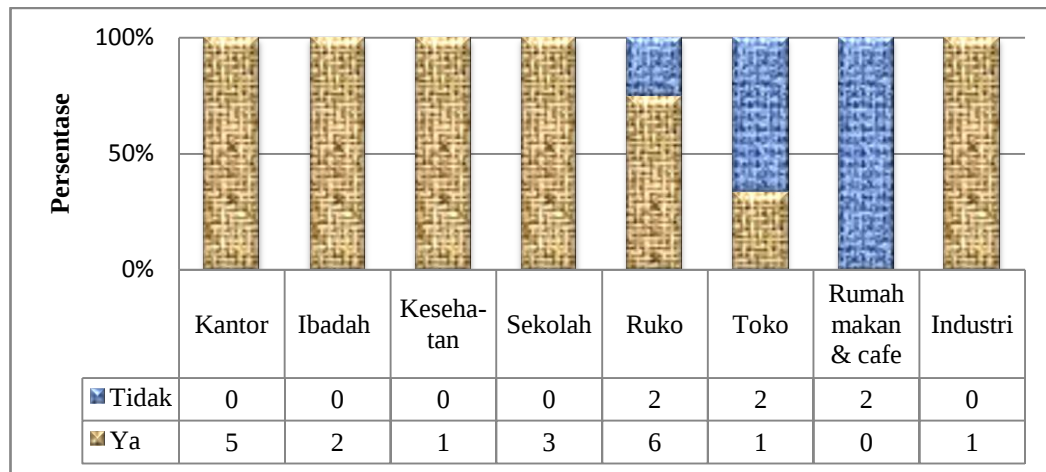
ekstrim yang semakin sering terjadi. Tidak hanya efek terhadap lingkungan pemanasan global juga dapat berdampak bagi aktivitas sosial ekonomi masyarakat meliputi gangguan fungsi kawasan pesisir dan pantai, gangguan fungsi prasaranan dan sarana seperti jalan, pelabuhan dan bandara, gangguan terhadap pemukiman penduduk, pengurangan produktivitas lahan pertanian dan wabah penyakit (Idayanti, 2007).

Oleh karena itu, untuk mengatasi permasalahan emisi gas CH₄ dan CO₂ yang dihasilkan oleh tangki septik ini perlu dilakukan pengelolaan dengan baik. Salah satu cara yang efektif untuk mengelola emisi gas CH₄ adalah dengan memanfaatkan emisi gas tersebut sebagai bahan baku biogas. Sedangkan untuk emisi gas CO₂ dapat dikelola dengan mengetahui potensi penyerapan gas ini oleh tanaman.

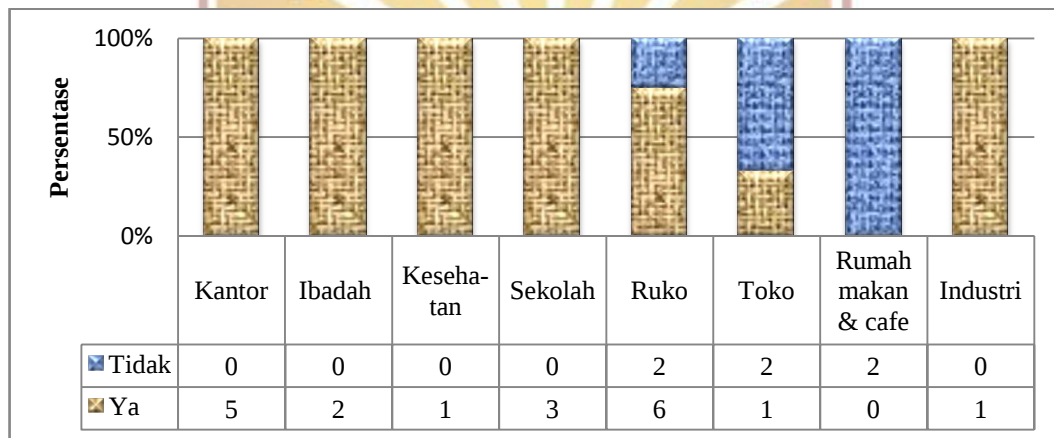
Pengetahun pengelola atau penanggung jawab tentang keuntungan penggunaan tangki septik pada kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Tangah yaitu sebesar 100% untuk masing masing kegiatan non perumahan. Pengelola atau penanggung jawab mengetahui keuntungan tangki septik untuk menampung limbah *black water* yang berasal dari sarana jamban/toilet yang dimiliki. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 4.8**. Sementara itu, pengetahuan gas rumah kaca yang dihasilkan dari tangki septik oleh pengelola atau penanggung jawab serta dampak negatif yang akan terjadi jika gas yang dihasilkan dibiarkan begitu saja terakumulasi di udara untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 4.9** dan **Gambar 4.10**.



Gambar 4.8 Perbandingan Pengetahuan Pengelola Kegiatan Non Perumahan tentang Keuntungan Menggunakan Tangki Septik



Gambar 4.9 Perbandingan Pengetahuan Pengelola Kegiatan Non Perumahan tentang Gas yang dihasilkan oleh Tangki Septik

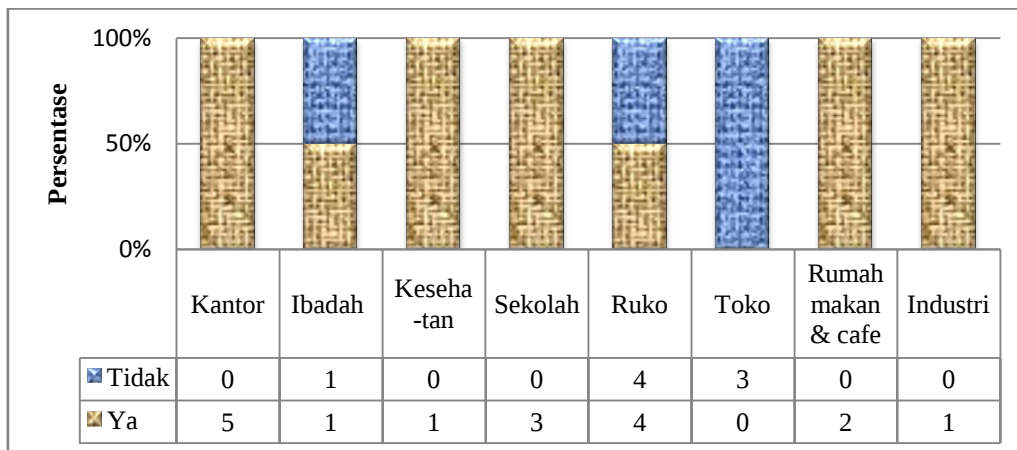


Gambar 4.10 Perbandingan Pengelola Kegiatan Non Perumahan tentang Dampak yang ditimbulkan oleh Gas yang dihasilkan oleh Tangki Septik

Dilihat dari **Gambar 4.9** dan **Gambar 4.10**, untuk kegiatan non perumahan kantor, sarana ibadah, sarana kesehatan, sekolah dan industri sudah 100% pihak pengelola atau penanggung jawab kegiatan non perumahan mengetahui dan mengerti mengenai gas yang dihasilkan oleh tangki septik serta dampak yang dihasilkannya. Sedangkan untuk ruko dan toko secara berturut-turut ada sekitar 75% dan 40% dari pihak pengelola kegiatan non perumahan yang mengetahui bahwa tangki septik menghasilkan gas rumah kaca dan memiliki dampak terhadap lingkungan. Sedangkan 25% dan 60% lainnya dari pengelola ruko dan toko belum mengetahui dan memahami tentang gas yang dihasilkan oleh tangki septik serta dampak yang ditimbulkannya. Sementara itu, sebesar 100% untuk pengelola atau penanggung jawab tangki septik kegiatan non perumahan rumah makan dan *cafe* belum

mengetahui dan memahami tentang gas yang dihasilkan oleh tangki septik serta dampak yang ditimbulkannya.

Salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan emisi gas CH_4 dan CO_2 yang dihasilkan oleh tangki septik adalah dengan memanfaatkan emisi gas CH_4 sebagai biogas. Kemudian untuk perbandingan kesediaan pengelola atau penanggung jawab kegiatan non perumahan untuk menggunakan biogas dari tangki septik dapat dilihat pada **Gambar 4.11** di bawah ini.



Gambar 4.11 Perbandingan Kesediaan Pengelola Kegiatan Non Perumahan untuk Menggunakan Biogas dari Tangki Septik

Berdasarkan **Gambar 4.11** dapat diketahui bahwa jika gas yang dihasilkan oleh tangki septik tersebut bisa dimanfaatkan sebagai biogas, pengelola kegiatan non perumahan seperti kantor, sarana kesehatan, industri, rumah makan dan *cafe* di Kelurahan Cupak Tengah semuanya atau 100% bersedia menggunakannya. Pihak pengelola bersedia dikarenakan dapat menghemat biaya dan membantu mengurangi penggunaan bahan bakar minyak dan gas LPG untuk memasak. Namun jika dilihat dari **Gambar 4.11**, untuk pengelola pada kegiatan non perumahan sarana ibadah dan toko sebesar 50% bersedia memanfaatkan gas CH_4 yang dihasilkan dari tangki septik sebagai biogas dan sebagiannya lagi tidak bersedia. Kemudian untuk kegiatan non perumahan toko semuanya atau 100% tidak bersedia jika gas CH_4 diolah dan dijadikan sebagai biogas. Hal tersebut dikarenakan terkendala oleh biaya yang diperlukan untuk membuat instalasi biogas untuk memasak yang akan digunakan.

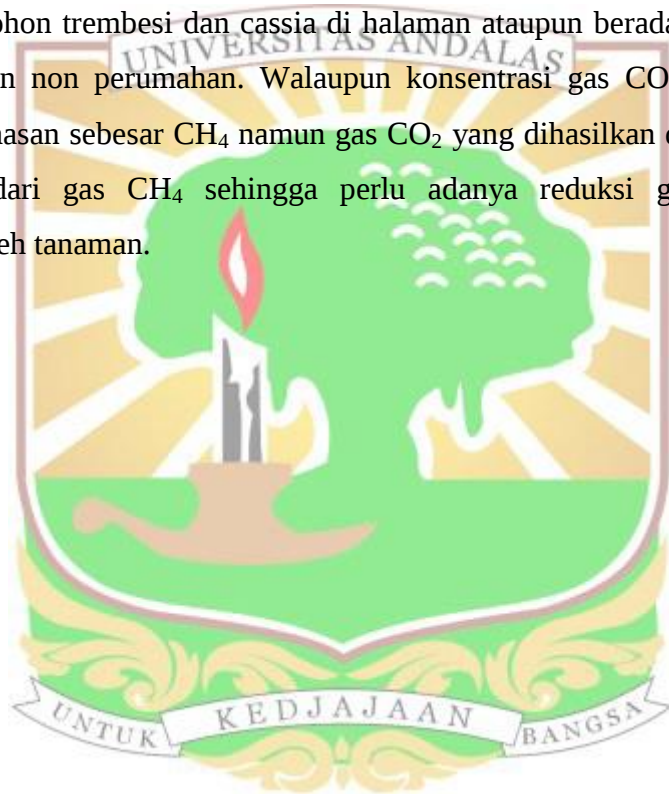
4.3.1 Potensi Penyerapan Gas Karbondioksida (CO₂) oleh Vegetasi Tanaman

Menurut Rukaesih (2004), gas CO₂ merupakan salah satu gas rumah kaca yang mempunyai persentase terbesar dari total gas rumah kaca yaitu sebesar 50% dari total gas rumah kaca, sehingga dapat meningkatnya gas rumah kaca yang menyebabkan terjadinya pemanasan global. Penanaman vegetasi merupakan salah satu cara menangani emisi gas rumah kaca, dimana setiap tanaman membutuhkan CO₂ untuk pertumbuhan atau fotosintesis sehingga kadar CO₂ di udara dapat tereduksi dengan adanya tanaman. Berdasarkan hasil pengukuran pada tangki septik kegiatan non perumahan diperoleh gas CO₂ lebih tinggi dari gas CH₄. Hal tersebut menyebabkan bahwa gas CO₂ yang dihasilkan harus direduksi untuk mengurangi terjadinya pemanasan global. Salah satunya yaitu dengan penyerapan gas CO₂ oleh tanaman.

Vegetasi memiliki kemampuan dalam menyerap gas CO₂ diantaranya yaitu pohon dengan daya serap CO₂ sebesar 569,07 ton/Ha/tahun, semak belukar dengan daya serap CO₂ sebesar 55,00 ton/Ha/tahun, padang rumput dengan daya serap CO₂ sebesar 12,00 ton/Ha/tahun dan sawah dengan daya serap CO₂ sebesar 12,00 ton/Ha/tahun. Menurut Dahlan (2007), terdapat beberapa tanaman yang mempunyai kemampuan besar untuk menyerap gas CO₂ diantaranya yaitu pohon trembesi (*Samanea saman*) dan Cassia (*Cassia sp*) yaitu sebesar 28.448,39 kg/pohon/tahun dan 5.295,47 kg/pohon/tahun. Tanaman penyerap gas CO₂ lainnya dapat dilihat pada **Tabel 2.9**.

Menurut Adillanisti (2013), kemampuan vegetasi dalam menyerap CO₂ dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu berdasarkan mutu klorofil yang ada dalam daun, banyak sedikitnya magnesium pada klorofil. Semakin besar tingkat magnesium yang dikandung maka warna daun menjadi hijau gelap. Selain itu tumbuhan/pohon buah-buahan termasuk penyerap CO₂ yang baik. Karena tumbuhan berbuah (*Spermatophyta*) membutuhkan energi yang lebih banyak untuk memproduksi bunga dan buah. Menurut Enda (2016) jumlah stomata yang dimiliki oleh tanaman sangat berpengaruh terhadap daya serap gas CO₂. Semakin tinggi jumlah kerapatan stomata, semakin tinggi pula potensi penyerapan gas CO₂.

Emisi gas CO₂ yang dihasilkan dari tangki septik pada kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Tengah apabila dilihat dari segi kuantitasnya dapat direduksi oleh tanaman diantaranya yaitu pohon trembesi (*Samanea saman*) dan Cassia (*Cassia sp*) dengan daya serap sebesar 28.448,39 kg/pohon/tahun dan 5.295,47 kg/pohon/tahun atau setara dengan 0,028 Gg/tahun dan 0,005 Gg/tahun. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh konsentrasi gas CO₂ dalam keadaan maksimal adalah $8,292 \times 10^{-3}$ Gg/tahun atau 0,008 Gg/tahun. Oleh karena itu, maka gas CO₂ yang dihasilkan oleh tangki septik dapat diserap langsung oleh pohon trembesi (*Samanea saman*) dan Cassia (*Cassia sp*) dengan cara melakukan penanaman pohon trembesi dan cassia di halaman ataupun berada disekitar tangki septik kegiatan non perumahan. Walaupun konsentrasi gas CO₂ tidak memiliki potensi pemanasan sebesar CH₄ namun gas CO₂ yang dihasilkan dari tangki septik lebih besar dari gas CH₄ sehingga perlu adanya reduksi gas CO₂ dengan penyerapan oleh tanaman.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat diambil beberapa simpulan sebagai berikut:

1. Konsentrasi gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) berdasarkan hasil pengukuran yang tertinggi terdapat di sekolah dengan kisaran 3,10-3,80% untuk CH_4 dan 5,70-6,80% untuk CO_2 . Sedangkan konsentrasi gas terendah adalah toko sebesar 0,20-0,30% untuk CH_4 dan 0,40-0,60% untuk CO_2 . Sementara itu berdasarkan hasil perhitungan konsentrasi gas CH_4 dan CO_2 paling tinggi diperoleh di sekolah yaitu sebesar 51,356-97,312% untuk CH_4 dan 11,123-18,474% untuk CO_2 . Sedangkan yang terendah diperoleh pada toko dengan konsentrasi CH_4 adalah 0,253-0,478% dan 0,054-0,091% untuk CO_2 ;
2. Jumlah pengguna jamban memiliki pengaruh berbanding lurus terhadap konsentrasi gas yang dihasilkan. Sementara itu umur dan frekuensi pengurasan tangki septik juga berpengaruh terhadap konsentrasi gas yang dihasilkan, dimana semakin lama umur penggunaan tangki septik namun frekuensi pengurasan yang tidak dilakukan secara berkala maka gas yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan tangki septik yang memiliki frekuensi pengurasan berkala;
3. Perbandingan konsentrasi gas CH_4 dan CO_2 pada pengukuran dan perhitungan yang diperoleh tidak signifikan ($\text{sig} > 0,05$) atau tidak adanya kesamaan antara perhitungan dan pengukuran;
4. Konsentrasi Gas CH_4 yang dihasilkan pada tangki septik kegiatan non perumahan di Kelurahan Cupak Tengah belum memiliki potensi sebagai bahan baku biogas yaitu sebesar (3,8%). Sementara itu konsentrasi gas CO_2 yang dihasilkan dari tangki septik dapat direduksi oleh vegetasi tanaman seperti pohon trembesi (*Samanea saman*) dan cassia (*Cassia sp*) dengan melakukan penanaman di halaman pada kegiatan non perumahan.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah:

1. Pengukuran konsentrasi gas CH_4 dan CO_2 dari tangki septik pada penelitian selanjutnya sebaiknya gas ditampung terlebih dahulu. Karena berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, pengukuran yang dilakukan secara langsung pada tangki septik diperoleh hasil yang kecil;
2. Pengukuran konsentrasi gas CH_4 dan CO_2 pada penelitian selanjutnya bisa dilakukan di tempat pengolahan limbah domestik dengan kapasitas yang lebih besar, karena akan menghasilkan gas yang lebih besar juga seperti IPAL Komunal;
3. Melakukan penelitian lanjutan dengan kawasan yang lebih luas seperti kecamatan atau bahkan skala kota untuk mengetahui potensi gas yang dihasilkan pada tangki septik kegiatan non perumahan.



DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, T. Tauseef, S dan Abbasi, S. (2012). *Biogas Energy*. New York: Springer
- Adillasintani. (2013). *Analisis Tingkat Kebutuhan dan Ketersediaan RTH pada Kawasan Perkantoran di Kota Makassar*. Jurnal Ilmiah. Makassar: Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin.
- Agung, N. (2008). *Pemanfaatan Biogas Sebagai Energi Alternatif Departement of Energy*. Jakarta.
- Akorede, M, Hizam, H, Ab-Kadir, M.Z, Aris, I, dan Buba, S.D. (2012). *Mitigating The Anthropogenis Global Warming In The Electric Power Industry*. Journal of Renewable and Sustainable Energy Review, 2747-2761.
- Alkusma, Y.M, Hermawan dan Hadiyanto. (2016). *Pengembangan Potensi Energi Alternatif dengan Pemanfaatan Limbah Cair Kelapa Sawit sebagai Sumber Energi Baru Terbarukan di Kabupaten Kotawaringin Timur*. Jurnal Ilmiah. Jawa Tengah: Ilmu Lingkungan Universita Diponegoro. Vol. 14. 96-102.
- Al Seadi, T, Rutz, D, Prassl, H, Kottner, M, Finsterwalder, T, Volk, S dan Janssen, R. (2008). *Biogas Handbook*. Denmark: University of Southern Denmark Esbjerg. Niels Bohrs.
- Anggraini, A. (2013). *Pra-Perlakuan Bahan dan Pencernaan Campuran (Co Digestion) Jerami Sorgum-Lumpur pada Produksi Biogas*. Jurnal Ilmiah. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Anggraini, W. (2012). *Perhitungan Gas Rumah Kaca dari Ruang Lingkup Dua (Studi Kasus di Indonesia Depok)*. Tugas Akhir Sarjana. Depok: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). 2018. *Data Konsentrasi Gas Rumah Kaca*. Sumatera Barat: BMKG Stasiun GAW Bukit-Kototabang.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2008). *Potensi Desa (PODES) Pedoman Pencacah*. Buku 3. Jakarta
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2016). *Sumatera Barat dalam Angka*. Sumatera Barat: Badan Pusat Statistik
- Badan Standar Nasional. (2002). *SNI 03-2398-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Tangki Septik dengan Sistem Resapan*.
- Badan Standar Nasional. (1994). *SNI 19-3964-1994 tentang Metode pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan (Kegiatan Non Perumahan)*.

- Dahlan, E.N. (2007). *Analisis Kebutuhan Hutan Kota Sebagai Sink Gas CO₂ Antropogenik dari Bahan Bakar Minyak dan Gas Di Kota Bogor dengan Pendekatan Sistem Dinamik*. Disertasi. Bogor: Program Studi Ilmu Pengetahuan Kehutanan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Damayanti, P.D. (2013). "Global Warming" in the Perspective of Environmental Management Accounting (EMA). *Jurnal Ilmiah*. 7(1): 3.
- Darmanto, A, Soeparman, S. dan Widhiyanuriwan, D. (2012). *Pengaruh Kondisi Temperatur Mesophilic (35°C) dan Thermophilic (55°C) Anaerob Digester Kotoran Kuda Terhadap Produksi Biogas*. *Jurnal Rekayasa Mesin*. Malang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Vol. 3. No. 2, 317-326
- Darwin, R. (2004). *Effects of Greenhouse Gas Emissions on World Agriculture, Food Consumption, and Economic Welfare*. *Journal of Climate Change*, 66(2004) page 191-238.
- Daryanto. (2005). *Kumpulan Gambar Teknik Bangunan*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Desiana dan Setiadi, T. (2006). *Uji Potensi Metana Biokimia terhadap Biolumpur dengan Pengolahan Awal Ozonasi dan Sonikasi*. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia* 5, 386-389.
- Deublein dan Steinhauser. (2008). *Biogas from Waste and Renewable Resources and Introduction*. Weiheim: Wiley-VCH Verlag.
- Ebadi, A.G, S. Zare, M. Mahdavi, dan M. Babaei, (2005). *Study and Measurement of Pb, Cd, Cr, and Zn in Green Leaf of Tea Cultivated in Gilan Province of Iran*. *Pakistan Journal of Nutrition* 4 (4): 270-272.
- Enda, N.L, Tambaru, E, Umar, M.R dan Latunra, I. (2016). *Analisis Daya Absorpsi Daun Ketapang Terminalia Catappa L. Terhadap Karbon Dioksida di Beberapa Wilayah Kota Makassar*. *Jurnal Ilmiah*. Makassar: Jurusan biologi, Universitas Hasanuddin.
- Erdiono, D, Karongkong, Hendriek. H. dan Sirega, Frits, O.P. (2012). *Studi Pengamatan Terjadinya Pola Pergeseran Fungsi Ruang pada Bangunan Rumah-Toko di Manado*. *Jurnal Ilmiah*. Fakultas Teknik. Universitas Sam Ratulangi. Vol. 9 No 03.
- Finarta, G. M. J. (2012). *Studi Pola Penggunaan Tangki Septik dan Emisi Karbondioksida (CO₂) dan Gas Metana (CH₄) dari Tangki Septik di Surabaya Bagian Utara*. Tugas Akhir Sarjana. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Teknologi Sepuluh Nopember.
- Geotech. (2016). *Operating Manual Biogas 5000 Gas Analyzer*.

- Gunawan, D. (2012). *Produksi Biogas sebagai Sumber Energi Alternatif dari Kotoran Sapi*. Artikel Ilmiah. Surabaya: Jurusan Teknik Kimia, Universitas Surabaya. Vol. 1. No. 2.
- Hadi, S. 2004. *Statistik Jilid 2*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Harahap, I.V. (2007). *Uji Beda Komposisi Campuran Kotoran Sapi dengan Beberapa Jenis Limbah Pertanian terhadap Biogas yang Dihasilkan*. Tugas Akhir Sarjana. Medan: Departemen Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Harinaldi. (2005). *Prinsip-prinsip Statistik untuk Teknik dan Sains*. Jakarta, Erlangga
- Hauweling, S.T, Rockman, I, Aben, F, Keppler, M, Krol, J.F, Meirink, E.J, Dlugokencky dan C. Frankenberg. (2006). *Atmospheric Constrains on Global Emissions of Methane From Plants*. *Geophys. Res. Lett.* 33. L15821, doi:10.1029/2006GL026162.
- Hidayati, R. 2001. *Masalah Perubahan Iklim di Indonesia Beberapa Contoh Kasus. Makalah Falsafah Sains Program Doktor*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Idayanti, R. 2007. *Pengaruh Pemanasan Global (Global Warming) Terhadap Lingkungan dan Kesehatan*. *Jurnal Kedokteran Syiah Kuala* Volume 7 Nomor 1 April 2007.
- IPCC. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Prepared by The National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. and Tanabe, K. (eds.). Published by IGES Japan.
- _____. 2007. *Syntesis Report 2007 Mitigation of Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge; www.cambridge.org/9780521880114
- Irawan, D dan Suwanto, E. (2016). *Pengaruh EM4 (Effective Microorganisme) Terhadap Produksi Biogas Menggunakan Bahan Baku Kotoran Sapi*. *Jurnal Ilmiah. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Muhammadiyah Metro. Lampung*. Vol. 5 No. 1.
- Juangga. (2007). *Proses Anaerobic Digestion*. Medan: USU Press.
- Junaidi, F. G. 2012. *Pengantar Statistik Untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Gramedia
- Kasdin, K. (2015). *Evaluasi Pengelolaan Limbah Peternakan Menjadi Biogas di Kelurahan Ngadirgo, Kecamatan Mijen, Kota Semarang*. *Prosiding Seminar Nasional Innovation Environmental Management Diponegoro University dan Queensland University*.
- Kementrian Negara Lingkungan Hidup. (2009). *Emisi Gas Rumah Kaca dalam Angka*. Jakarta: Kementrian Negara Lingkungan Hidup.

- Kusminingrum, N. (2008). *Potensi Tanaman dalam Menyerap CO₂ dan CO untuk Mengurangi Dampak Pemanasan Global*. Jurnal Permukiman Vol. 3 No. 2.
- Kustiasih, T dan Medawati, I. (2017). *Kajian Potensi Gas Metan (CH₄) dari Pengolahan Air Limbah Domestik Sebagai Upaya Mitigasi Emisi Gas Rumah Kaca*. Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman. Bandung. Vol 52 No. 1.
- Liu, H., Yu, C. Y., Manukovsky, N. S., Kovaley, V. S., Gurevich, Yu.L., Wang, J. 2008. *A conceptual configuration of the lunar base bioregeneratif lifesupport system including soil-like substrate for growing plants, advances in spaces research*. volume 42
- Manurung, R. (2004). *Proses Anaerobik sebagai Alternatif untuk Mengolah Limbah Sawit*. Jurnal Ilmiah. Medan: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- Marsudi. 2012. *Produksi Biogas dari Limbah Rumah Tangga Sebagai Upaya Mengatasi Krisis Energi dan Pencemaran Lingkungan*. Jurnal Ilmiah. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Muhammadiyah Metro. Lampung. Volume 1 No. 2
- McCarty, P.L. dan Smith, D.P. (1986). *Anaerobic Wastewater Treatment. Environmental Science & Technology*.
- Metcalf dan Eddy. (1974). *Waste Water Engineering, Collection, Treatment Disposal*. Mc.Graw Hill Sems in Water Desources and Environment Engineering: USA.
- Mubin, F, Binilang, A dan Halim, F. (2016). *Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan Istiqlal Kota Manado*. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.3 Maret 2016 (211-223) ISSN: 2337-6732 211.
- Mulyani, T, Sari, F dan Nissa, N.A. (2011). *Eco-Development Menuju MDGs 2015*. Jurnal Ilmiah. Semarang: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro: Vol 1. No. 1.
- Muhi, A.H. 2011. *Praktek Lingkungan Hidup, Jatinangor: Institusi Pemerintah Dalam Negri*.
- Murdiyarso, D. 2005. *Sepuluh Tahun Perjalanan Negoisasi Konvensi Perubahan Iklim. Edisi Kedua*. Jakarta: Penerbit Buku Kompas.
- Nahas, C.H, Budi. S dan Herizal. (2008). *Analisis Konsentrasi Metana Atmosferik di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang*. Jurnal Ilmiah. Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang Badan Meteorologi dan Geofisika.
- Nurhayati, D.N. (2000). *Studi Kinerja Reaktor Hybrid Anaerobik Ke Atas dalam Menurunkan Kandungan Organik C Air Berkadar Organik Rendah*. Tugas

Akhir. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh November. 2-27.

Nurtjahya, E. (2003) Pemanfaatan Limbah Ternak Ruminansia untuk Mengurangi Pencemaran Lingkungan. Makalah Pengantar Falsafah Sains. Program Pascasarjana IPB: Bogor

Pambudi, N.A. (2008). *Pemanfaatan biogas sebagai energi alternatif*. Jurnal Ilmiah. Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada.

Peraturan Daerah Kota Depok No. 14. 2008. *Penyerahan Prasarana, Sarana dan Utilitas Perumahan dan Permukiman oleh Pengembang di Kota Depok*.

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 19. (2012). *Program Kampung Iklim*

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 5. (2006). *Kebijakan Energi Nasional*

Pokja Sanitasi Sumbar. (2015). *Pencapaian Pembangunan Sanitasi Pemukiman (PPSP)*.

Polprasert. (1989). *Organic Waste Recycling 2nd Edition*. Environmental Engineering Div. Asian Institute of Technology Bangkok: Thailand.

Priadi, B dan Pirngadi, H.B. (2014). *Pencapaian Target Rencana Aksi Nasional Mitigasi Gas Rumah Kaca Sektor Air Limbah Simulation Of Target Achievement Of National Action Plan Greenhouse Gas Mitigation Of Wastewater Sector*. Jurnal Sumber Daya Air. Bandung: Universitas Pasundan. Vol. 10. No 2, 151-164.

Priyadi, F dan Subiyanti, E. (2016). *Studi Potensi Biogas dari Kotoran Ternak Sapi sebagai Energi Alternatif untuk Penerangan*. Jurnal Ilmiah. Cirebon: Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945.

Priyatno, D. 2013. *Mandiri Belajar Analisis Data dengan SPSS*. Yogyakarta: Mediakom.

Pujiastuti, D. (2012). *Analisis Pola Konsentrasi Metana (CH₄) dan Curah Hujan di Koto Tabang Tahun 2004-2009*. Jurnal Dampak. Padang: Universitas Andalas. Vol. 9. No 2.

Rahman, H. (2016). *Cara Menghitung Ukuran Septictank*. Jurusan Teknik Sipil.

Ramadona, A. Bagastyor, A. Y. Boedsantoso, R. Wiludjeng, S. A. Assomadi, A. F. Slamet, A. dan Hermana, J. (2013). *Kajian Aplikasi Teknologi Penyerapan Gas CO₂ dari Tangki Septik Rumah Tangga sebagai Upaya Pemanfaatan Biogas CH₄ dari Kegiatan Permukiman*. Jurnal Seminar Nasional. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Rahmayanti, G. (2010). *Studi Potensi Pemanfaatan Limbah Cair Organik Rumah Sakit PMI Kota Bogor sebagai Alternatif Energi Terbarukan (Biogas)*. Tugas Akhir Sarjana. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Rawung, F.C. 2015. *Efektivitas Ruang Terbuka Hijau (Rth) Dalam Mereduksi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di Kawasan Perkotaan Boroko*. Media Matrasain. Manado: Universitas Sam Ratulangi. Vol. 12. No. 02.
- Romli, M. (2010). *Teknologi Penanganan Limbah Anaerobik*. Bogor: TML Publikasi.
- Rukaesih, A. (2004). *Kimia Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Samiaji, T. (2009). *Upaya Mengurangi CO₂ di Atmosfer*. Berita Dirgantara, LAPAN. Vol. 10 No 03: 92-95.
- Santi, P.A. (2012). *Analisis Kualitas Udara Stasiun Global Atmosphere Watch (GAW) Bukit Kototabang Kabupaten Agam Sumatera Barat*. Jurnal Ilmiah.
- Santoso, A.A. (2010). *Produksi Biogas Dari Limbah Rumah Makan Melalui Peningkatan Suhu dan Penambahan Urea pada Perombakan Anaerob*. Tugas Akhir Sarjana. Surakarta: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret.
- Sarwono, J. (2006). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif*. Jakarta
- Sekaran, U. (2006). *Metode Penelitian Bisnis*. Jakarta: Salemba Empat.
- Simamora. 2006. *Membuat Biogas Pengganti Bahan Bakar Minyak dan Gas Dari Kotoran Ternak*. Jakarta.
- Siallagan, R. (2010). *Pengaruh Waktu Tinggal dan Komposisi Bahan Baku pada Proses Fermentasi Limbah Cair Industri Tahu terhadap Produksi Biogas*. Tesis. Fakultas Teknik Program Magister Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara. Medan
- Slamet, L. (2014). *Potensi Emisi Metana (CH₄) Ke Atmosfer Akibat Banjir*. Berita Dirgantara, 15(1)
- Soeparman. (2002). *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. Jakarta: EGC.
- Stern. (2006). *Review on The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press.
- Sudarmadji dan Hamdi. (2013). *Tangki Septik dan Peresapannya sebagai Sistem Pembuangan Air Kotor di Permukiman Rumah Tinggal Keluarga*. Jurnal Teknik Sipil. Volume 9, No. 2.

- Sufyandi, A. (2001). *Informasi Teknologi Tepat Guna untuk Pedesaan Biogas*. Bandung.
- Sugiyono, (2011). *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Suyitno, Sujono, A dan Dharmanto, (2010). *Teknologi Biogas Pembuatan, Operasional dan Pemanfaatan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Syailendra, A. (2015). *Studi Potensi Pemanfaatan Limbah Minyak Jelantah dan Sisa Makanan Berminyak dari Sumber Kegiatan Perumahan sebagai Bahan Baku Biodiesel*. Tugas Akhir Sarjana. Jurusan Teknik Lingkungan. Universitas Andalas. Padang
- Trismianto, Samiaji, T dan Hermawan, E. (2008). *Analisis Trend Emisi CO₂, CH₄ N₂O di wilayah Indonesia, Studi Kasus Pemakaian Energi (1990-2000)*. Prosiding Seminar Nasional Polusi Udara Dan Ozon, LAPAN, ISBN 9-793-68892-0, Bandung.
- UNFCCC. (2007). *National Greenhouse Gas Inventory Data For The Period 1990-2005*.
- Usman, H. dan Akbar, R. (2000). *Pengantar Statistika*. Jakarta: Bumi Aksara.
- US-EPA. (2011). *Greenhouse Emissions*, United States Environmental Protection Agency
- _____. (2010). *Methane and Nitrous Oxide Emissions From Natural Sources*. United States Environmental Protection Agency. Washington.
- Wagiman. (2007). *Identifikasi Potensi Produksi Biogas dari Limbah Cair Tahu dengan Reaktor Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)*. Bioteknologi 4 (2), 41-44.
- Wahyuni, S. (2010). *Biogas*, Jakarta: Penebar Swadaya.
- _____. (2013). *Panduan Praktis Biogas*, Jakarta: Penebar Swadaya.
- Wardika dan Wicaksono, A. 2012. *Metode Penelitian Kausal Komparatif*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Waryono, T. (2008). *Upaya Pemberdayaan Masyarakat dalam Pelestarian Hutan sebagai Pencegah Pemanasan Global*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Wati, D.E. (2012). *Studi Pola Penggunaan Tangki Septik dan Emisi Karbondioksida (CO₂) dan Gas Metana (CH₄) Dari Tangki Septik di Surabaya Bagian Selatan*. Jurnal Tugas Akhir Sarjana. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Teknologi Sepuluh Nopember.

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

Zaini, M, Azhari, F dan Halang, B. (2015). *Kualitas Biogas yang Dihasilkan dari Substrat Kotoran Sapi dan Penambahan Starter Buah-Buahan dengan Menggunakan Digester Kubah*. Jurnal Wahana. Vol.16.





LAMPIRAN



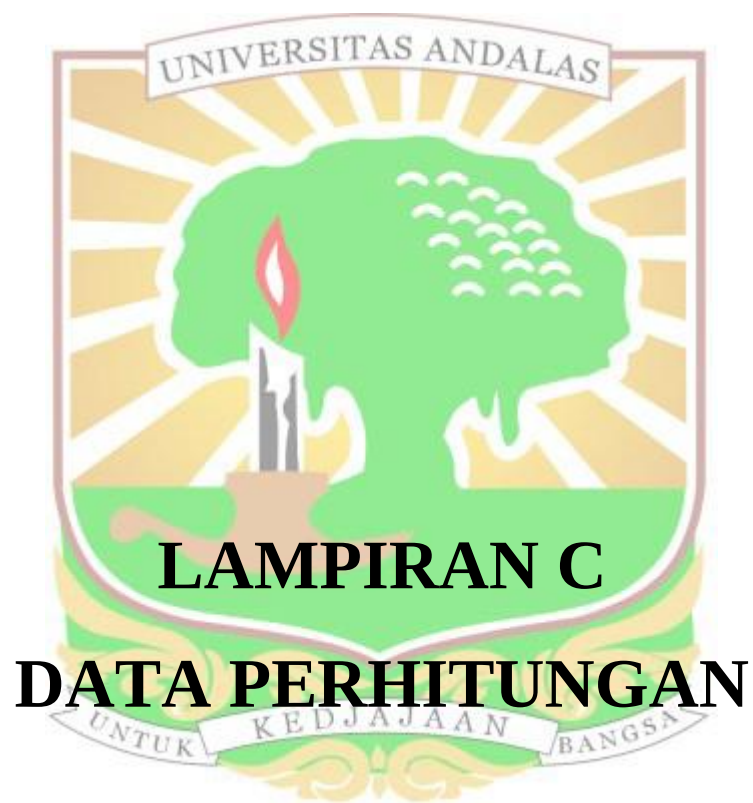
LAMPIRAN A

PERTANYAAN WAWANCARA



LAMPIRAN B

SNI 19-3964-1994





PERTANYAAN WAWANCARA

Nama : _____
Jenis usaha/kegiatan : _____
Jumlah penghuni/karyawan/pengunjung, dan jumlah pengguna jamban : _____

1. “Apakah Bapak/Ibu mempunyai jamban (jamban umum/ jamban pribadi) pada jenis usaha ?”
 - a. Ya, jumlah...
 - b. Tidak
2. “Jika mempunyai jamban, dimana saluran pembuangan akhir kotoran Bapak/Ibu dibuang?”
 - a. Langsung ke selokan, sungai/kolam
 - b. *Septic Tank* (Tangki Septik)
 - c. Kebun
 - d. Tidak mempunyai Jamban
3. “Apakah *Septic Tank* (Tangki Septik) Bapak/Ibu memiliki pipa vent?”
 - a. Ya, Tinggi..... cm
 - b. Tidak
4. Jika Bapak/Ibu mempunyai *Septic Tank* (Tangki Septik), berapa umur tangki septik yang Bapak/Ibu gunakan ?
 - a. ≤ 5 tahun
 - b. ≤ 10 tahun
 - c. ≤ 15 tahun
 - d. > 15 tahun
5. Kapan *Septic Tank* (Tangki Septik), yang Bapak/Ibu gunakan terakhir dikuras ?
 - a. < 1 tahun sekali
 - b. 1-3 tahun sekali
 - c. ≤ 3 tahun
 - d. Belum pernah dikuras
6. Siapa yang menguras Tangki Septik Bapak/Ibu?
 - a. Layanan sedot tinja atau truk sedot tinja
 - b. Membayar tukang
 - c. Sedot sendiri
 - d. Tidak tahu
7. Apakah Bapak/Ibu Tahu kemana lumpur tinja dibuang pada saat tangki septik dikuras?
 - a. Kesungai besar, sungai kecil, selokan/parit, kolam/empang, saluran drainase
 - b. Dikubur di halaman
 - c. Dikubur ditanah orang

- d. Lainnya, sebutkan.....
 - e. Tidak tahu
8. Apakah Bapak/Ibu mengetahui keuntungan menggunakan tangki septik ?
- a. Ya, sebutkan.....
 - b. Tidak
9. Apakah Bapak/Ibu mengetahui tangki septik menghasilkan gas metana (CH_4) dan gas karbondioksida (CO_2) ?
- a. Ya
 - b. Tidak
10. Apakah Bapak/Ibu mengetahui dampak gas metana (CH_4) dan gas karbondioksida (CO_2) tersebut?
- c. Ya, sebutkan.....
 - d. Tidak
11. Apabila gas yang terdapat di dalam tangki septik berpotensi sebagai biogas, apakah Bapak/ Ibu bersedia menggunakannya sebagai salah satu sumber energi alternatif?
- a. Ya, kenapa?.....
 - b. Tidak, kenapa?.....

Keterangan: dalam tanda kutip dua (") pertanyaan studi pendahuluan

*** Terima Kasih Telah Mengikuti Survei Ini ***



SNI

Standar Nasional Indonesia

Metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah perkotaan

DAFTAR ISI

Daftar Isi	Halaman
BAB I	DESKRIPSI
1.1	Maksud dan Tujuan
1.2	Ruang Lingkup
1.3	Pengertian
BAB II	PERSYARATAN-PERSYARATAN
BAB III	KETENTUAN-KETENTUAN
3.1	Pelaksanaan
3.2	Pengambilan Contoh
3.3	Kriteria
3.4	Frekwensi
3.5	Pengukuran dan Perhitungan
3.6	Peralatan dan Perlengkapan
BAB IV	CARA Pengerjaan
4.1	Cara Pengambilan dan Pengukuran Contoh dari Lokasi Perumahan
4.2	Cara Pengerjaan Pengambilan dan Pengukuran Contoh dari Lokasi non-Perumahan
BAB V	LAPORAN PENGAMBILAN CONTOH
5.1.	Catatan Lapangan
5.2.	Formulir Data
LAMPIRAN A	: Lain-lain

BAB I

DESKRIPSI

1.1 Maksud dan Tujuan

1.1.1 Maksud

Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan ini dimaksudkan sebagai pegangan bagi penyelenggara pembangunan dalam melakukan pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah untuk suatu kota.

1.1.2 Tujuan

Tujuan dari metode ini adalah untuk mendapatkan besaran timbulan sampah yang digunakan dalam perencanaan dan pengelolaan sampah.

1.2 Ruang Lingkup

Metode ini berisi pengertian, persyaratan, ketentuan, cara pelaksanaan pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah untuk suatu kota.

1.3 Pengertian

Yang dimaksud dengan:

- 1) contoh timbulan sampah adalah sampah yang diambil dari lokasi pengambilan terpilih, untuk diukur volumenya dan ditimbang beratnya dan diukur komposisinya;
- 2) Komponen komposisi sampah adalah komponen fisik sampah seperti sisa-sisa makanan, kertas-karton, kayu, kain-tekstil, karet-kulit, plastik, logam besi-non besi, kaca dan lain-lain (misalnya tanah, pasir, batu, keramik);

BAB II

PERSYARATAN-PERSYARATAN

Persyaratan pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah meliputi:

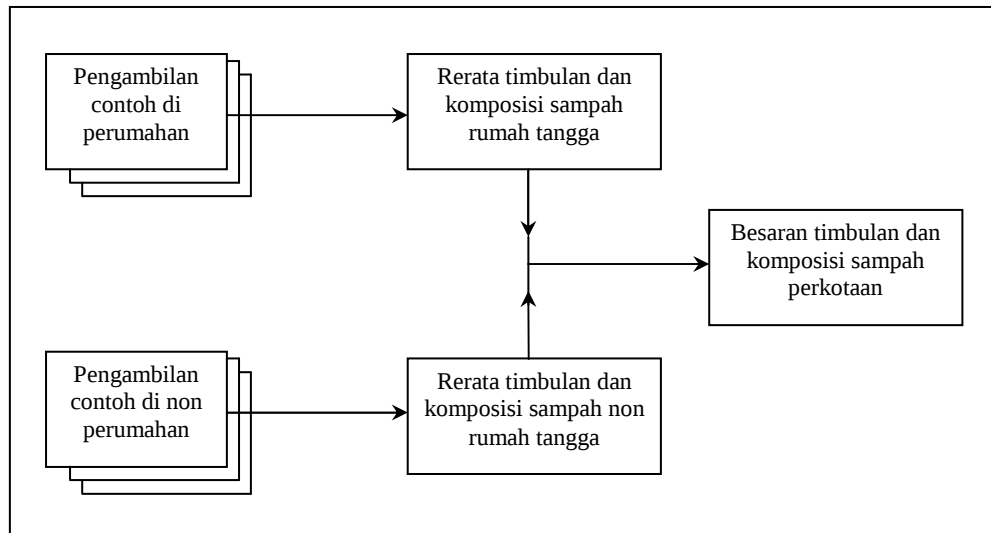
- 1) peraturan-peraturan dan petunjuk di bidang persampahan yang berlaku di daerah;
- 2) lokasi dan waktu pengambilan yang dipilih harus dapat mewakili suatu kota;
- 3) alat pengambil dan pengukur contoh yaitu:
 - (1) terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat contoh (tidak terbuat dari logam);
 - (2) mudah dicuci dari bekas contoh sebelumnya.

BAB III

KETENTUAN-KETENTUAN

3.1 Pelaksanaan

Langkah-langkah pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah dapat dilihat pada Gambar 1.



GAMBAR 1
LANGKAH-LANGKAH PENGAMBILAN DAN PENGUKURAN
CONTOH TIMBULAN SAMPAH

3.2 Pengambilan Contoh

3.2.1 Lokasi

Lokasi pengambilan contoh timbulan sampah dibagi menjadi 2 kelompok utama, yaitu:

- 1) perumahan yang terdiri dari:
 - (1) permanen pendapatan tinggi;
 - (2) semi permanen pendapatan sedang;
 - (3) non permanen pendapatan rendah

2) non perumahan yang terdiri dari:

- (1) toko;
- (2) kantor;
- (3) sekolah;
- (4) pasar;
- (5) jalan;
- (6) hotel;
- (7) restoran, rumah makan;
- (8) fasilitas umum lainnya.

3.2.2 Cara Pengambilan

Pengambilan contoh sampah dilakukan di sumber masing-masing perumahan dan non-perumahan.

3.2.3 Jumlah Contoh

Pelaksanaan pengambilan contoh timbulan sampah dilakukan secara acak strata dengan jumlah sebagai berikut:

- 1) jumlah contoh jiwa dan kepala keluarga (KK) dapat dilihat pada tabel 1 yang dihitung berdasarkan rumus dan 2 di bawah ini.

$$S = C_d \sqrt{P_s} \dots\dots\dots 1)$$

dimana:

- S = Jumlah contoh (jiwa)
C_d = Koefisien perumahan
C_d = Kota besar / metropolitan
C_d = Kota sedang / kecil / IKK
P_s = Populasi (jiwa)

$$K = \frac{S}{N} \dots\dots\dots 2)$$

dimana:

- K = Jumlah contoh (KK)
N = Jumlah jiwa per keluarga = 5

- 2) jumlah contoh timbulan sampah dari perumahan adalah sebagai berikut:

- (1) contoh dari perumahan permanen = (S₁ × K) keluarga
- (2) contoh dari perumahan semi permanen = (S₂ × K) keluarga
- (3) contoh dari perumahan non permanen = (S₃ × K) keluarga

dimana:

- S_1 = Proporsi jumlah KK perumahan permanen dalam (%)
 S_2 = Proporsi jumlah KK perumahan semi permanen dalam (%)
 S_3 = Proporsi jumlah KK perumahan non permanen dalam (%)
 S = Jumlah contoh jiwa
 N = Jumlah jiwa per keluarga
 $K = \frac{S}{N}$ = jumlah KK

TABEL 1
JUMLAH CONTOH JIWA DAN KK

NO.	KLASIFIKASI KOTA	JUMLAH PENDUDUK	JUMLAH CONTOH JIWA (S)	JUMLAH KK (K)
1.	Metropolitan	1.000.000 – 2.500.000	1.000 – 1.500	200 – 300
2.	Besar	500.000 – 1.000.000	700 – 1.000	140 – 200
3.	Sedang, Kecil, IKK	3.000 – 500.000	150 - 350	30 - 70

contoh perhitungan cara penentuan jumlah contoh jiwa dari perumahan dapat dilihat pada Lampiran A.

contoh perhitungan jumlah contoh timbulan sampah yang diambil dari perumahan dapat dilihat pada Lampiran A.

- 3) jumlah contoh timbulan sampah dari non perumahan dapat dilihat pada Tabel 2 yang dihitung berdasarkan rumus di bawah ini.

$$S = C_d \sqrt{T_s} \dots\dots\dots 3)$$

dimana:

- S = Jumlah contoh masing-masing jenis bangunan non perumahan
 C_d = Koefisien bangunan non perumahan = 1
 T_s = Jumlah bangunan non perumahan

3.3 Kriteria

3.3.1 Kriteria Perumahan

Kategori perumahan yang ditentukan berdasarkan:

- 1) keadaan fisik rumah dan atau;
- 2) pendapatan rata-rata kepala keluarga dan atau;
- 3) fasilitas rumah tangga yang ada.

3.3.2 Kriteria Non Perumahan

Kriteria non perumahan berdasarkan:

- 1) fungsi jalan yaitu:
 - (1) jalan arteri sekunder;
 - (2) jalan kolektor sekunder;
 - (3) jalan lokal;
 - (4) untuk kota yang tidak melakukan penyapuan jalan minimal 500 meter panjang jalan arteri sekunder di pusat kota;

- 2) kriteria untuk pasar : berdasarkan fungsi pasar;
- 3) kriteria untuk hotel : berdasarkan jumlah fasilitas yang tersedia;
- 4) kriteria untuk rumah makan dan restoran : berdasarkan jenis kegiatan;
- 5) kriteria untuk fasilitas umum : berdasarkan fungsinya.

TABEL 2
JUMLAH CONTOH TIMBULAN SAMPAH
DARI NON PERUMAHAN

NO.	LOKASI PENGAMBILAN CONTOH	KLASIFIKASI KOTA			1 KK
		KOTA METROPOLITAN (CONTOH)	KOTA BESAR (CONTOH)	KOTA SEDANG & KECIL (CONTOH)	
1.	Toko	3 – 30	10 – 13	5 – 10	3 – 5
2.	Sekolah	13 – 30	10 – 13	5 – 10	3 – 5
3.	Kantor	13 – 30	10 – 13	5 – 10	3 – 5
4.	Pasar	6 – 15	3 – 6	1 – 3	1
5.	Jalan	6 – 15	3 – 6	1 – 3	1

contoh perhitungan jumlah contoh timbulan sampah dari non perumahan dapat dilihat pada Lampiran A.

Jumlah contoh timbulan sampah dari non perumahan untuk yang tidak tercantum pada Tabel 2; yaitu hotel, rumah makan/restoran, fasilitas umum lainnya diambil 10% dari jumlah keseluruhan, sekurang-kurangnya 1.

3.4 Frekwensi

Pengambilan contoh dapat dilakukan dengan frekwensi sebagai berikut:

- 1) pengambilan contoh dilakukan dalam 8 hari berturut-turut pada lokasi yang sama, dan dilaksanakan dalam 2 pertengahan musim tahun pengambilan contoh;
- 2) butir 1 dilakukan paling lama 5 tahun sekali.

3.5 Pengukuran dan Perhitungan

Pengukuran dan perhitungan contoh timbulan sampah harus mengikuti ketentuan sebagai berikut:

- 1) satuan yang digunakan dalam pengukuran timbulan sampah adalah:
 - (1) volume basah (asal) : liter/unit/hari
 - (2) berat basah (asal) : kilogram/unit/hari
- 2) satuan yang digunakan dalam pengukuran komposisi sampah adalah dalam % berat basah/asal;
- 3) jumlah unit masing-masing lokasi pengambilan contoh timbulan sampah (u), yaitu:
 - (1) perumahan : jumlah jiwa dalam keluarga;
 - (2) toko : jumlah petugas atau luas areal;
 - (3) sekolah : jumlah murid dan guru;
 - (4) pasar : luas pasar atau jumlah pedagang;
 - (5) kantor : jumlah pegawai;
 - (6) jalan : panjang jalan dalam meter;
 - (7) hotel : jumlah tempat tidur;
 - (8) restoran : jumlah kursi atau luas areal;
 - (9) fasilitas umum lainnya : luas areal.
- 4) metode pengukuran contoh timbulan sampah, yaitu:

- (1) sampah terkumpul diukur volume dengan wadah pengukur 40 liter dan ditimbang beratnya; dan atau
- (2) sampah terkumpul diukur dalam bak pengukur besar 500 liter dan ditimbang beratnya; kemudian dipisahkan berdasarkan komponen komposisi sampah dan ditimbang beratnya.

contoh perhitungan % berat basah per komponen komposisi sampah dapat dilihat pada Lampiran A.

- 5) perhitungan besaran timbulan sampah perkotaan berdasarkan:
 - (1) rata-rata timbulan sampah perumahan;
 - (2) perbandingan total sampah perumahan dan non perumahan.

contoh perhitungan besaran timbulan sampah perkotaan dapat dilihat pada Lampiran A.

3.6 Peralatan dan Perlengkapan

Peralatan dan perlengkapan yang digunakan terdiri dari:

- 1) alat pengambil contoh berupa kantong plastik dengan volume 40 liter;
- 2) alat pengukur volume contoh berupa kotak berukuran 20 cm x 20 cm x 100 cm, yang dilengkapi dengan skala tinggi;
- 3) timbangan (0 – 5) kg dan (0 – 100) kg;
- 4) alat pengukur, volume contoh berupa bak berukuran (1,0 m x 0,5 m x 1,0 m) yang dilengkapi dengan skala tinggi;
- 5) perlengkapan berupa alat pemindah (seperti sekop) dan sarung tangan.

BAB IV

CARA Pengerjaan

4.1 Cara Pengambilan dan Pengukuran Contoh dari Lokasi Perumahan adalah sebagai berikut:

- 1) tentukan lokasi pengambilan contoh;
- 2) tentukan jumlah tenaga pelaksana;
- 3) siapkan peralatan;
- 4) lakukan pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah sebagai berikut:
 - (1) bagikan kantong plastik yang sudah diberi tanda kepada sumber sampah 1 hari sebelum dikumpulkan;
 - (2) catat jumlah unit masing-masing penghasil sampah;
 - (3) kumpulkan kantong plastik yang sudah terisi sampah;
 - (4) angkut seluruh kantong plastik ke tempat pengukuran;
 - (5) timbang kotak pengukur;
 - (6) tuang secara bergiliran contoh tersebut ke kotak pengukur 40 l;
 - (7) hentak 3 kali kotak contoh dengan mengangkat kotak setinggi 20 cm. Lalu jatuhkan ke tanah;
 - (8) ukur dan catat volume sampah (V_s);
 - (9) timbang dan catat berat sampah (B_s);
 - (10) timbang bak pengukur 500 l;
 - (11) campur seluruh contoh dari setiap lokasi pengambilan dalam bak pengukur 500 l;
 - (12) ukur dan catat berat sampah;
 - (13) timbang dan catat berat sampah;
 - (14) pilah contoh berdasarkan komponen komposisi sampah;
 - (15) timbang dan catat berat sampah;
 - (16) hitunglah komponen komposisi sampah seperti contoh dalam Lampiran A;

Bila akan dibawa ke laboratorium uji (pengujian karakteristik sampah) lakukan sub butir berikut ini:

- (17) ambil dari tiap komponen contoh seberat (lihat contoh perhitungan pada Lampiran A);
- (18) aduk merata contoh-contoh tersebut dan dimasukkan dalam kantong plastik ditutup rapat dan diangkut ke laboratorium.

4.2 Cara Pengerjaan Pengambilan dan Pengukuran Contoh dari Lokasi non Perumahan

4.2.1 Lokasi Toko, Sekolah dan Kantor

Cara pengerjaan pengambilan dan pengukuran contoh adalah sebagai berikut:

- 1) tentukan lokasi pengambilan contoh;
- 2) tentukan jumlah tenaga pelaksana;
- 3) siapkan peralatan;
- 4) laksanakan pengambilan dan pengukuran contoh timbulan sampah sebagai berikut:
 - (1) bagikan kantong plastik yang sudah diberi tanda kepada sumber sampah 1 hari sebelum dikumpulkan;
 - (2) catat jumlah unit masing-masing penghasil sampah;
 - (3) kumpulkan kantong plastik yang sudah terisi sampah;
 - (4) angkut seluruh kantong plastik ke tempat pengukuran;
 - (5) timbang kotak pengukur;
 - (6) tuang secara bergiliran contoh tersebut ke kotak pengukur 40 l;
 - (7) hentak 3 kali kotak contoh dengan mengangkat kotak setinggi 20 cm. Lalu jatuhkan ke tanah;
 - (8) ukur dan catat volume sampah (V_s);
 - (9) timbang dan catat berat sampah (B_s);
 - (10) timbang bak pengukur 500 l;
 - (11) campur seluruh contoh dari setiap lokasi pengambilan dalam bak pengukur 500 l;

- (12) ukur dan catat berat sampah;
- (13) timbang dan catat berat sampah;
- (14) pilah contoh berdasarkan komponen komposisi sampah;
- (15) timbang dan catat berat sampah;
- (16) hitunglah komponen komposisi sampah seperti contoh dalam Lampiran A;

Bila akan dibawa ke laboratorium uji (pengujian karakteristik sampah) lakukan sub butir berikut ini:

- (17) ambil dari tiap komponen contoh seberat (lihat contoh perhitungan pada Lampiran A);
- (18) aduk merata contoh-contoh tersebut dan dimasukkan dalam kantong plastik ditutup rapat dan diangkut ke laboratorium.

4.2.2 Lokasi Pasar, Jalan, Hotel, Restoran dan Fasilitas Umum Lainnya

Cara pengerjaan pengambilan dan pengukuran contoh adalah sebagai berikut:

- 1) tentukan lokasi pengambilan contoh;
- 2) tentukan jumlah tenaga pelaksana;
- 3) siapkan peralatan;
- 4) laksanakan pengambilan dan pengukuran contoh timbulan sampah sebagai berikut:
 - (1) catat jumlah unit masing-masing penghasil sampah;
 - (2) timbang bak pengukur (500 liter);
 - (3) ambil sampah dari tempat pengumpulan sampah dan masukkan ke masing-masing bak pengukur 500 liter;
 - (4) hentak 3 kali bak contoh dengan mengangkat bak setinggi 20 cm, lalu jatuhkan ke tanah;
 - (5) ukur dan catat volume sampah (V_s);
 - (6) timbang dan catat berat sampah (B_s);
 - (7) pilah contoh berdasarkan komponen komposisi sampah;
 - (8) timbang dan catat berat sampah;

Bila akan dibawa ke laboratorium uji (pengujian karakteristik sampah) lakukan sub butir berikut ini:

- (9) ambil dari tiap komponen contoh seberat (lihat contoh perhitungan pada Lampiran A);
- (10) aduk merata contoh-contoh tersebut dan dimasukkan dalam kantong plastik ditutup rapat dan diangkut ke laboratorium.

BAB V

LAPORAN PENGAMBILAN CONTOH

5.1 Catatan Lapangan

Hasil pemeriksaan dilaporkan dalam catatan lapangan (lihat Lampiran) dengan mencantumkan isi sebagai berikut:

- 1) umum berisi nama daerah, nama lokasi, kriteria lokasi, tanggal dan waktu, keadaan cuaca dan nama pelaksana;
- 2) hasil pemeriksaan.

5.2 Formulir Data

Data dari catatan lapangan dipindahkan ke formulir data.

LAIN-LAIN

Laporan pengambilan dan pengukuran contoh

Daerah	: Kelurahan Turangga	Tanggal : 3-7-1989
Lokasi	: Perumahan	pengambilan
Kriteria		
Lokasi	: Rumah permanen 25%	Pelaksana : NBS

$$\begin{array}{ll} \text{- jumlah contoh jiwa} & : 1.000 \text{ jiwa} \\ \text{- jumlah KK} & : \frac{1.000}{6} \\ \text{- jumlah contoh} & : \frac{25}{100} \times \frac{1.000}{6} = 42 \text{ rumah} \end{array}$$

$$= \frac{\left(\frac{V_{s1}}{u} + \frac{V_{s2}}{u} + \dots + \frac{V_{s42}}{u} \right)}{42} \text{ kg / jiwa / hr}$$

$$= \frac{\left(\frac{B_{s1}}{u} + \frac{B_{s2}}{u} + \dots + \frac{B_{s42}}{u} \right)}{42} \text{ kg / jiwa / hr}$$

$$= \frac{B_{organik1} + B_{organik2} + + B_{organik42}}{BBS} \times 100\%$$

$$= \frac{B_{kr1} + B_{kr2} + \dots + B_{kr42}}{BBS} \times 100\%$$

* kayu (K_v) = s.d.a

* kain/tekstil (K_p) = s.d.a

* karet, kulit (K_r) = s.d.a

* plastik (K_r) = s.d.a

$$* \log_{10} (K_r) = \text{s.d.a}$$

* gelas/kaca (K_r) = s.d.a

* dan lain-lain = s.d.a

- Berat sampah yang dikirim ke laboratorium = 2,0 kg

2) Contoh perhitungan jumlah jiwa

- jumlah contoh jiwa yang dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$S = C_d \sqrt{P_s}$$

dimana:

P_s < 1 juta jiwa

S = Jumlah contoh (jiwa)

P_s = Populasi (jiwa)

C_d = Koefisien perumahan

C_d Kota metropolitan dan besar = 1

C_d Kota sedang dan kecil = 0,5

Misal : Kota besar dengan jumlah penduduk = 1.000.000

Maka jumlah contoh jiwa (S) = $1\sqrt{1.000.000} = 100$

3) Contoh perhitungan jumlah contoh timbulan sampah yang diambil dari perumahan.

Misal :

- jumlah contoh jiwa (S) = 1.000
- jumlah jiwa per KK (n) = 5
- proporsi jumlah KK rumah permanen/pendapatan tinggi (S_1) = 25%
- proporsi jumlah KK rumah semi permanen/pendapatan sedang (S_2) = 30%
- proporsi jumlah KK rumah non permanen/pendapatan rendah (S_3) = 45%

Maka :

- jumlah keluarga yang disampling (K) = $\frac{S}{n} = \frac{1.000}{5} = 200$

- jumlah contoh timbulan sampah dari perumahan:

1) permanen = $S_1 \times K = 25\% \times 200 = 50$ rumah

2) semi permanen = $S_2 \times K = 30\% \times 200 = 60$ rumah

3) non permanen = $S_3 \times K = 45\% \times 200 = 90$ rumah

- 4) Contoh cara perhitungan jumlah contoh timbunan sampah dari non perumahan.

Jumlah contoh toko dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

dimana:

$$T = C_d \sqrt{TS}$$

T = Jumlah contoh toko

C_d = 1

TS = jumlah toko per 6.000 penduduk

Misal untuk kota besar dengan jumlah penduduk = 500.000 maka jumlah contoh toko yang diambil =

$$\sqrt{\frac{500.000}{6.000}} = 9,2$$

diambil 10 contoh

- 5) Contoh perhitungan volume dan berat sampah dari lokasi pengambilan yaitu:

- volume sampah yang diukur (V_s) = 10 liter
- berat sampah yang diukur (B_s) = 1,5 kg
- jumlah unit penghasil sampah (u) = 5 jiwa

Jadi:

$$\text{- volume contoh timbunan sampah} = \frac{V_s}{u} = \frac{10}{5} = 2 \text{ liter/jiwa}$$

$$\text{- berat contoh timbunan sampah} = \frac{B_s}{u} = \frac{1,5}{5} = 0,5 \text{ kg/jiwa}$$

- 6) Contoh cara perhitungan % berat basah komposisi sampah yaitu:

- berat sampah yang diukur dalam bak 500 liter (BBS) = 100 kg
- berat per komponen komposisi sampah untuk sisa makanan + daun (organik) = 70%

$$\text{Jadi \% berat contoh sampah sisa makanan dan daun-daunan} = \frac{70}{100} \times 100\% = 70\%$$

- 7) Contoh cara perhitungan besaran timbunan sampah perkotaan yaitu:

- rerata volume sampah yang diukur untuk rumah permanen = 2,25 ltr/or/hr
- rerata volume sampah yang diukur untuk rumah semi permanen = 2,00 ltr/or/hr
- rerata volume sampah yang diukur untuk rumah non permanen = 1,75 ltr/or/hr
- perbandingan % total sampah perumahan dan non perumahan = 75 % dan 25 %

$$\begin{aligned} \text{Jadi besaran timbunan sampah perkotaan} &= \frac{100}{75} \times \frac{(2,25 + 2,00 + 1,75)}{3} \text{ ltr/or/hr} \\ &= 2,75 \text{ ltr/or/hr} \end{aligned}$$

- 8) Contoh perhitungan berat sampah per komponen yang diambil untuk dikirim ke laboratorium, yaitu:

Hasil penimbangan:

$$1. \text{ Sisa-sisa makanan + daun-daunan (organik)} = 70 \text{ kg}$$

2. Kertas (Kr)	=	6 kg
3. Kayu (Ky)	=	2 kg
4. Kain/tekstil (Kn)	=	1 kg
5. Karet/kulit (Kt)	=	1 kg
6. Plastik (Pl)	=	10 kg
7. Logam (Ln)	=	2 kg
8. Gelas/kaca (Kc)	=	3 kg
9. Dan lain-lain	=	5 kg
Jumlah	=	100 kg

Jadi berat sampah untuk sisa-sisa makanan dan daun-daunan (Or) yang dikirim ke laboratorium dihitung dengan rumus:

$$Or = \frac{(Organik) \times 2}{(Organik) + (Kr) + (Ky) + (Kn) + (Kt) + (Pl)}$$

Selanjutnya sama dengan komponen sampah yang lainnya.

Jadi:

$$Organik = \frac{70}{90} \times 2 \text{ kg} = 1,56 \text{ kg}$$

$$Kr = \frac{6}{90} \times 2 \text{ kg} = 0,13 \text{ kg}$$

$$Ky = \frac{2}{90} \times 2 \text{ kg} = 0,04 \text{ kg}$$

$$Kn = \frac{1}{90} \times 2 \text{ kg} = 0,02 \text{ kg}$$

$$Kt = \frac{1}{90} \times 2 \text{ kg} = 0,02 \text{ kg}$$

$$Pl = \frac{10}{90} \times 2 \text{ kg} = 0,23 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah} = 2,00 \text{ kg}$$

LAMPIRAN D

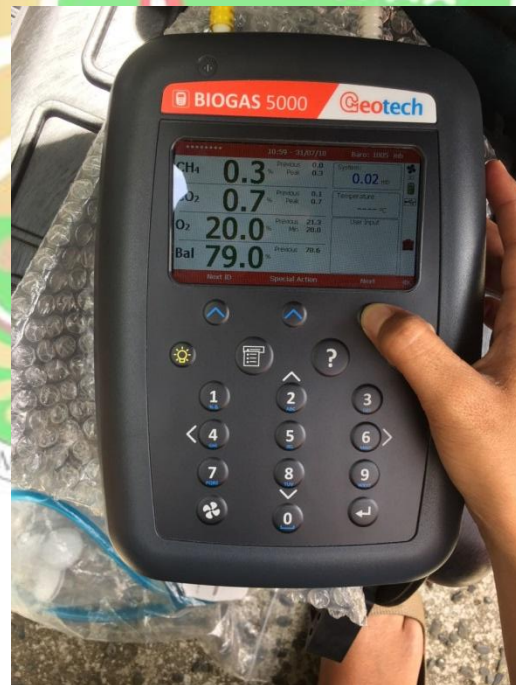


Lokasi Sampling Kegiatan Non Perumahan di Kelurahan Cupak Tangah





Contoh Pengambilan Sampel di Titik Sampling



Biogas 5000™ Analyzer