

TUGAS AKHIR

**POTENSI DAN PREDIKSI EMISI GAS METANA (CH₄) DI TPA TONDONG
KABUPATEN SINJAI**



MUHAMMAD ZULKIFLI

D121 15 310

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2020



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
JL. POROS MALINO. KM.6 BONTOMARANNU KAB. GOWA

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Judul : **Potensi dan Prediksi Emisi Gas Metana (CH₄) di TPA Tondong Kabupaten Sinjai.**

Disusun Oleh :

Nama : **Muhammad Zulkifli**

D121 15 310

Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 14 Juli 2020

Pembimbing I

Dr. Eng. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T.
NIP 19721119 200121001

Pembimbing II

Dr. Eng. Asiyanthi T. Lando, S.T., M.T.
NIP. 198001202002122002

Menyetujui,
Ketua Departemen Teknik Lingkungan



Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T.
NIP. 197204242000122001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas berkat rahmat, karunia serta izinnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **"Potensi dan Prediksi Emisi Gas Metana (CH₄) di TPA Tondong Kabupaten Sinjai"**. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Salawat dan taslim senantiasa tercurah kepada Nabiullah Muhammad SAW bersama keluarga serta para sahabat beliau yang merupakan sumber ilmu pengetahuan dan hikmah.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa selesainya tugas akhir ini berkat bantuan dari berbagai pihak, utamanya dosen pembimbing :

Pembimbing I : Dr.Eng. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T

Pembimbing II : Dr.Eng. Asiyanthi T.Lando S.T., M.T

Atas keikhlasannya meluangkan waktu, memberikan petunjuk, saran, tenaga dan pemikirannya sejak awal perencanaan penelitian hingga selesainya penyusunan tugas akhir ini.

Dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Ibunda tercinta Nurhayati, S.Pd., dan Ayahanda tercinta (Alm) Drs. Kubung yang tiada henti-hentinya memberikan perhatian, kasih sayang, dorongan, motivasi dan iringan do'a yang tulus serta memberikan bantuan moril maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan di bangku kuliah. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya atas mereka.
2. Ibu Dr.Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin.
3. Seluruh dosen, staf dan karyawan Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Ibu Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, M.T., selaku Kepala Laboratorium Hidrolika Jurusan Sipil Universitas Hasanuddin.

5. Staf Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Kabupaten Sinjai, yang sangat membantu dalam mendampingi dan memberikan data.
6. Kanda Anshari Caronge, S.T., M.T., yang telah membimbing dalam penelitian dan banyak membimbing untuk persiapan kehidupan pasca kampus.
7. Sahabat yang senantiasa membantu dan mengajarkan banyak hal Ira Magfirah Abbas.
8. Harbi, Luthfi, Nini, dan Irma yang telah membantu dalam pengurusan berkas penelitian dan pengambilan data di lokasi penelitian.
9. Seluruh senior yang telah memberikan pelajaran yang tak didapatkan di bangku perkuliahan dan junior yang telah menjadikan kami lebih dewasa dalam mengambil sikap.
10. Seluruh pengurus OKFT-UH khususnya HMTL FT-UH tempat kami mengembangkan karakter.
11. Rekan-rekan pengurus BE HMTL FT-UH Periode 2018/2019 khususnya Desi, Tata, Dede, Dzikri, Shiddiq, Aslam, Raihan, Hasmila, Rizqah, dan Nia
12. Rekan-rekan asisten sejurusan sipil khususnya Laboratorium Hidrolika yang memberikan banyak pemahaman dan pengalaman di lapangan
13. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam proses penyusunan tugas akhir ini.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan bapak, ibu dan teman - teman dengan berlipat ganda. Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kepada para pembaca kiranya dapat memberikan sumbangan pemikiran demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata, penulis berharap semoga tugas akhir yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan semua pihak yang memerlukannya.

Gowa, Maret 2020

Penulis

POTENSI DAN PREDIKSI EMISI GAS METANA (CH₄) DI TPA TONDONG KABUPATEN SINJAI

Muhammad Zulkifli⁽¹⁾, Irwan Ridwan Rahim⁽²⁾, Asiyanthi T. Lando⁽³⁾
Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino KM. 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411) 586015 Fax (0411) 586015
Email: muhzulkifli317@gmail.com

ABSTRAK

Gas metana (CH₄) merupakan salah satu gas rumah kaca penyebab perubahan iklim, yang dihasilkan oleh timbunan sampah. Emisi CH₄ dari sampah merupakan hasil dekomposisi anaerobik dari bahan organik dalam sampah. Timbunan sampah yang semakin tinggi di TPA tanpa pengolahan lebih lanjut dapat menimbulkan emisi CH₄ yang semakin besar. 1 kg CH₄ setara dengan 1,703 kWh sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi pengelolaan sampah Kabupaten Sinjai, memprediksi emisi CH₄ di TPA Tondong Kabupaten Sinjai dengan menggunakan rumus IPCC, dan mengonversi emisi CH₄ di TPA Tondong Kabupaten Sinjai menjadi energi listrik. Perhitungan emisi CH₄ menggunakan acuan rumus IPCC *Waste Model Calculation* tahun 2006 dengan *Tier-2*. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi pengelolaan persampahan di Kabupaten Sinjai pada tahun 2019 sebesar 35,43% - 63,10%. Nilai potensi emisi CH₄ di TPA Tondong Kabupaten Sinjai tahun 2019 adalah 326,97 ton/tahun dan prediksi tahun 2029 adalah 370,71 ton/tahun. Potensi energi listrik yang dapat dihasilkan dari emisi CH₄ di TPA Tondong Kabupaten Sinjai adalah 5.567.511,2 kWh/tahun dan prediksi tahun 2029 adalah 6.312.602,5 kWh/tahun. Upaya mitigasi yang dapat direkomendasikan adalah memperluas daerah pelayanan pengelolaan persampahan di TPA Tondong Kabupaten Sinjai, penerapan sistem *sanitary landfill*, dan memaksimalkan pemanfaatan CH₄ di TPA Tondong Kabupaten Sinjai untuk dijadikan sumber energi alternatif dan menghindari ledakan karena gas metana yang tidak dikelola sehingga menimbulkan kebakaran.

Kata kunci: Sampah, CH₄, TPA Tondong, Energi Listrik

POTENTIAL AND PREDICTION OF METHANE GAS EMISSION (CH₄) IN TONDONG LANDFILL, SINJAI DISTRICT

Muhammad Zulkifli⁽¹⁾, Irwan Ridwan Rahim⁽²⁾, Asiyanthi T. Lando⁽³⁾

Environmental Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Hasanuddin

Jl. Poros Malino KM. 6, Bontomarannu (92172) Gowa, South Sulawesi

Telp. (0411)58660115 Fax (0411)5866015

Email: muhzulkifli317@gmail.com

ABSTRACT

Methane gas (CH₄) is one of the greenhouse gases that causes climate change, which is generated by landfill waste. CH₄ emissions from waste are the result of anaerobic decomposition of organic material in waste. The higher midden in landfill without further processing may lead to greater CH₄ emissions. 1 kg of CH₄ is equivalent to 1,703 kWh so it can be used as an environmentally friendly alternative fuel. The purpose of this study was to determine the efficiency of waste management in Sinjai District, predict CH₄ emissions in Tondong Landfill in Sinjai District by using the IPCC formula, and convert CH₄ emissions in Tondong Landfill in Sinjai District into electrical energy. CH₄ emission calculations using the 2006 IPCC Waste Model Calculation formula with Tier-2. The results showed the efficiency of waste management in Sinjai Regency in 2019 amounted to 35.43% - 63.10%. The potential value of CH₄ emissions in Tondong Landfill in 2019 is 326.97 tons/year and the prediction in 2029 is 370.71 tons/year. The potential of electrical energy that can be generated from CH₄ emission in Tondong Landfill is 5,567,511.2 kWh/year and the prediction for 2029 is 6,312,602.5 kWh/year. Mitigation efforts that can be recommended are expanding the waste management service area in the Tondong Landfill, implementing the sanitary landfill system, and maximizing the use of CH₄ Tondong Landfill to be used as an alternative energy source and avoiding explosions due to unmanaged methane gas causing fires.

Keywords: Waste, CH₄, Tondong Landfill, Electrical Energy

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
E. Batasan Masalah	4
F. Metode Penelitian	5
G. Sistematika Penulisan	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Sampah	7
B. Timbulan Sampah	7
C. Sumber Timbulan Sampah	9
D. Komposisi dan Karakteristik Timbulan Sampah	10
E. Pengukuran Timbulan Sampah	14
1. Proyeksi Jumlah Penduduk	14
2. Survei Pengambilan Contoh Sampah di Sumber Sampah	16
3. Penentuan Densitas Sampah	16
F. Pengelolaan dan Pengolahan Sampah	17
G. Gas Rumah Kaca dan Pemanasan Global	22
H. Proses Pembentukan Gas di TPA	23
I. Perhitungan Emisi Metana (CH ₄) dengan Metode IPCC 2006	27
J. Potensi Energi Listrik dari Emisi Metana (CH ₄)	28

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian	31
B. Waktu dan Lokasi Penelitian	31
C. Tahap Penelitian	32
D. Alat dan Bahan	34
E. Teknik Pengambilan Data	35
1. Data Primer	35
2. Data Sekunder	36

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum TPA Tondong	37
B. Proyeksi Penduduk Daerah Cakupan Pelayanan TPA Tondong	40
C. Efisiensi Pengelolaan Persampahan Kabupaten Sinjai	42
D. Estimasi Emisi Metana (CH ₄) di TPA Tondong	50
E. Konversi Emisi Metana (CH ₄) Menjadi Energi Listrik	56

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	59
B. Saran	60

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Besaran Timbulan Sampah Berdasarkan Komponen Sumber Sampah	8
2. Besaran Timbulan Sampah Berdasarkan Klasifikasi Kota	8
3. Komposisi Sampah Domestik	11
4. Komponen Gas yang Terdapat pada TPA	25
5. Konversi Energi Gas Metan Menjadi Energi Listrik	29
6. Kecamatan di Kabuapten Sinjai	39
7. Jumlah Armada Persampahan Dinas Kebersihan Kabupaten Sinjai	40
8. Jumlah Penduduk Daerah Cakupan TPA Tondong Tahun 2014-2018	40
9. Proyeksi Jumlah Penduduk Cakupan TPA Tondong Tahun 2019-2028	41
10. Hasil Penimbangan Harian Sampah di TPA Tondong Tahun 2019	43
11. Timbulan Sampah di TPA Tondong Tahun 2019	46
12. Proyeksi Jumlah Timbulan Sampah Berdasarkan Jumlah Penduduk	47
13. Efisiensi Pengelolaan Persampahan di Kabupaten Sinjai	49
14. Komposisi Sampah di TPA Tondong	50
15. Berat Komposisi Sampah TPA Tondong Tahun 2019	51
16. Nilai <i>Default</i> DOC	52
17. Data <i>Default</i> IPCC	52
18. Potensi Emisi CH ₄ di TPA Tondong Tahun 2019	54
19. Prediksi Emisi CH ₄ di TPA Tondong Tahun 2020-2029	55
20. Prediksi Potensi Energi Listrik dari Emisi CH ₄ di TPA Tondong	57

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Skema Teknis Operasional Pengelolaan Sampah	18
2. Peta Lokasi Penelitian	32
3. Bagan Alir Penelitian	33
4. Alat yang Digunakan Dalam Mengukur Komposisi Sampah	34
5. TPA Tondong Zona B (aktif)	37
6. Bak Penampungan, Sumur, dan Kolam Lindi	38
7. Pipa Penangkap Gas Metana	38
8. Prediksi Jumlah Penduduk Cakupan TPA Tondong	42
9. Penimbangan Harian Timbulan Sampah TPA Tondong Tahun 2019	45
10. Timbulan Sampah TPA Tondong Tahun 2019	46
11. Proyeksi Jumlah Timbulan Sampah Berdasarkan Jumlah Penduduk	48
12. Efisiensi Pengelolaan Persampahan di Kabupaten Sinjai	49
13. Komposisi Sampah di TPA Tondong	50
14. Potensi Emisi CH ₄ di TPA Tondong Tahun 2019	54
15. Prediksi Emisi CH ₄ di TPA Tondong Tahun 2020-2029	55
16. Prediksi Potensi Energi Listrik dari Emisi CH ₄ di TPA Tondong	57

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sejalan dengan makin berkembangnya suatu wilayah disertai dengan meningkatnya jumlah penduduk, maka aspek persampahan menjadi suatu hal yang perlu ditangani secara serius dan terarah. Banyak wilayah di Indonesia, termasuk di Kabupaten Sinjai Provinsi Sulawesi Selatan, mengalami masalah dengan pengelolaan sampahnya, baik itu dari segi teknis operasional, pembiayaan, aspek institusi, aspek peraturan/legal maupun rendahnya partisipasi masyarakat.

Sampah menjadi masalah yang cukup besar, baik dari segi jumlah maupun dari jenisnya. Potensi produksi gas rumah kaca berkaitan dengan timbunan sampah serta komposisi sampah, khususnya fraksi organik. Salah satu gas rumah kaca penyebab perubahan iklim adalah gas metana (CH_4), yang dihasilkan oleh timbunan sampah. Emisi CH_4 dari sampah merupakan hasil dekomposisi anaerobik dari materi organik dalam sampah. Timbunan sampah yang semakin tinggi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) tanpa pengolahan lebih lanjut dapat menimbulkan emisi CH_4 yang semakin besar.

Berdasarkan laporan *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* tahun 2006, sektor limbah (*waste sector*) turut menyumbang gas rumah kaca (GRK) ke atmosfer dimana khusus dari TPA berkontribusi sebesar 3–4% dari emisi GRK global. Meskipun terdapat banyak jenis GRK dari sektor persampahan, namun yang dianggap dominan dan harus ada dalam setiap laporan *National Greenhouse Gas Inventory* adalah CO_2 , CH_4 dan N_2O (Eggleston, 2006).

Gas metana yang berasal dari sampah di TPA merupakan gas yang dihasilkan oleh limbah padat yang dibuang. Sampah ditimbun dan ditekan secara mekanik dengan tekanan dari lapisan di atasnya. Karena kondisinya menjadi anaerob, bahan organik tersebut terurai dan menghasilkan gas metana. Gas ini

semakin berkumpul untuk kemudian perlahan-lahan terlepas ke atmosfer. Hal ini menjadi berbahaya karena dapat menyebabkan ledakan, pemanasan global melalui metana yang merupakan gas rumah kaca, dan material organik yang terlepas dapat menyebabkan *photochemical smog*. Gas dengan kandungan CH₄ tinggi berpotensi meledak (bersifat *explosive*) dan dapat menyebabkan kebakaran di TPA. Potensi pemanasan global oleh CH₄ juga 28 kali lebih berat bila dibandingkan gas CO₂. (BPSDM, 2018).

Hasil penelitian di TPA Batu Layang Pontianak menunjukkan timbulan sampah Kota Pontianak pada tahun 2015 adalah 0,52 kg/org/hari dengan komposisi sampah yang didominasi oleh sampah organik dengan persentase 81,4% dan sampah anorganik 18,6%. Nilai potensi emisi CH₄ di TPA Batu Layang Kota Pontianak Tahun 2015 adalah 4.298,95 ton/tahun (Khatulistiwa, 2016). Sedangkan hasil penelitian di TPA Tamangapa Makassar menunjukkan timbulan sampah kota Makassar pada tahun 2016 adalah 0,449 kg/org/hari dengan komposisi sampah yang didominasi oleh sampah organik. Nilai potensi emisi CH₄ di TPA Tamangapa kota Makassar Tahun 2016 adalah 2.240 ton/tahun (Sari, 2017).

Energi biogas sangat potensial untuk dikembangkan karena produksi biogas dari aktifitas domestik maupun non domestik kurang diperhatikan sebagai energi terbarukan terkhusus di Indonesia. Disamping itu, kenaikan tarif listrik, kenaikan bahan bakar LPG (*Liquefied Petroleum Gas*), premium, minyak tanah, minyak solar, minyak diesel dan minyak bakar telah mendorong pengembangan sumber energi alternatif yang murah, berkelanjutan, dan ramah lingkungan (Basri, 2017).

Nilai kalori dari 1 meter kubik gas metana (CH₄) yang dihasilkan di *landfill* sekitar 6.000 watt/jam yang setara dengan setengah liter minyak diesel. Oleh karena itu, gas metana (CH₄) sangat cocok digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan pengganti minyak tanah, LPG, butan, batu bara, maupun bahan-bahan lain yang berasal dari fosil (Garini, 2012).

Kabupaten Sinjai merupakan salah satu kabupaten di bagian timur Provinsi Sulawesi Selatan yang berjarak sekitar ±220 km dari Kota Makassar. Kabupaten

Sinjai telah memiliki perencanaan dalam pengelolaan sampah dengan program Percepatan Pembangunan Sanitasi Permukiman untuk pencapaian target pengelolaan persampahan beberapa tahun ke depan. Selain itu, Kabupaten Sinjai juga memiliki Tempat Pembuangan Akhir yang terletak di Kecamatan Sinjai Timur yaitu TPA Tondong. TPA Tondong telah menerapkan sistem *sanitary landfill*, tetapi dalam pengoperasiannya masih terdapat banyak kekurangan yang harus diperbaiki seperti tidak berfungsinya penangkap dan pengolahan CH₄. Dalam tahun 2019 setidaknya telah terjadi dua kali kebakaran yang diduga diakibatkan oleh banyaknya kandungan CH₄ yang terbang ke atmosfer.

Berdasarkan gambaran diatas, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kandungan dan potensi CH₄ dari timbulan sampah TPA Tondong Kabupaten Sinjai, sehingga dapat diketahui seberapa besar potensi energi alternatif yang dapat dihasilkan. Oleh karena itu, peneliti melakukan penelitian dengan judul **” Potensi dan Prediksi Emisi Gas Metana (CH₄) di TPA Tondong Kabupaten Sinjai”**.

B. Rumusan Masalah

Adapun yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa efisiensi pengelolaan persampahan di Kabupaten Sinjai ?
2. Berapa prediksi emisi gas metana (CH₄) di TPA Tondong Kabupaten Sinjai 10 tahun kedepan ?
3. Berapa konversi energi listrik yang dapat dihasilkan dari potensi gas metana (CH₄) di TPA Tondong Kabupaten Sinjai ?

C. Tujuan Penelitian

Adapun yang mejadi tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Menghitung efisiensi pengolahan persampahan yang dilakukan oleh pemerintah Kabupaten Sinjai.
2. Menghitung prediksi emisi gas metana (CH₄) di TPA Tondong Kabupaten Sinjai 10 tahun kedepan berdasarkan metode IPCC 2006.
3. Menghitung konversi energi listrik yang dapat dihasilkan dari potensi gas metana (CH₄) di TPA Tondong Kabupaten Sinjai.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah dengan diketahuinya kuantitas dari emisi CH₄ di TPA Tondong dapat dijadikan sebagai bahan masukan dan pertimbangan bagi pemerintah Kabupaten Sinjai dalam proses perencanaan pengendalian dan pengurangan jumlah timbulan sampah, guna mengurangi efek CH₄ , pemanasan global dan perubahan iklim untuk 10 tahun kedepan. Selain itu, dapat diketahui potensi energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan rumah tangga.

E. Batasan Masalah

Dalam memberikan penjelasan dari permasalahan guna memudahkan dalam menganalisis, maka terdapat pembatasan masalah yang diberikan pada penulisan tugas akhir ini, antara lain:

1. Penelitian dilakukan di TPA Tondong Kabupaten Sinjai pada cuaca kering tanpa hujan.
2. Penelitian yang dilakukan adalah mengukur komposisi sampah TPA Tondong sebanyak delapan hari berturut-turut sesuai SNI 19-3964-1994.

3. Sampel yang diukur adalah sampah yang baru masuk ke TPA Tondong Kabupaten Sinjai.
4. Metode perhitungan emisi metana (CH₄) yang digunakan adalah IPCC *Waste Model Calculation 2006 Tier-2*.
5. Efisiensi pengolahan persampahan yang dimaksud adalah persentase keberhasilan reduksi sampah.

F. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah :

1. Studi literatur/deskriptif yaitu mempelajari berbagai referensi dari berbagai sumber baik buku, jurnal, Tugas Akhir maupun internet sebagai penunjang dalam menyelesaikan pembahasan masalah.
2. Metode kuantitatif merupakan salah satu jenis penelitian yang lebih sistematis, spesifik, terstruktur dan juga terencana dengan baik dari awal hingga mendapatkan sebuah kesimpulan. Penelitian kuantitatif lebih menekankan pada penggunaan angka-angka yang membuatnya menjadi lebih mendetail dan lebih jelas. Selain itu penggunaan tabel, grafik, dan juga diagram sangat memudahkan untuk dibaca.

G. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini terdiri atas latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini terdiri dari kajian pustaka dari penelitian dan dasar teori yang diambil dari buku serta jurnal yang digunakan sebagai pedoman dalam penelitian ini.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini menjelaskan tentang urutan pengerjaan yang dilakukan dalam penelitian yang berupa beberapa survei dan investigasi langsung di lapangan.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil dan pembahasan dari penelitian yang terdiri dari gambaran umum penelitian, data jumlah penduduk, data jumlah timbulan sampah, hasil perhitungan emisi CH₄, dan hasil konversi emisi CH₄ menjadi energi listrik.

BAB V : PENUTUP

Bab ini terdiri dari kesimpulan yang berisi tentang gambaran akhir dari pembahasan dan penyelesaian masalah yang diangkat sedangkan saran dibuat berdasarkan dari pengalaman penulis untuk ditujukan kepada pembaca atau mahasiswa yang ingin mengembangkan penelitian ini dan untuk pengembangan lokasi dimasa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang buku-buku dan jurnal serta sumber-sumber lain yang dijadikan referensi dalam penelitian dan penulisan tugas akhir ini.

LAMPIRAN

Berisi tentang lampiran-lampiran yang berhubungan dengan penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sampah

Sampah adalah sebagian dari sesuatu yang tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang harus dibuang yang umumnya berasal dari kegiatan yang dilakukan manusia (termasuk kegiatan industri) tetapi bukan biologis karena kotoran manusia (*human waste*) tidak termasuk kedalamnya. Limbah padat mengacu pada bahan yang dibuang bukan cair ataupun gas, bahan yang tidak diinginkan semacam ini merupakan suatu bagian dari lingkungan manusia sejak munculnya peradaban (Azwar, 1990 dalam Sodhi, 2010). Menurut definisi *World Health Organization* (WHO), sampah adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang yang berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya (Chandra, 2006).

Menurut SNI 19-2452-2002 sampah adalah limbah yang bersifat padat terdiri dari bahan organik dan anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan. Sedangkan menurut UU RI No.18 2008, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat.

B. Timbulan Sampah

Menurut SNI 19-2452-2002 definisi dari timbulan sampah adalah banyaknya sampah yang timbul dari masyarakat dalam satuan volume maupun per kapita perhari, atau perluas bangunan, atau perpanjang jalan. Timbulan sampah adalah jumlah sampah yang dihasilkan dari buangan domestik dan non domestik. Sehingga yang dimaksud dengan laju timbulan sampah adalah jumlah timbulan sampah yang dihasilkan dalam satuan volume atau berat per satuan waktu atau

banyaknya sampah yang dihasilkan per orang per hari dalam satuan volume maupun berat. Besarnya timbulan sampah secara nyata diperoleh dari hasil pengukuran langsung di lapangan terhadap sampah dari berbagai sumber melalui pengambilan sampel yang representatif (Fuadhilah, 2012).

Besaran timbulan sampah berdasarkan SNI 19-3983-1995 yang diuraikan berdasarkan komponen-komponen sumber sampah dapat dilihat pada Tabel 1. Sementara besaran timbulan sampah berdasarkan klasifikasi kota dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Besaran Timbulan Sampah Berdasarkan Komponen Sumber Sampah

No	Komponen Sumber Sampah	Satuan	Volume (liter)	Berat (kg)
1	Rumah permanen	Per orang/hari	2,25- 2,50	0,35-0,40
2	Rumah semi permanen	Per orang/hari	2,00-2,25	0,30-0,35
3	Rumah non permanen	Per orang/hari	1,75-2,00	0,25-0,30
4	Kantor	Per orang/hari	0,50-0,75	0,025-0,10
5	Toko/Ruko	Per orang/hari	2,50-3,00	0,15-0,35
6	Sekolah	Per orang/hari	0,10-0,15	0,01-0,02
7	Jalan arteri sekunder	Per orang/hari	0,10-0,15	0,02-0,10
8	Jalan kolektor sekunder	Per orang/hari	0,10-0,15	0,01-0,05
9	Jalan lokal	Per orang/hari	0,05-0,10	0,005-0,025
10	Pasar	Per orang/hari	0,20-0,60	0,10-0,300

Sumber : SNI 19-3983-1995

Tabel 2. Besaran Timbulan Sampah Berdasarkan Klasifikasi Kota

No	Klasifikasi kota	Volume (l/orang.hari)	Berat (kg/orang.hari)
1	Kota Sedang (100.000 – 500.000 jiwa)	2,75-3,25	0,70-0,80
2	Kota Kecil (20.000 – 100.000 jiwa)	2,50-2,75	0,625-0,70

Sumber: SNI 19-3983-1995

C. Sumber Timbulan Sampah

Menurut Damanhuri dan Padmi (2010), sumber timbulan sampah dapat dibagi sebagai berikut:

1. Sampah yang berasal dari pemukiman (*residential*)

Sampah ini terdiri dari limbah-limbah hasil kegiatan rumah tangga, baik keluarga kecil atau besar, dari kelas bawah sampai kelas atas. Sampah ini terdiri dari sampah makanan, kertas, tekstil, sampah pekarangan, kayu, kaca, kaleng, aluminium, debu atau abu, sampah di jalanan, sampah elektronik seperti baterai oli dan ban.

2. Sampah daerah pusat perdagangan

Sampah seperti ini terdiri dari sampah-sampah hasil aktivitas di pusat kota dengan tipe fasilitas seperti toko, restoran, pasar, bangunan kantor, hotel, motel, bengkel, dan sebagainya yang menghasilkan sampah seperti kertas, plastik, kayu, sisa makanan, unsur logam, dan limbah seperti limbah pemukiman.

3. Sampah institusional

Sampah seperti ini terdiri dari limbah-limbah hasil aktivitas institusi seperti sekolah, rumah sakit, penjara, pusat pemerintahan dan sebagainya yang umumnya menghasilkan sampah seperti pada sampah pemukiman. Khusus untuk sampah rumah sakit ditangani dan diproses secara terpisah dengan sampah lain.

4. Sampah konstruksi

Sampah seperti ini terdiri dari limbah-limbah hasil aktivitas konstruksi seperti sampah dari lokasi pembangunan konstruksi, perbaikan jalan, perbaikan bangunan dan sebagainya yang menghasilkan sampah kayu, beton dan puing-puing.

5. Sampah pelayanan umum

Sampah ini terdiri dari limbah-limbah hasil aktivitas pelayanan umum seperti daerah rekreasi, tempat olahraga, tempat ibadah, pembersihan jalan, parkir, pantai dan sebagainya yang umumnya menghasilkan sampah organik.

6. Sampah instalasi pengolahan

Sampah ini terdiri dari limbah-limbah hasil aktivitas instalasi pengolahan seperti instalasi pengolahan air bersih, air kotor dan limbah industri yang biasanya berupa lumpur sisa ataupun limbah buangan yang telah diolah.

7. Sampah industri

Sampah ini terdiri dari limbah-limbah hasil aktivitas pabrik, konstruksi, industri berat dan ringan, instalasi kimia, pusat pembangkit tenaga, dan sebagainya.

8. Sampah yang berasal dari daerah pertanian dan perkebunan

Biasanya berupa jerami, sisa sayuran, batang pohon, yang bisa di daur ulang menjadi pupuk.

Berdasarkan SNI 19-3964-1994 tentang Spesifikasi Timbulan Sampah untuk Kota Kecil dan Sedang di Indonesia, klasifikasi sumber timbulan sampah yang digunakan terbagi menjadi :

1. Perumahan

Sumber perumahan terdiri atas rumah permanen, rumah semi permanen dan rumah non permanen.

2. Non Perumahan

Sumber non perumahan terdiri atas kantor, toko atau ruko, pasar, sekolah, tempat ibadah, jalan, hotel, restoran, industri, rumah sakit, dan fasilitas umum lainnya.

D. Komposisi dan Karakteristik Timbulan Sampah

Menurut SNI 19-3964-1994, 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 dan keramik). Dalam Damanhuri dan Padmi (2010) menggambarkan tipikal komposisi sampah pemukiman atau sampah domestik di kota Negara maju, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Sampah Domestik

Kategori sampah	% berat	% volume
Kertas dan bahan-bahan kertas	32,98	62,61
Kayu/produk dari kayu	0,38	0,15
Plastik, kulit dan produk karet	6,84	9,06
Kain dan produk tekstil	6,36	5,1
Gelas	16,06	5,31
Logam	10,74	9,12
Bahan batu, pasir	0,26	0,07
Sampah organik	26,38	8,58

Sumber: Damanhuri dan Padmi, 2010

Menurut Pedoman umum 3R Kementrian PU 2008, secara umum komposisi sampah dapat dibedakan dalam beberapa komponen yaitu:

1. Sampah organik; yang dapat terdiri dari sisa makanan dan daun.
2. Sampah kertas; yang dapat berupa kardus, karton, kertas HVS, kertas koran, dan lain sebagainya.
3. Sampah plastik; baik berupa kantong plastik, botol plastik bekas kemasan, jerigen, dan lain sebagainya.
4. Sampah kayu; baik berupa potongan kayu, furnitur bekas, dan lain sebagainya.
5. Sampah karet; baik berupa ban bekas, lembaran karet, dan lain sebagainya.
6. Sampah kulit; yang dapat berupa lembaran, potongan kulit dan lain sebagainya.
7. Sampah kaca/beling; baik berupa potongan kaca, botol kaca, gelas kaca, dan lain sebagainya.
8. Sampah kain/perca; yang dapat berupa potongan kain, atau pakaian bekas/rusak, dan lain sebagainya.
9. Sampah lain-lain; yang dapat berupa pecahan keramik, dan sisa sampah yang tidak termasuk dalam kategori diatas.
10. Sampah B3 rumah tangga; dapat berupa batu baterai bekas, kaleng bekas kemasan insektisida, lampu TL/neon, kaleng bekas cat, *hair spray*, obat-obatan kedaluwarsa, dan lain sebagainya.

Menurut Damanhuri dan Padmi (2010), komposisi sampah dipengaruhi oleh beberapa faktor:

1. Cuaca : di daerah yang kandungan airnya tinggi, kelembaban sampah juga akan tinggi.
2. Frekuensi pengumpulan: semakin sering sampah di kumpulkan maka semakin tinggi tumpukan sampah terbentuk. Tapi sampah basah akan berkurang karena membusuk dan yang akan terus bertambah adalah kertas dan sampah kering lainnya yang sulit terdegradasi.
3. Musim: jenis sampah akan ditentukan oleh musim buah-buahan yang berlangsung.
4. Tingkat sosial ekonomi: daerah ekonomi tinggi umumnya menghasilkan sampah yang terdiri atas bahan kaleng, kertas, dan sebagainya.
5. Pendapatan perkapita: masyarakat dari tingkat ekonomi lemah akan menghasilkan total sampah yang lebih sedikit dan homogen.
6. Kemasan produk: kemasan produk bahan kebutuhan sehari-hari juga akan mempengaruhi. Negara maju seperti Amerika tambah banyak yang menggunakan kertas sebagai pengemas, sedangkan negara berkembang seperti Indonesia banyak menggunakan plastik sebagai pengemas.

Pengelompokan sampah yang sering dilakukan adalah berdasarkan komposisinya, misalnya dinyatakan sebagai % berat atau % volume dari kertas, kayu, kulit, karet, plastik, logam, kaca, kain, makanan dan lain-lain. Cara pengolahan yang tepat dan yang paling efisien dapat ditentukan apabila diketahui komposisi sampahnya, sehingga dapat diterapkan proses pengolahannya (Damanhuri dan Padmi, 2010).

Menurut Damanhuri dan padmi (2010), selain komposisi, karakteristik lain yang biasa ditampilkan dalam penanganan sampah adalah karakteritik fisika dan kimia. Karakteristik tersebut sangat bervariasi, tergantung pada komponen-komponen sampah. Kekhasan sampah dari berbagai tempat/daerah serta jenisnya yang berbeda-beda memungkinkan sifat-sifat yang berbeda pula.

Sampah kota di negara-negara yang sedang berkembang akan berbeda susunannya dengan sampah kota di negara-negara maju. Menurut Sulistyoweni (2002), karakteristik sampah perlu diketahui untuk mengevaluasi kebutuhan alat, sistem dan program manajemen dan rencana, terutama penerapan pembuangan dan perlindungan sumber daya dan energi. Sampah diklasifikasi dalam karakteristiknya sebagai berikut :

1. Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik sampah meliputi hal-hal dibawah ini:

a. Berat Jenis Sampah

Dinyatakan sebagai berat per unit (kg/m^3). Dalam pengukuran berat jenis sampah, harus disebut dimana dan dalam keadaan bagaimana sampah diambil sebagai sampling untuk menghitung berat spesifik sampah. Berat spesifik sampah dipengaruhi oleh letak geografis, lokasi, musim dan lama waktu penyimpanan. Hal ini sangat penting untuk mengetahui volume sampah yang diolah.

b. Kadar Kelembaban

Kadar kelembaban didefinisikan sebagai massa air per unit massa sampah basah atau sampah kering.

c. Ukuran Partikel

Sangat penting untuk pengolahan akhir sampah, terutama pada tahap mekanis, untuk mengetahui ukuran penyaringan dan pemisahan mekanik.

2. Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia sampah sangat penting dalam mengevaluasi proses alternatif dan pilihan pemulihan energi.

a. Kandungan Energi

Jumlah energi yang dibutuhkan untuk membakar limbah padat semuanya hingga menjadi abu (sisa akhir), dipengaruhi oleh berat limbah padat dan kadar kelembaban didalamnya.

b. Kandungan Kimia

Kandungan kimia diperlukan untuk mengetahui bahan-bahan yang mudah terbakar dan tak mudah terbakar.

E. Pengukuran Timbulan Sampah

Menurut materi persampahan direktorat Pengembangan PLP (2011), metode pengukuran timbulan sampah ada beberapa cara antara lain yaitu:

- a. *Load-count analysis* / analisis perhitungan beban, yaitu jumlah masing-masing volume sampah yang masuk ke TPA di hitung dengan catatan volume, berat jenis, jenis angkutan dan sumber sampah kemudian dihitung sumber sampah, kemudian dihitung jumlah timbulan sampah kota selama periode tertentu.
- b. *Weight-volume analysis* / analisis berat volume, yaitu jumlah masing-masing volume sampah yang masuk ke TPA di hitung dengan mencatat volume dan berat sampah, kemudian dihitung jumlah timbulan sampah kota selama periode tertentu.
- c. *Material-balance analysis* / analisis kesetimbangan bahan yaitu dapat menghasilkan data lebih lengkap untuk sampah rumah tangga, industri dan yang lainnya dan juga diperlukan untuk program daur ulang.

Berdasarkan materi persampahan direktorat Pengembangan PLP (2011), faktor penting dalam menghitung laju timbulan sampah adalah jumlah penduduk. Oleh karena itu sebelum jumlah timbulan sampah dapat dihitung, terlebih dahulu dilakukan perhitungan terhadap proyeksi penduduk sampai pada tahun perencanaan.

1. Proyeksi Jumlah Penduduk

Ada beberapa metode proyeksi penduduk yang dapat digunakan antara lain metode aritmatik, geometrik, dan *least square* dimana pemilihan metode yang digunakan sangat tergantung kecenderungan pertumbuhan penduduk dan karakteristik kota perencanaan. Metode tersebut adalah :

a. Metode Aritmatik

Proyeksi penduduk dengan metode aritmatik mengasumsikan bahwa jumlah penduduk pada masa depan akan bertambah dengan jumlah yang

sama setiap tahun (BPS, 2010). Formula yang digunakan pada metode proyeksi aritmatik adalah:

$$P_t = P_0(1 + rt) \dots\dots\dots(1)$$

$$r = \frac{1}{t} \left(\frac{P_t}{P_0} - 1 \right) \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

- P_t = Jumlah penduduk pada tahun t
- P₀ = Jumlah penduduk pada tahun dasar
- r = Laju pertumbuhan penduduk
- t = Periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

b. Metode Geometrik

Proyeksi penduduk dengan metode geometrik menggunakan asumsi bahwa jumlah penduduk akan bertambah secara geometrik menggunakan dasar perhitungan bunga majemuk (Adioetomo, 2010). Laju pertumbuhan penduduk (*rate of growth*) dianggap sama untuk setiap tahun. Berikut formula yang digunakan pada metode geometrik:

$$P_t = P_0(1 + r)^t \dots\dots\dots(3)$$

$$r = \left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \dots\dots\dots(4)$$

dimana:

- P_t = Jumlah penduduk pada tahun t
- P₀ = Jumlah penduduk tahun dasar
- r = Laju pertumbuhan penduduk
- t = Periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

c. Metode *Least Square*

Rumus yang digunakan adalah :

$$Y = a + bx \dots\dots\dots(5)$$

dimana:

- Y = Nilai variabel berdasarkan garis regresi
- a = Konstanta
- b = Koefisien arah regresi linear

x = Variabel independen

$$a = \frac{(\sum y) \cdot (\sum x^2) - (\sum x) \cdot (\sum y)}{n \cdot (\sum x^2) - (\sum x)^2} \dots\dots\dots(6)$$

$$b = \frac{(n) \cdot (\sum xy) - (\sum x) \cdot (\sum y)}{n \cdot (\sum x^2) - (\sum x)^2} \dots\dots\dots(7)$$

Penentuan metoda yang dipakai untuk proyeksi penduduk, terlebih dahulu kita mencari nilai korelasi (R) atau standar deviasi (S) untuk tiap-tiap metode. Pada metode yang mempunyai nilai korelasi paling mendekati nilai 1 atau standar deviasi paling kecil, itulah yang akan dipakai. Rumus nilai korelasi dan standar deviasi adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{(n) \cdot (\sum xy) - (\sum x) \cdot (\sum y)}{\sqrt{[n \cdot (y^2) - (\sum y)^2][n \cdot (\sum x^2) - (\sum x)^2]}} \dots\dots\dots(8)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}}{n - 1}} \dots\dots\dots(9)$$

2. Survei Pengambilan Contoh Sampah di Sumber Sampah

Guna menentukan timbulan sampah yang dihasilkan dari suatu permukiman perlu dilakukan survei pengambilan contoh sampah langsung di sumber sampah. Pengambilan ini untuk mengetahui rata-rata berapa timbulan sampah yang dihasilkan L/orang/hari atau kg/orang/hari. Pelaksanaan survei dan pengambilan contoh berdasarkan SNI 19-3964-1994 tentang Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan.

3. Penentuan Densitas Sampah

Densitas sampah adalah berat sampah yang diukur dalam satuan kilogram dibandingkan dengan volume sampah yang diukur tersebut (kg/m³). Densitas sampah sangat penting dalam menentukan jumlah timbulan sampah. Penentuan densitas sampah ini berdasarkan SNI 19-3964-1994 dilakukan dengan cara menimbang sampah yang disampling dalam 1/5 - 1 m³ volume

sampah. Sebuah kotak disiapkan dengan ukuran 20 x 20 cm dan kedalaman 100 cm. Sampah dimasukkan dalam wadah dan dilakukan penimbangan berat serta dilakukan pengetrokan sebanyak 3 kali kemudian dihitung volume sampah. Berdasarkan hasil ini diketahui berapa besar densitas sampah kg/m^3 . Densitas ini sangat tergantung sampel sampah yang diukur, apakah sampah lepas dari sumber sampah, sampah di gerobak yang mungkin telah mengalami sedikit pemadatan ataupun sampah di *compactor truck* yang memang telah dilakukan pemadatan terhadap sampah (Direktur PPLP Kementerian PU, 2011).

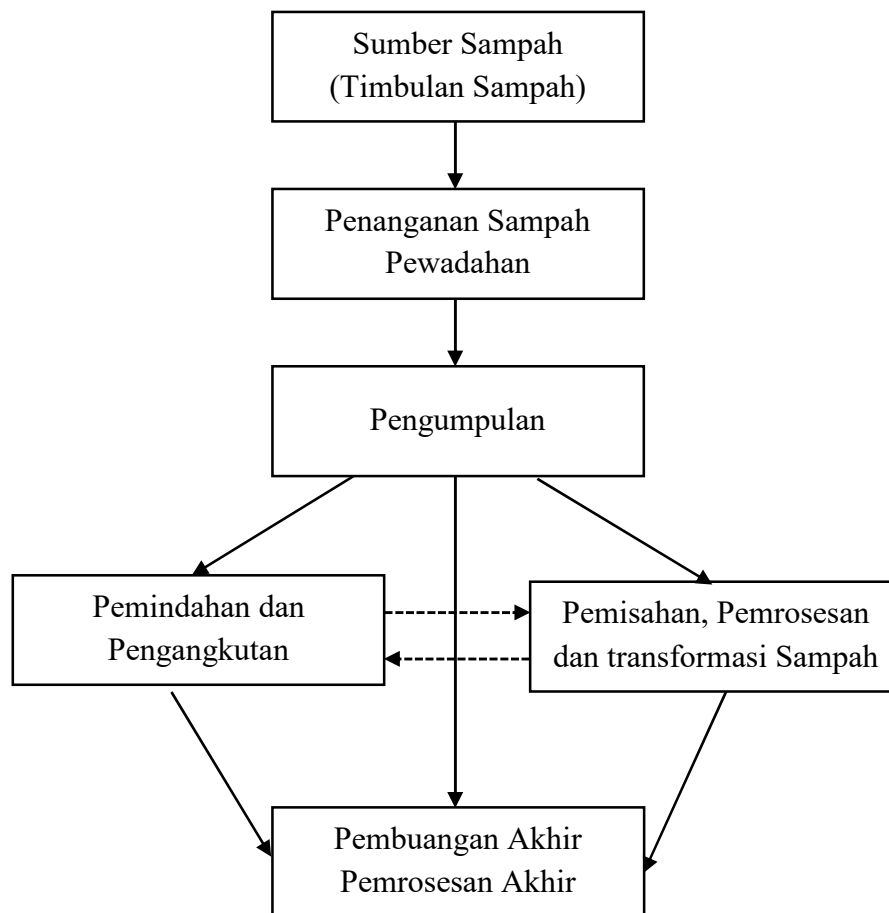
F. Pengelolaan dan Pengolahan Sampah

Dalam Undang-Undang Republik Indonesia No. 18 Tahun 2008, pengelolaan sampah adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Pengelolaan sampah bertujuan untuk meningkatkan kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan serta menjadikan sampah sebagai sumber daya. Pengelolaan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga terdiri atas:

- a. Pengurangan Sampah
 - Pembatasan timbulan sampah
 - Pendaauran ulang sampah
 - Pemanfaatan kembali sampah
- b. Penanganan Sampah
 - Pemilahan dalam bentuk pengelompokan dan pemisahan sampah sesuai dengan jenis, jumlah, dan/atau sifat sampah;
 - Pengumpulan dalam bentuk pengambilan dan pemindahan sampah dari sumber sampah ke tempat penampungan sementara atau tempat pengolahan sampah terpadu;
 - Pengangkutan dalam bentuk membawa sampah dari sumber dan/atau dari tempat penampungan sampah sementara atau dari tempat pengolahan sampah terpadu menuju ke tempat pemrosesan akhir;

- Pengolahan dalam bentuk karakteristik, komposisi, dan jumlah sampah;
- Pemrosesan akhir sampah dalam bentuk pengambilan sampah dan/atau residu hasil pengolahan sebelumnya ke media lingkungan.

Tahapan operasional sampah menurut Tchobanoglous, Theisen, Vigil (1993) dalam Damanhuri dan Padmi (2010) digambarkan pada Gambar1 dibawah ini:



Gambar 1. Skema Teknis Operasional Pengelolaan Sampah

Berdasarkan skema di atas maka dapat dilakukan melalui berbagai jalur antara lain :

- Timbulan sampah → Pewadahan → Pengumpulan → TPA

Keterangan: Sampah dari sumber sampah dilakukan pewadahan, setelah itu dikumpulkan dan langsung dibawa ke TPA.

- Timbulan sampah → Pewadahan → Pengumpulan → Pemindahan dan Pengangkutan → TPA

Keterangan: Sampah dari sumber sampah dilakukan pewadahan, setelah itu dikumpulkan, lalu dipindahkan terlebih dahulu sebelum dibawa ke TPA.

- Timbulan sampah → Pewadahan → Pengumpulan → Pemisahan, pemrosesan dan transformasi sampah → TPA

Keterangan: Sampah dari sumber sampah dilakukan pewadahan, setelah itu dikumpulkan dan dilakukan pemisahan dan pemrosesan, setelah itu dibawa ke TPA.

Menurut Damanhuri dan Padmi (2010), pengelolaan sampah di Indonesia, khususnya di sebuah kota mengenal 3 kelompok pengelolaan, yaitu:

- a. Pengelolaan oleh Swadaya Masyarakat

Pengelolaan sampah mulai dari sumber sampai ke tempat pengumpulan sampah atau ke tempat pemrosesan lainnya. Di kota – kota, pengelolaan ini biasanya dilakukan oleh organisasi RT/RW dengan kegiatan pengumpulan sampah dari bak sampah di sumber sampah, misalnya di rumah – rumah diangkut dengan sarana yang disiapkan sendiri oleh masyarakat, menuju ke TPS.

- b. Pengelolaan Formal

Pengelolaan biasanya dilakukan oleh pemerintah kota atau institusi lain termasuk swasta yang ditunjuk oleh kota. Urutan pembuangan sampah tahap pertama dilakukan oleh penghasil sampah, daerah pemukiman biasanya dilakukan oleh RT/RW dimana sampah diangkut dari bak sampah ke TPS. Tahap berikutnya sampah diangkut ke TPA oleh truk sampah milik pengelola kota atau institusi yang ditunjuk. Biasanya anggaran satu kota belum mampu menangani seluruh timbulan sampah.

- c. Pengelolaan Informal

Terbentuk karena adanya dorongan kebutuhan untuk *survive* sebagai masyarakat yang secara tidak sadar ikut berperan serta dalam penanganan sampah kota. Sistem informal memandang sampah sebagai sumber daya ekonomi berupa kegiatan pemungutan, pemilahan dan penjualan sampah

untuk daur ulang. Rangkaian kegiatan ini melibatkan pemulung, lapak, bandar dan industri daur ulang dalam rangkaian sistem perdagangan.

Sampah sebelum di buang ke TPA harus ada pengolahan terlebih dahulu, minimal ada kegiatan *processing* (pemilahan dan pemanfaatan kembali) yang dapat di konversi menjadi produk atau energi dari sampah. Pada tahap ini digunakan berbagai cara teknik dan fasilitas untuk menunjang proses pengolahan.

Menurut UU RI No. 18 tahun 2008 tentang pengelolaan sampah, tempat pengolahan sampah terpadu adalah tempat dilaksanakannya kegiatan pengumpulan, pemilahan, penggunaan ulang, pendauran ulang, pengolahan dan pemrosesan akhir sampah. Menurut Damanhuri dan Padmi (2010), sistem operasional pengelolaan sampah mencakup juga sub sistem pemrosesan dan pengolahan sampah yang perlu dikembangkan secara bertahap dengan mempertimbangkan pemrosesan yang bertumpu pada pemanfaatan kembali baik secara langsung sebagai bahan baku maupun sebagai sumber energi sehingga menciptakan kesinambungan dan keselarasan antara sub sistem baik dalam pengoperasian maupun pembiayaan. Sampah yang terbuang sebetulnya menyimpan energi yang dapat dimanfaatkan. Pemanfaatan energi sampah dapat dilakukan dengan cara:

- Menangkap gas bio hasil proses degradasi secara anaerob pada sebuah reaktor (digester).
- Menangkap gas bio yang terbentuk dari sebuah *landfill*.
- Menangkap panas yang keluar akibat pembakaran melalui insenerasi.

Pengolahan sampah yang paling banyak digunakan di Indonesia antara lain adalah:

a. *Open Dumping*

Cara *open dumping* merupakan cara yang paling mudah dan murah dilakukan namun banyak menimbulkan dampak pencemaran. Setelah sampai di lokasi TPA, sampah dibuang begitu saja. Dampak yang ditimbulkan dari cara ini antara lain bau yang tidak sedap, sampah berserakan, dan dimungkinkannya menjadi sarang bibit penyakit dan tempat berkembang biak vektor penyakit seperti kecoa, lalat dan tikus.

b. *Incineration*

Metode *incineration* merupakan metode pembakaran sampah yang perlu diawasi dengan baik. Metode ini sangat sederhana dan biaya yang murah. Pada metode ini zat padat yang tersisa berupa abu yang jumlahnya relatif lebih kecil dibandingkan volume semula. Demikian juga bau busuk dan berkembangbiaknya vektor penyakit seperti tikus, lalat dan kecoa dapat diminimalisasi.

c. *Sanitary landfill*

Metode *sanitary landfill* merupakan metode yang dianjurkan. Pada metode ini sampah dibuang, ditutup dengan tanah dan bersamaan dengan ini dipadatkan dengan alat berat agar menjadi lebih mampat. Lapisan di atasnya dituangkan sampah berikut tanah secara berlapis dan demikian seterusnya sampai akhirnya rata dengan permukaan tanah.

d. *Composting*

Pada metode *composting*, sampah diolah secara fermentatif. Secara periodik tumpukan sampah dibolak - balik agar fermentasi dapat berjalan dengan baik dan merata. Pencemaran lingkungan yang ditimbulkan tidak seberat penimbunan terbuka. Proses pembuatan pupuk pada metode *composting* ini berjalan lambat diperlukan waktu sekitar dua bulan.

e. Daur ulang

Pada metode daur ulang, sampah dikelompokkan menurut jenisnya, kemudian setiap kelompok sampah diolah sendiri menjadi produk/hasil yang berharga. Kertas bekas diolah lagi menjadi kertas baru. Hal ini dapat juga dilakukan terhadap jenis sampah logam, plastik, gelas. Jenis sampah dedaunan, sisa sayuran dan buah-buahan yang mudah busuk, oleh karena itu perlu penanganan yang khusus.

f. Bank Sampah

Bank Sampah adalah tempat menabung sampah yang telah terpilah menurut jenis sampah, sampah yang ditabung pada Bank Sampah adalah sampah yang mempunyai nilai ekonomis. Cara kerja Bank Sampah pada umumnya hampir sama dengan bank lainnya, ada nasabah, pencatatan

pembukuan dan manajemen pengelolannya, apabila dalam bank yang biasa kita kenal yang disetorkan nasabah adalah uang (Sari, 2018).

G. Gas Rumah Kaca dan Pemanasan Global

Gas rumah kaca merupakan gas-gas yang ada di atmosfer yang disebabkan oleh lingkungan tetapi dapat juga timbul akibat aktivitas manusia. Dalam troposfer terdapat gas-gas rumah kaca yang menyebabkan efek rumah kaca dan pemanasan global. Gas Rumah Kaca dapat terbentuk secara alami maupun sebagai akibat pencemaran. Perubahan iklim dapat disebabkan secara langsung maupun tidak langsung oleh kegiatan manusia yang mengubah komposisi atmosfer global dan juga terhadap variabilitas iklim alami yang diamati selama periode waktu tertentu (Rahmawati, 2013 dalam Sari, 2018).

Menurut Basri (2017), pemanasan global adalah meningkatnya temperatur global pada permukaan bumi dikarenakan oleh gas rumah kaca. Timbunan gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), nitrat oksida, dan cloroflourcarbon (CFC) di atmosfer. Panas yang dilepaskan oleh matahari tertangkap oleh gas-gas ini, sehingga terjadi peningkatan suhu. Tetapi menurut IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) ada dua hal yang dapat dipastikan, yaitu:

1. Efek rumah kaca alami dari bumi
2. Gas-gas yang mengakibatkan efek rumah kaca kini meningkat akibat dari ulah manusia

Secara alami, emisi gas rumah kaca dihasilkan dari proses dan siklus alam sehingga akumulasinya relatif tetap. Aktivitas manusia mengubah keseimbangan ini dengan mengemisikan lebih banyak gas rumah kaca ke atmosfer maupun merusak atau menghilangkan komponen-komponen alam yang mampu menyerap gas rumah kaca seperti hutan dan area hijau lainnya. Akumulasi gas rumah kaca dan meningkatnya suhu bumi secara global dipercaya telah memicu terjadinya perubahan iklim. Menurut IPCC pada tahun 2006, yang termasuk emisi gas rumah

kaca utama adalah CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, dan SF₆. Gas rumah kaca yang paling signifikan diemisikan dari sampah adalah metana (CH₄), gas ini berasal dari penguraian material organik yang terjadi di pembuangan akhir, dapat mencapai 50-60% dari total gas yang dihasilkan (Cinthiawati, 2013).

H. Proses Pembentukan Gas di TPA

Proses bakteri dalam menguraikan limbah TPA terbagi dalam empat fase dimana komposisi gas akan menghasilkan perubahan dengan masing-masing dari empat fase dekomposisi, dan dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Tahap 1

Selama tahap pertama dekomposisi, bakteri-bakteri aerobik hanya mengkonsumsi oksigen, dan saat oksigen pecah dapat menghasilkan turunan molekul yang membentuk rantai panjang yang kompleks dimana karbohidrat, protein, dan lipid yang terbentuk menjadi limbah organik dan yang merupakan produk utama dari proses ini adalah karbon dioksida. Kandungan nitrogen tinggi di awal dari fase ini, Tahap I akan berlanjut terus sampai persediaan oksigen habis, tahap 1 dekomposisi bisa bertahan dalam hitungan hari atau bulan, tergantung berapa banyak oksigen hadir saat limbah dibuang di TPA. Tingkat oksigen akan bervariasi sesuai dengan faktor – faktor pendukungnya seperti bagaimana cara bakteri aerobik memproses oksigen.

b. Tahap 2

Dekomposisi fase II dimulai setelah oksigen di TPA sudah terpakai. Dengan menggunakan proses anaerobik (proses yang tidak membutuhkan oksigen), bakteri mengkonversi senyawa yang dibuat oleh bakteri aerobik menjadi asetat, laktat, asam format dan alkohol seperti metanol dan etanol. TPA menjadi sangat asam. Sebagian asam dicampur dengan *mois ture* yang hadir di tanah dan di nutrisi untuk larut, yang kemudian akan membuat nitrogen dan fosfor tersedia untuk menjadikan jenis bakteri semakin beragam di TPA. Gas produk sampingan proses ini adalah karbon dioksida dan hidrogen. Jika

TPA terganggu atau jika oksigen terganggu dalam prosesnya maka proses mikroba akan kembali ke fase I.

c. Tahap 3

Dekomposisi fase III dimulai saat beberapa jenis bakteri anaerobik mengkonsumsi asam organik yang diproduksi pada fase II dan bentuknya asetat serta asam organik. Proses ini menyebabkan TPA menjadi lingkungan yang netral dimana bakteri penghasil metana dan asam menghasilkan asimbiotik, atau saling menguntungkan, hubungan bakteri penghasil asam membuat senyawa untuk bakteri metanogen untuk mengkonsumsi. Bakteri methanogenik mengkonsumsi karbon dioksida dan asetat juga banyak yang akan mengandung racun bagi bakteri penghasil asam.

d. Tahap 4

Dekomposisi fase IV dimulai saat komposisi dan produksi tingkat penggunaan gas *landfill* tetap relatif konstan. Tahap IV di TPA, gas biasanya mengandung sekitar 45% sampai 60% metana dengan satuan volume, 40% sampai 60% karbon dioksida, dan 2% sampai 9% gas lainnya, semacamnya sebagai sulfida. Gas diproduksi pada tingkat yang stabil di Tahap IV, (Crawford dan Smith, 1985 dalam Sari, 2017). Gas produksi bisa bertahan lebih lama, misalnya, jika jumlah sampah organik lebih besar hadir di TPA, seperti di tempat terbuka yang lebih tinggi dari jumlah rata-rata hewan domestik limbah.

Tabel 4. Komponen Gas yang Terdapat pada TPA

Komponen	Volume (%)	Karakteristik
Metana (CH ₄)	40-60	Metana adalah gas alami. Gas metana tidak berwarna dan tidak berbau Tempat pembuangan akhir adalah sumber tunggal terbesar
Karbon Dioksida (CO ₂)	40-60	Karbon dioksida secara alami ditemukan pada konsentrasi kecil di atmosfer (0,03%). Ini tidak berwarna, tidak berbau, dan sedikit asam
Nitrogen	2-5	Nitrogen terdiri dari sekitar 79% atmosfer. Ini tidak berbau, tidak berasa, dan tidak berwarna.
Oksigen	0,1-1	Oksigen terdiri dari sekitar 21% atmosfer. Ini tidak berbau, tidak berasa, dan tidak berwarna.
Amonia	0,1-1	Amonia adalah gas tak berwarna dengan bau yang menyengat
NMOCs (non-methane organic compounds)	0,01-0,6	MNOC adalah senyawa organik yang mengandung karbon,metana termaksud senyawa yang dihasilkan dari sampah organik namu tidak dipertimbangkan oleh MNOC, MNOC dapat terjadi secara alami atau terbentuk dari proses kimia sintesis ,dan yang paling sering ditemukan di tempat pembuangan sampah.
Sulfida	0-1	Sulfida adalah gas alami yang menghasilkan campuran gas yang ada di tempat penampungan sampah,sulfida dapat menyebabkan bau tidak sedap bahkan pada konsentrasi sangat rendah, contohnya bau telur
Hidrogen	0-0.2	Hidrogen adalah gas tanpa bau dan tidak berwarna.
Karbon Monoksida	0-0.2	Karbon monoksida adalah gas tanpa bau dan tidak berwarna.

Sumber: Tchobanoglous, dkk, 1993 dalam Sari, 2018

Tingkat dan volume gas TPA yang diproduksi di lokasi tertentu bergantung pada karakteristik limbah (misalnya komposisi dan umur sampah) dan sejumlah faktor lingkungan (misalnya, adanya oksigen di tempat pembuangan akhir, kadar air, dan suhu).

1. Komposisi limbah. Semakin banyak sampah organik yang ada di tempat pembuangan akhir, semakin banyak gas TPA (Karbon dioksida, metana, nitrogen, dan hidrogen sulfida) dihasilkan oleh bakteri selama penguraian. Semakin banyak bahan kimia yang dibuang di tempat pembuangan akhir, semakin banyak kemungkinan gas NMOC dan gas lainnya dihasilkan melalui penguapan atau reaksi kimia.
2. Usia timbulan. Umumnya, limbah yang baru saja dikuburkan (limbah yang terkubur kurang dari 10 tahun) menghasilkan lebih banyak gas TPA melalui penguraian bakteri, penguapan, dan reaksi kimia daripada limbah lama (dikubur lebih dari 10 tahun). Produksi gas puncak biasanya terjadi dari 5 sampai 7 tahun setelah limbah dikuburkan.
3. Adanya oksigen di tempat pembuangan akhir. Metana hanya akan diproduksi bila oksigen sudah tidak ada lagi di tempat pembuangan akhir.
4. Kelembaban konten. Adanya kelembaban (kondisi tak jenuh) di *landfill* meningkatkan produksi gas karena mendorong terjadinya dekomposisi bakteri. Kelembaban juga dapat meningkatkan reaksi kimia yang menghasilkan gas.
5. Suhu. Seiring dengan meningkatnya suhu *landfill*, aktivitas bakteri meningkat, sehingga terjadi peningkatan produksi gas. Suhu yang meningkat juga dapat meningkatkan tingkat penguapan dan reaksi kimia.

Setelah gas diproduksi di bawah permukaan *landfill*, mereka biasanya berpindah dari tempat pembuangan akhir. Gas cenderung untuk memperluas dan mengisi ruang yang tersedia, sehingga gas akan bergerak, atau bermigrasi melalui ruang pori-pori terbatas di dalam tempat sampah dan tanah yang menutupi tempat pembuangan akhir. Kecenderungan alami gas *landfill* yang lebih ringan dari udara, seperti metana, adalah bergerak ke atas, biasanya melalui permukaan *landfill*. Pergerakan ke atas gas *landfill* dapat dihambat oleh limbah padat atau bahan

penutup TPA (dengan tutupan tanah sehari-hari). Bila gerakan ke atas dihambat, gas cenderung berpindah secara horisontal ke daerah lain di dalam tempat pembuangan sampah atau ke daerah-daerah di luar tempat pembuangan akhir, di mana dapat melanjutkan jalurnya ke atas. Pada dasarnya, gas mengikuti jalur yang paling tidak tahan. Beberapa gas seperti karbon dioksida, lebih padat daripada udara dan akan terkumpul di daerah bawah permukaan, seperti koridor utilitas (Sari, 2018).

I. Perhitungan Emisi Metana (CH₄) dengan Metode IPCC 2006

Dalam Khatulistiwa (2017) mengatakan bahwa *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) 2006 telah menyusun berbagai metodologi standar untuk menghitung emisi berbagai sektor. Metode tersebut terus diperbaharui dan secara umum dikelompokkan dalam kategori *Tier-1*, *Tier-2* dan *Tier-3*.

1. *Tier-1* adalah metode penghitungan dimana dapat diterapkan pada negara atau wilayah yang tidak memiliki data atau parameter persampahan yang baik.
2. *Tier-2* adalah menggabungkan parameter yang didapat di lapangan dengan parameter default IPCC.
3. *Tier-3* adalah lebih banyak detail nilai yang diambil berupa hasil penelitian dari masing-masing negara.

Potensi gas metana (CH₄) yang dihasilkan sepanjang tahun dapat diperkirakan berdasarkan jumlah dan komposisi limbah yang dibuang ke tempat penampungan sampah dan praktik pengelolaan limbah di tempat pembuangan. Perhitungan emisi (CH₄) yang dihasilkan dari timbunan sampah dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$DDOC_m = W \cdot DOC \cdot DOC_f \cdot MCF \dots\dots\dots(10)$$

dimana :

- DDOC_m = Massa DOC yang terdekomposisi (Gg)
- W = Massa sampah di TPA (Gg)
- DOC = Karbon organik yang dapat terdegradasi (Gg C/Gg sampah)
- DOC_f = Fraksi DOC yang dapat terdekomposisi (fraksi)
- MCF = Faktor koreksi metana (CH₄) pada proses dekomposisi aerobik pada tahun dimana sampah dibuang (fraksi)

$$L_o = DDOC_m \cdot F \cdot 16/12 \dots\dots\dots(11)$$

dimana :

- Lo = potensi timbulan metana (CH₄) (Gg)
- DDOC_m = Massa DOC yang terdekomposisi (Gg)
- F = Fraksi CH₄ pada gas yang dihasilkan di TPA fraksi volume
- 16/12 = Rasio berat molekul CH₄/C

J. Potensi Energi Listrik dari Emisi Metana (CH₄)

Gas metan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Sebagai contoh Perusahaan North Sea Gas di Inggris mampu menghasilkan gas metan dengan kadar 97% dan nilai kalor 34 MJ/m³. Pemanfaatannya mampu menggantikan kebutuhan energi nasional sebesar 1% (Sudrajat, 2006).

Energi biogas sangat potensial untuk dikembangkan karena produksi biogas dari aktifitas domestik maupun non domestik kurang diperhatikan sebagai energi terbarukan terkhusus di Indonesia. Disamping itu, kenaikan tarif listrik, kenaikan bahan bakar LPG (*Liquefied Petroleum Gas*), premium, minyak tanah, minyak solar, minyak diesel dan minyak bakar telah mendorong pengembangan sumber energi alternatif yang murah, berkelanjutan dan ramah lingkungan (Saragih, 2010 dalam Basri, 2017).

Jika gas metana akan dikonversi menjadi sumber energi listrik harus dimurnikan dari H₂O, CO₂, dan H₂S karena CO₂ menyebabkan endapan karbon

sedangkan H₂S dapat menimbulkan karat (Sudrajat, 2006). Namun jika dimanfaatkan untuk bahan bakar gas (kompor) dapat langsung digunakan. Adapun cara pemurnian gas metana tersebut antara lain:

1. H₂O dihilangkan dengan cara mengalirkan gas melalui tabung yang berisi kalsium klorida atau menginstal *condensation trap* pada bagian bawah tabung penampung gas.
2. CO₂ dihilangkan dengan meniup gas melalui larutan kapur atau larutan NaOH encer.
3. H₂S dihilangkan dengan cara mengalirkan gas melalui tabung yang berisi serbuk besi. Sulfur akan ditangkap oleh ferik oksida menjadi ferik sulfida.

Untuk menghitung potensi energi listrik yang dihasilkan, maka potensi gas metan dalam m³ harus disetarakan dalam satuan energi listrik (kWh). Dalam buku *Renewable Energy Conversion, Transmission and Storage* oleh Bent (2007) bahwa 1 Kg gas metana setara dengan 6,13 x 10⁷ J, sedangkan 1 kWh setara dengan 3,6 x 10⁷ J. Untuk massa jenis gas metana 0,656 kg/m³ sehingga 1 m³ gas metana menghasilkan energi listrik sebesar 11,17 kWh. Konversi energi gas metan menjadi enegi listrik dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Konversi Energi Gas Metan Menjadi Energi Listrik

Jenis Energi	Setara Energi
1 Kg gas metana	6,13 x 10 ⁷ J
1 kWh	3,6 x 10 ⁷ J
1 m ³ gas metan	4,021 x 10 ⁷ J
1 m ³ gas metana	11,17 kWh

Sumber: Bent, 2007

Perhitungan potensi energi listrik dari metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂) dengan rumus,

$$E = V_{gm} \times FK \dots\dots\dots(12)$$

dimana:

E = Produksi Energi Listrik (kWh)

V_{gm} = Jumlah volume gas metana (m³)

FK = Faktor Konversi (kWh / m³)

Untuk karbondioksida sendiri 1 m³ CO₂ setara 0,672 Kg CO₂ dan 1 Kg CO₂ setara 21 Kg CH₄ dan diasumsikan komponen biogas yang ada mengandung CH₄ (60%) dan CO₂ (38%) serta lainnya (2%) (Bent, 2007).

BAB III

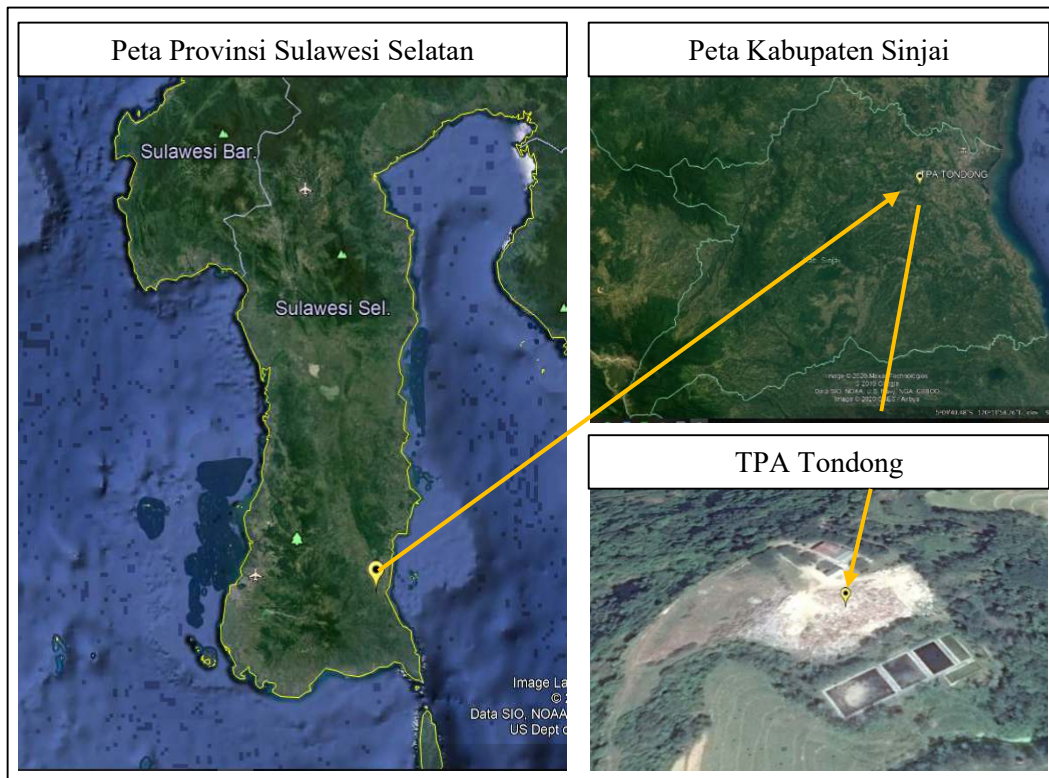
METODOLOGI PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Penelitian yang digunakan merupakan penelitian deskriptif dan kuantitatif. Penelitian ini memerlukan data yang diperoleh secara langsung (primer) maupun tidak langsung (sekunder). Data primer pada penelitian ini berupa data pengukuran komposisi sampah. Sedangkan data sekunder diperoleh dari studi literatur berupa jurnal atau pustaka pendukung, data jumlah penduduk yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Sinjai, dan data penimbangan harian sampah di TPA yang didapatkan dari Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sinjai. Dari data ini kemudian dilakukan pengolahan dan analisa data mencakup efisiensi pengelolaan persampahan, estimasi jumlah emisi metana (CH₄) menggunakan ketentuan IPCC 2006, sehingga dapat dikonversi menjadi energi listrik.

B. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan kurang lebih 6 bulan yang terdiri dari persiapan, penelitian, dan penyusunan laporan. Pada tahap penelitian dilakukan pengambilan dan pengukuran sampel kurang lebih 8 hari, yang dimulai dari tanggal 10 Februari – 17 Februari 2020. Tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di TPA Tondong yang berada di Desa Kampala Kecamatan Sinjai Timur. Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Tondong berada pada koordinat 5°8'53" LS - 120°12'32" BT, ± 10 km dari pusat Kota Sinjai. Dengan perlakuan sistem *semi-sanitary landfill*, penimbunan timbunan sampah di TPA Tondong terbagi menjadi dua (2) zona, yaitu zona A (pasif) dan zona B (aktif). Penelitian ini dilakukan pada zona B karena merupakan zona yang diperuntukkan untuk pembuangan sampah yang baru masuk sebelum dipadatkan.

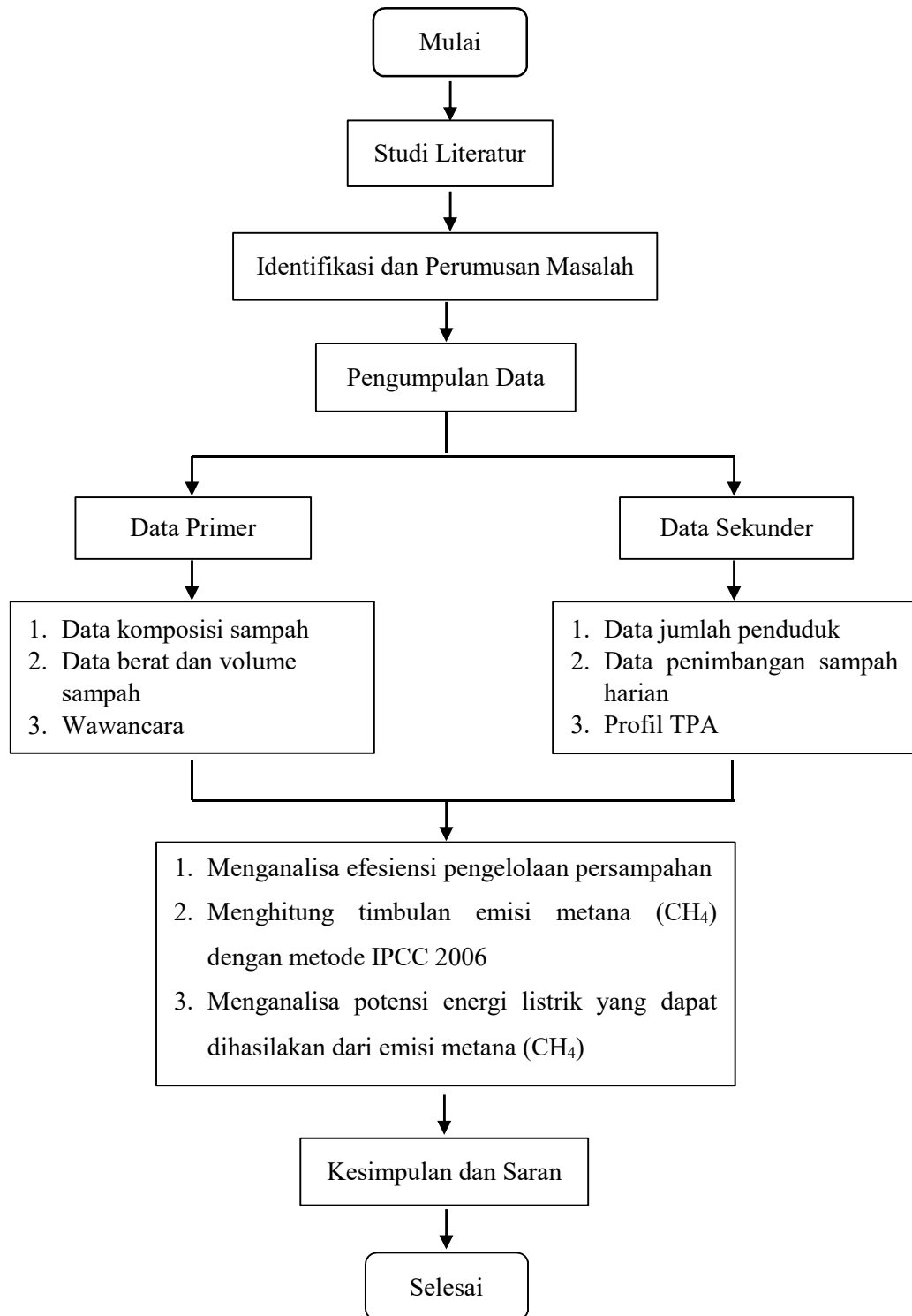


Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

C. Tahap Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan meliputi beberapa tahap. Tahap pertama dimulai dengan pendahuluan dengan menjelaskan latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan manfaat penelitian. Kemudian mulai melakukan kerangka teoritis penelitian yang disusun berdasarkan referensi penelitian sebelumnya, jurnal, artikel penelitian dan sejenisnya. Kemudian dilakukan pengambilan data primer di lapangan dan pengumpulan data sekunder dari beberapa sumber terkait. Selanjutnya dilakukan pengolahan dan analisa data mencakup proyeksi jumlah penduduk, timbulan sampah, jumlah emisi metana (CH_4) yang dihasilkan, sampai dikonversi menjadi energi listrik. Tahapan terakhir yaitu penarikan kesimpulan dan pengusulan saran untuk pengembangan daerah penelitian ke depan maupun referensi untuk penelitian selanjutnya.

Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini :



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

D. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk pengambilan data timbunan sampah dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut :



1. Bak Ukur



2. Terpal



3. Timbangan



4. Sekop



5. Sarung Tangan



6. Alat Tulis

Gambar 4. Alat yang Digunakan Dalam Mengukur Komposisi Sampah

Alat yang digunakan :

1. Bak ukur (ukuran 250 liter dilengkapi dengan skala tinggi), digunakan untuk menghitung volume sampah.
2. Terpal digunakan sebagai tempat pemilahan sampah agar sampah tidak berserakan.
3. Timbangan gantung digital (skala 50 kg) digunakan untuk mengukur berat sampah harian.
4. Sekop digunakan untuk memasukkan sampah ke dalam bak ukur.

5. Sarung tangan digunakan untuk melindungi kulit agar kulit tidak bersentuhan langsung dengan sampah.
6. Alat tulis (pulpen, kertas, dan papan) digunakan untuk mencatat hasil dari pengukuran volume dan berat sampah.

E. Teknik Pengambilan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan dua cara, yaitu secara langsung dan secara tidak langsung. Data yang secara langsung diambil di lapangan disebut dengan data primer dan secara tidak langsung disebut data sekunder.

1. Data Primer

Pengumpulan data penelitian ini dilakukan dengan metode survei langsung di lapangan. Adapun tahapan pengambilan data primer dapat dirincikan sebagai berikut:

- a. Data berat komposisi sampah adalah pengelompokan yang juga sering dilakukan berdasarkan komposisinya, misalnya dinyatakan sebagai % berat (biasanya berat basah) dari organik, kertas, plastik, logam, kaca, kayu, tekstil, dan *nappies*.
- b. Data hasil wawancara adalah data yang menunjukkan kondisi eksisting TPA dan pengelolaan persampahan. Wawancara dilakukan dengan Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan dan beberapa supir *dump truck*.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data pendukung untuk memenuhi kebutuhan data dalam pengukuran. Adapun data sekunder sebagai berikut:

- a. Jurnal dan buku sebagai referensi.
- b. Data jumlah penduduk Kabupaten Sinjai 5 tahun terakhir.
- c. Data hasil penimbangan harian TPA Tondong Kabupaten Sinjai tahun 2019.
- d. Profil TPA Tondong Kabupaten Sinjai.

Teknik pengambilan sampel di lapangan dilakukan dengan cara pengambilan dan pengukuran timbulan sampah sesuai SNI 19-3964-1994 tentang Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan, sebagai berikut :

1. Menentukan lokasi pengambilan sampel (sampah yang baru masuk ke TPA);
2. Menimbang berat kosong dari bak ukur (250 liter);
3. Memasukkan sampah ke dalam bak ukur sampai penuh tanpa melakukan pemadatan;
4. Memadatkan sampah dengan cara menghentak 3 kali bak ukur dengan mengangkat bak setinggi 20 cm, lalu jatuhkan ke tanah;
5. Mengukur dan mencatat volume sampah;
6. Menimbang dan mencatat berat sampah;
7. Memilah sampah berdasarkan komponen komposisi sampah;
8. Menimbang dan mencatat berat masing-masing komposisi sampah dalam satuan persen (%)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum TPA Tondong

TPA Tondong adalah satu-satunya tempat pembuangan akhir di Kabupaten Sinjai dan menggunakan system *sanitary landfill*. TPA Tondong terletak di Kecamatan Sinjai Timur yang berjarak ± 10 km dari pusat Kota Sinjai. Pembangunan TPA Tondong di mulai pada tahun 2008 dengan anggaran dana sekitar Rp. 300.000.000 untuk tahap perencanaan. Pada tahun 2009 sampai 2010 dilaksanakan pekerjaan bangunan pelengkap yang meliputi pembangunan trotoar, sumur dan kolam lindi, serta penangkap gas metana.



Gambar 5. TPA Tondong zona B (aktif)

Adapun sarana dan prasarana yang terdapat di TPA Tondong, yaitu:

1. Bak penampungan, dengan kedalaman 4-5 m yang dilapisi terpal karet sebagai lapisan dasar
2. Pipa pembuangan gas metana
3. Pipa penangkap gas metana
4. Sumur lindi (1 unit)
5. Kolam lindi (3 unit)
6. Pos jaga
7. Mesin cacah (pengolahan sampah)
8. Jembatan timbang.



Gambar 6. Bak Penampungan, Sumur, dan Kolam Lindi



Gambar 7. Pipa Penangkap Gas Metana

Pengelolaan persampahan di Kabupaten Sinjai masih belum maksimal. Untuk sembilan kecamatan yang ada, cakupan pelayanan dari TPA Tondong hanya terpusat di Kecamatan Sinjai Utara dan Kecamatan Sinjai Timur saja. Hal ini dapat diakibatkan karena kedua kecamatan ini menghasilkan timbulan sampah yang relatif lebih banyak dibandingkan kecamatan yang lain. Kecamatan Sinjai Utara merupakan pusat kota sekaligus pusat pemerintahan Kabupaten Sinjai, sedangkan Kecamatan Sinjai Timur memiliki banyak tempat wisata yang strategis seperti hutan *mangrove*, tempat pelelangan ikan, dan pelabuhan.

Tabel 6. Kecamatan di Kabuapten Sinjai

No.	Kecamatan	Luas (km ²)	Jumlah Penduduk (Jiwa)
1	Sinjai Barat	135,53	24391
2	Sinjai Borong	66,97	16159
3	Sinjai Selatan	131,99	39203
4	Tellu Limpoe	147,3	33496
5	Sinjai Timur	71,88	30986
6	Sinjai Tengah	129,7	27274
7	Sinjai Utara	29,57	47530
8	Bulupoddo	99,47	16017
9	Pulau Sembilan	7,55	7616

Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Sinjai, 2019

Pelayanan persampahan di Kabupaten Sinjai saat ini didukung oleh keberadaan sarana dan prasarana yang jumlahnya sedikit, sehingga dalam pelaksanaan operasionalnya memiliki beban yang lebih berat, sehingga memberikan pengaruh pada keadaan dan kondisinya. Jumlah sarana dan prasarana persampahan di Kabupaten Sinjai saat ini terdiri atas *arm roll*, *dump truck*, *pick up*, motor sampah, motor roda dua, dan bak sampah.

Tabel 7. Jumlah armada persampahan Dinas Kebersihan Kabupaten Sinjai

No	Jenis Armada	Jumlah (unit)	Volume Pengangkutan
1	<i>Arm Roll</i>	9	5 m ³
2	<i>Dump Truck</i>	2	6 m ³
3	<i>Pick Up</i>	1	2 m ³
4	Motor Sampah	30	-
5	Motor Roda Dua	2	-
6	Bak Sampah	10	-

Sumber: Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Sinjai, 2019

B. Proyeksi Penduduk Daerah Cakupan Pelayanan TPA Tondong

Kependudukan merupakan salah satu aspek penting dalam pembangunan karena berkaitan dengan kualitas sumber daya manusia. Ada tiga faktor yang mempengaruhi perkembangan jumlah penduduk yaitu kelahiran, kematian dan perpindahan penduduk.

Data jumlah penduduk kedua kecamatan yang termasuk dalam daerah cakupan pelayanan TPA Tondong bersumber dari data Badan Pusat Statistik Kabupaten Sinjai. Data yang digunakan adalah data jumlah penduduk dari tahun 2014 hingga tahun 2018. Jumlah penduduk daerah cakupan TPA Tondong dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Jumlah Penduduk Daerah Cakupan TPA Tondong Tahun 2014-2018

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)		Jumlah
	Kecamatan		
	Sinjai Utara	Sinjai Timur	
2014	43505	30421	73926
2015	46166	30317	76483
2016	46637	30550	77187
2017	47091	30772	77863
2018	47530	30986	78516

Sumber : Badan Pusat Statistik Kabupaten Sinjai, 2019

Agar perkiraan jumlah penduduk pada masa yang akan datang mendekati kebenarannya maka dipilih salah satu cara yang tepat dengan pendekatan nilai standar deviasi (S) sebagai dasar pemilihan. Nilai standar deviasi yang paling kecil menunjukkan hubungan yang sangat kuat atau mendekati kebenaran. Metode yang digunakan dalam perhitungan proyeksi jumlah penduduk daerah cakupan TPA Tondong adalah Metode *Least Square*, karena metode ini memiliki nilai standar deviasi yang terkecil yaitu 1699,683 dibandingkan dengan metode aritmatik yaitu 1814,357 dan metode geometri yaitu 1821,851. Proyeksi penduduk daerah cakupan TPA Tondong dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Proyeksi Jumlah Penduduk Cakupan TPA Tondong Tahun 2019-2029

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)
2019	78907
2020	79963
2021	81019
2022	82075
2023	83131
2024	84187
2025	85243
2026	86299
2027	87355
2028	88411
2029	89467

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020



Gambar 8. Prediksi Jumlah Penduduk Cakupan TPA Tondong

Dari Gambar 8 terlihat adanya peningkatan jumlah penduduk setiap tahunnya yakni pada periode awal prediksi tahun 2019 sebesar 78.907 jiwa berangsur naik sampai periode tahun 2029 sebesar 89.467 jiwa.

C. Efisiensi Pengelolaan Persampahan Kabupaten Sinjai

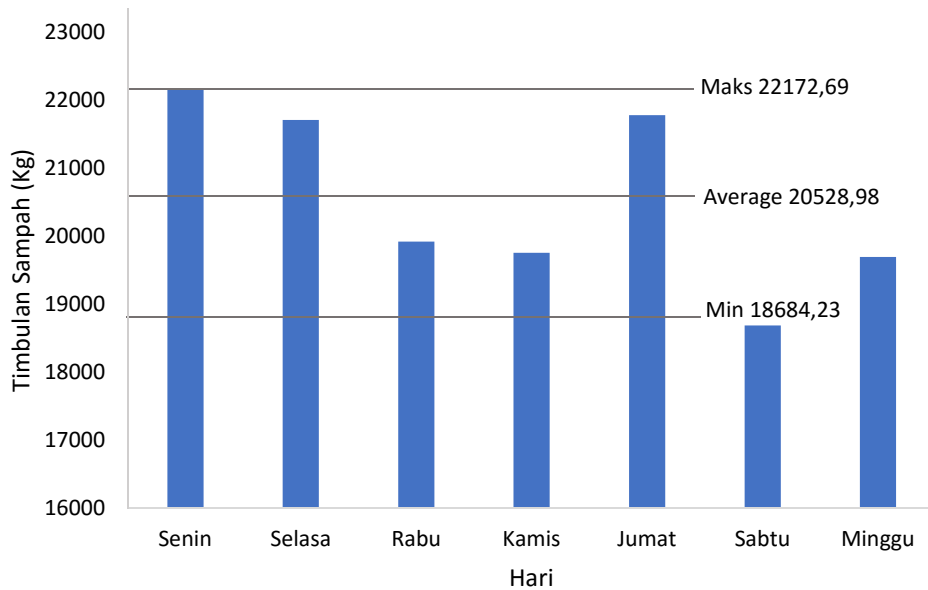
Berdasarkan data sekunder yang didapatkan dari Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Kabupaten Sinjai tahun 2019 yaitu timbulan sampah harian yang masuk ke TPA Tondong setelah dilakukan penimbangan di jembatan timbang, maka dapat diketahui jumlah timbulan sampah di TPA Tondong tahun 2019 seperti pada Tabel 10. Data hasil penimbangan ini digunakan sebagai asumsi hasil reduksi sampah yang dihasilkan oleh penduduk di daerah cakupan pelayanan TPA Tondong. Dari hasil reduksi ini, dapat diketahui seberapa besar persentase efisiensi dari pengelolaan persampahan di Kabupaten Sinjai.

Tabel 10. Hasil Penimbangan Harian Sampah di TPA Tondong Tahun 2019

No.	Timbulan Sampah (Kg)						
	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
1						16850	24850
2	13970	26800	19470	14970	32180	32270	21850
3	23020	28190	16200	24950	28940	14280	15130
4	30190	19700	21170	21570	26690	23940	19220
5	15380	31800	20510	22940	14880	20910	18990
6	33000	27210	23880	19570	31940	13330	20520
7	26110	24200	27630	9950	29350	21380	14630
8	27320	21980	19990	13690	9120	10200	17150
9	16890	14560	13680	18090	13600	23070	16450
10	25410	24790	17030	16250	17200	14440	23380
11	21020	21580	15500	20040	20550	19300	22880
12	16600	21920	19360	24420	13900	25980	17950
13	23800	23400	28000	17920	25580	24470	17370
14	29830	15390	25950	11440	22030	20780	24890
15	30210	37010	22780	32880	20010	18720	19170
16	21150	20090	2450	27330	17600	18380	31380
17	8510	24170	23160	22330	27410	25730	6370
18	37170	27210	21010	26630	26750	18410	28070
19	15380	25500	20290	21400	23420	18840	22930
20	18500	21680	16670	17450	24060	15680	22310
21	19670	23930	16160	21010	24840	21650	22870
22	19570	14890	11100	24200	24410	16850	24850
23	33000	27210	23880	19570	31940	13330	20520
24	25130	21580	15500	20040	20550	19300	22880
25	8510	24170	23160	22330	27410	25730	6370
26	31670	17530	23520	25820	39070	7820	25190
27	15380	25500	20290	21400	23420	18840	22930
28	25130	21580	15500	20040	20550	19300	22880
29	30190	19700	21170	21570	26690	23940	19220
30	37170	27210	20650	25150	12080	13690	26280

No.	Timbulan Sampah (Kg)						
	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
31	18840	17530	14610	14890	11100	24200	24410
32	30190	19700	21170	21570	26690	23940	19220
33	27320	21980	19990	13690	9120	10200	17150
34	27210	20420	21110	18780	20500	10830	23940
35	16430	19150	21010	26630	26750	18410	30210
36	37010	22780	32880	20010	18720	19170	37170
37	27210	20650	25150	12080	13690	26280	8510
38	24170	23160	22330	27410	25730	6370	27210
39	20960	25470	15380	20350	18540	20240	15680
40	5060	16430	19150	21010	26630	26750	18410
41	25130	21580	15500	20040	20550	19300	22880
42	8510	24170	23160	22330	27410	25730	6370
43	18840	17530	15140	14610	18490	20160	12990
44	15600	14300	14360	16240	13600	23070	16450
45	30190	19700	21170	21570	26690	23940	19220
46	31670	17530	23520	25820	39070	7820	25190
47	14270	13050	19220	6720	16070	12590	7420
48	18300	15650	33500	27810	20060	5060	10600
49	12790	13600	17700	5660	14020	11730	14740
50	25680	20250	17350	18660	15610	20720	15910
51	16420	21120	19980	14700	17090	19810	16210
52	5210	16840	16690	11900	8410	17850	14620
53	17090	25610					
Rata-rata	22172,69	21705,38	19916,27	19753,53	21778,63	18684,23	19692,12

Sumber: DLHK Kabupaten Sinjai, 2020



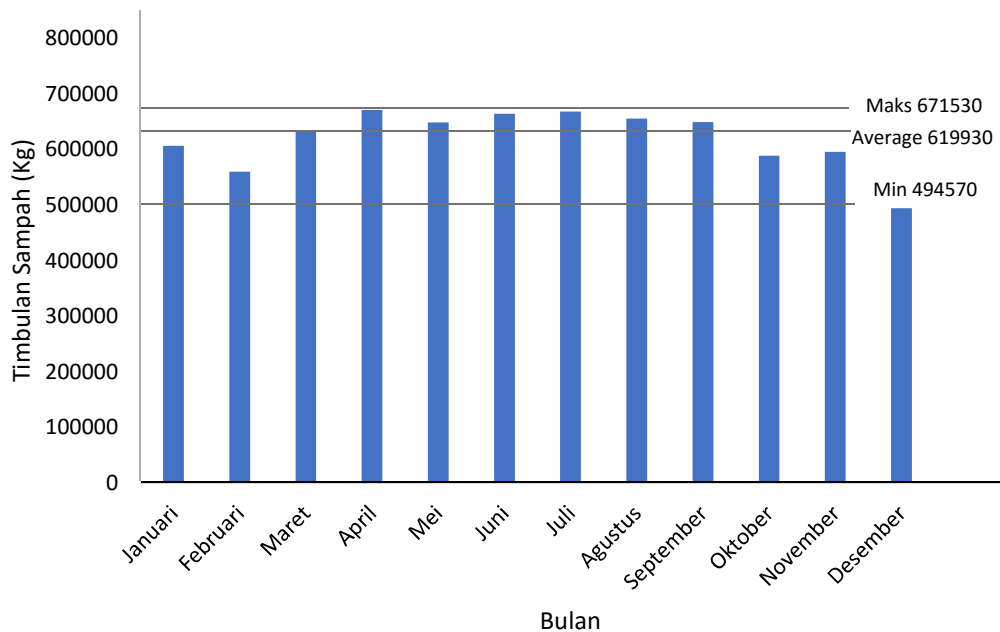
Gambar 9. Penimbangan Harian Timbulan Sampah TPA Tondong Tahun 2019

Dari Tabel 10 dan Grafik 9 di atas diketahui bahwa timbulan sampah terbanyak dihasilkan pada hari Senin sebesar 22.172,69 kg. Hal ini dapat disebabkan karena padatnya kegiatan di tempat wisata atau adanya acara-acara yang biasanya diselenggarakan di akhir pekan. Sedangkan timbulan sampah yang dihasilkan paling sedikit dihasilkan pada hari Sabtu sebesar 18.684,23 kg. Hal ini dapat disebabkan karena pada hari Jumat kebanyakan penduduk menghabiskan waktunya untuk beristirahat. Berdasarkan data di atas, maka didapatkan rata-rata timbulan sampah yang dihasilkan yaitu sebesar 20.528,98 kg/hari. Data harian di atas kemudian direkapitulasi sehingga diketahui jumlah timbulan sampah perbulan tahun 2019 seperti pada Tabel 11.

Tabel 11. Timbulan Sampah di TPA Tondong Tahun 2019

Bulan	Berat Sampah (Kg)
Januari	607030
Februari	560150
Maret	633160
April	671530
Mei	649280
Juni	664430
Juli	668430
Agustus	655770
September	649580
Oktober	589300
November	595940
Desember	494570
Total	7439170
Rata-rata	619930,833

Sumber: DLHK Kabupaten Sinjai, 2019



Gambar 10. Timbulan Sampah TPA Tondong Tahun 2019

Dari Tabel 11 di atas diketahui bahwa timbulan sampah yang dihasilkan terbanyak pada tahun 2019 terjadi pada bulan April sebesar 671.530 kg. Hal ini dapat disebabkan karena pada bulan April 2019 bertepatan dengan beberapa hari raya keagamaan dan pemilu. Sedangkan timbulan yang sampah yang dihasilkan paling sedikit yaitu pada bulan Desember sebesar 494.570 kg. Hal ini dapat disebabkan karena pada bulan Desember 2019 hanya terdapat satu hari raya keagamaan dan banyaknya penduduk yang keluar kota untuk berlibur. Jumlah keseluruhan timbulan sampah di TPA Sinjai tahun 2019 yaitu sebesar 7.439.170 kg, dengan rata-rata sebesar 619.930,833 kg setiap bulan.

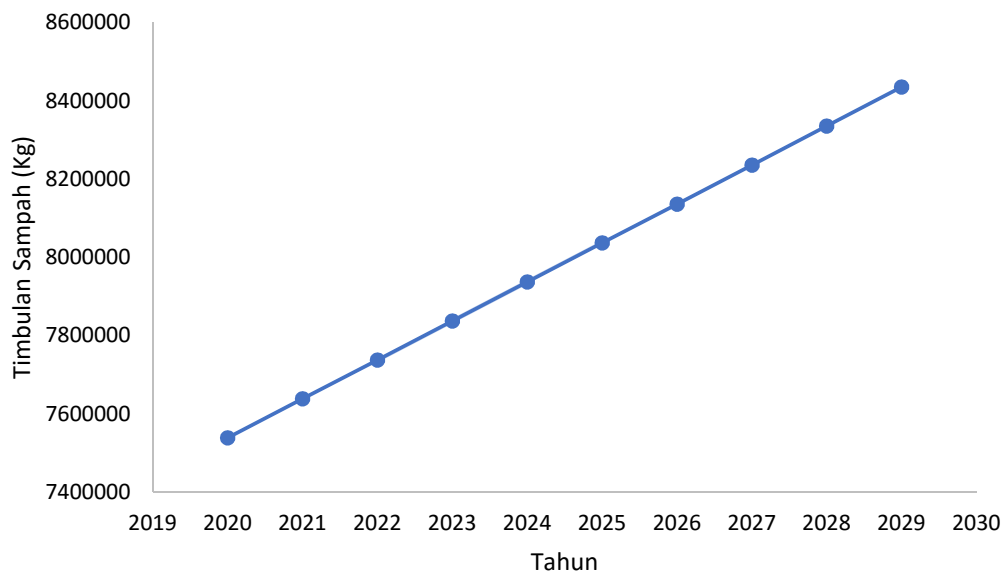
Dalam memprediksi jumlah sampah TPA Tondong di tahun mendatang, diperlukan hasil dari prediksi jumlah penduduk daerah cakupan TPA Tondong. Untuk tahun 2019, timbulan sampah TPA Tondong adalah sebesar 7.439.170 kg/tahun. Sehingga dengan nilai timbulan tahunan ini, didapatkan timbulan harian sebesar 20.381,288 kg/hari . Dari timbulan harian, maka dapat diketahui timbulan sampah yang dihasilkan per-orang per-hari yaitu dari pembagian timbulan harian dengan jumlah penduduk daerah cakupan TPA Tondong tahun 2019 yaitu sebesar 0,26 kg/orang/hari.

Merujuk pada hasil hitungan tersebut maka dapat diprediksi timbulan sampah di daerah cakupan TPA Tondong pada tahun-tahun yang akan datang. Proyeksi timbulan sampah di daerah cakupan TPA Tondong dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Proyeksi Jumlah Timbulan Sampah Berdasarkan Jumlah Penduduk

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Timbulan Sampah (Kg)
2020	79963	7538727,245
2021	81019	7638284,490
2022	82075	7737841,735
2023	83131	7837398,979
2024	84187	7936956,224
2025	85243	8036513,469
2026	86299	8136070,714
2027	87355	8235627,959
2028	88411	8335185,204
2029	89467	8434742,449

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020



Gambar 11. Proyeksi Jumlah Timbulan Sampah Berdasarkan Jumlah Penduduk

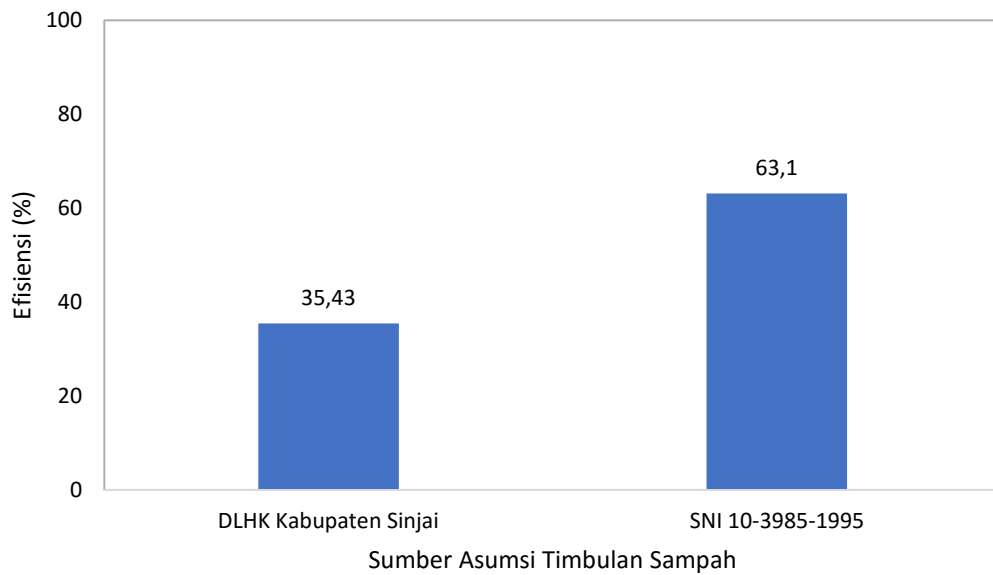
Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Kabupaten Sinjai mengasumsikan bahwa timbulan sampah yang dihasilkan penduduknya sebesar 0,4 kg/orang/hari. Sedangkan menurut Standar Nasional Indonesia 10-3983-1995, timbulan sampah yang dihasilkan untuk kota kategori sedang (penduduk 100.000-500.000 jiwa) sebesar 0,7 kg/orang/hari. Efisiensi pengelolaan persampahan dapat diukur

berdasarkan hasil reduksi timbulan sampah sebelum di buang ke TPA, seperti pengolahan di Bank Sampah dan TPS 3R. Hasil reduksi sampah hasil pengelolaan Kabupaten Sinjai dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Efisiensi Pengelolaan Persampahan di Kabupaten Sinjai

Sumber	Timbulan Sampah		TPA Tondong (Kg)	Reduksi Sampah (Kg)	Efisiensi
	(Kg/orang/hari)	(Kg/Tahun)			
DLHK Kabupaten Sinjai	0,4	11520422	7439170	4081252	35,43%
SNI 10-3985- 1995	0,7	20160738,5			

Sumber: Hasil perhitungan, 2020



Gambar 12. Efisiensi Pengelolaan Persampahan di Kabupaten Sinjai

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di atas, maka dapat di peroleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Efisiensi pengelolaan persampahan di daerah cakupan pelayanan TPA Tondong Kabupaten Sinjai dari segi mereduksi timbulan sampah cukup baik. Berdasarkan asumsi timbulan sampah dari Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Kabupaten Sinjai yaitu sebesar 0,4 kg/orang/hari, efisiensi reduksi timbulan sampah mencapai 35,43%. Sedangkan berdasarkan asumsi timbulan sampah dari Standar Nasional Indonesi 10-3985-1995 yaitu sebesar 0,7 kg/orang/hari, efisiensi reduksi timbulan sampah mencapai 63,10%.
2. Potensi emisi metana (CH₄) di TPA Tondong Kabupaten Sinjai Tahun 2019 adalah 326,97 ton/tahun yang dihasilkan dari 7.439.170 kg timbulan sampah yang didominasi oleh sampah organik sebesar 58,33%. Adapun proyeksi nilai emisi metana (CH₄) pada Tahun 2029 adalah 370,71 ton/tahun. Dapat dilihat dari jumlah emisi metana (CH₄) tiap tahunnya mengalami peningkatan hal ini dipengaruhi oleh makin meningkatnya jumlah penduduk dari tahun ketahun sehingga menimbulkan timbulan sampah yang makin banyak pula yang menyebabkan kandungan gas metana (CH₄) semakin besar.
3. Dari hasil konversi, energi listrik yang dapat dihasilkan pada Tahun 2019 adalah sebesar 5.567.511,2 kWh/tahun dari emisi metana (CH₄) sebesar 326,97 ton/tahun. Adapun proyeksi energi listrik yang dihasilkan pada pada Tahun 2029 adalah 6.312.602,5 kWh/tahun. Terlihat potensi energi listrik setiap tahunnya semakin meningkat seiring dengan meningkatnya gas metana setiap tahunnya apabila dimanfaatkan sebagai energi terbarukan.

B. Saran

Berdasarkan hasil pembahasan dan kesimpulan penelitian, maka disarankan:

1. Sistem pengolahan sampah di TPA Tondong diharapkan menggunakan sistem *sanitary landfill* dengan memperbaiki sarana dan prasarana sesuai amanat UU No. 18 tahun 2008.
2. Pengelolaan persampahan Kabupaten Sinjai lebih ditingkatkan lagi dengan memperluas daerah cakupan pelayanan TPA Tondong ke semua kecamatan yang ada.
3. Memaksimalkan sistem penangkapan, pengumpulan, dan pengolahan gas metana di TPA Tondong untuk dijadikan sumber energi alternatif dan menghindari ledakan karena gas metana yang tidak dikelola sehingga menimbulkan kebakaran.
4. Perlunya pengambilan data pada dua musim yang berbeda untuk mengetahui perbandingan gas metana yang dihasilkan untuk setiap musim sehingga data tahunan gas metana lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adioetomo, SM, dan Saamosir. 2010. *Dasar-dasar Demografi Edisi 2*. Jakarta:Penerbit Salemba Empat
- Basri, Ady Darmawan. 2017. *Prediksi Emisi Gas Karbondioksida dan Metana Serta Potensi Energi Listrik dari Aktivitas Domestik dan Nondomestik di Surabaya Selatan*. Surabaya:Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Bent, S. (2007). *Renewable Energy Conversation, Transmission and Storage*, International J Global Energy Issues 13 (3). 196-276
- Badan Pusat Statistik. 2019. *Kabupaten Sinjai Dalam Angka*. Sinjai:BPS Kabupaten Sinjai
- BPSDM. 2018. *Modul Teknologi Berbasis Proses Biologi- Landfill Gas*. Bandung: Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
- Chandra, Budiman. 2006. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta:Buku Kedokteran EGC
- Cinthiawati, Raisa, dkk. 2013. *Estimasi dan Proyeksi Emisi Gas Rumah Kaca dari Pengelolaan Sampah di Kota Tangerang dengan Pendekatan Metode IPCC*. Depok:Universitas Indonesia
- Damanhuri, Enri., dan Padmi, Tri. 2010. *Pengelolaan Sampah*. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. 2008. *Pedoman 3R Berbasis Masyarakat Di Kawasan Pemukiman*. Jakarta:Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
- Direktorat Pengembangan PLP. 2011. *Materi Pengelolaan Sampah*. Jakarta:Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

- Eggleston, S. L. Buendia, M. Kyoko, T. Ngara. 2006. *IPCC Guidelines For National Greenhouse Gas Inventories. Vol 5 Waste. IGES.*
- Fuadhilah, Rury. 2012. *Timbulan dan Komposisi Sampah Sebagai Dasar Perancangan Teknis Operasional Persampahan Pada Kecamatan Serpong, Serpong Utara, dan Setu Sebagai Daerah Industri di Kota Tangerang Selatan.* Depok: Universitas Indonesia
- Garini, Dentisa. 2012. *Modul E: Pengolahan dan Pemrosesan Akhir Sampah, Desain Perangkat Penangkap Gas Metan Pada Landfill di TPA Supit Urang Untuk Bahan Bakar Generator Listrik.* Malang: Universitas Muhammadiyah Malang
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. General Guidance and Reporting. *Journal of IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, (2006).*
- Khatulistiwa, Mutiara Rizki, dkk. 2015. *Inventarisasi Emisi (CH₄) di TPA Batu Layang Kota Pontianak Provinsi Kalimantan Barat.* Pontianak: Universitas Tanjungpura
- Sari, Agus Mustika. 2018. *Estimasi Emisi Metana (CH₄) dari TPA Tamangapa.* Makassar: Universitas Hasanuddin
- SNI 19-2454-2002. 2002. *Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan.* Badan Standar Nasional (BSN)
- SNI 19-3964-1994. 1994. *Metode Pengambilan dan Pengukuran contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan.* Badan Standar Nasional (BSN)
- SNI 19-3983-1995. 1995. *Spesifikasi Timbulan Sampah Untuk Kota Kecil dan Kota Sedang di Indonesia.* Badan Standar Nasional (BSN)
- Sudrajat. 2006. *Mengelola Sampah Kota.* Jakarta: Penabar Suwadaya
- Sulistiyoweni. 2002. *Rekayasa Lingkungan Jilid I.* Depok: Universitas Indonesia

Sodhi, G.S . 2010 . *Konsep Dasar Kimia Lingkungan*. Jakarta: Buku Kedokteran
EGC

Undang-Undang Republik Indonesia No.18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan
Sampah

