

TUGAS AKHIR
STUDI EMISI GAS RUMAH KACA (GRK) PADA
AKTIVITAS OPERASIONAL BANK SAMPAH DI
KABUPATEN BANTUL

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



FARID IBNU WAHID
19513088

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023

TUGAS AKHIR
STUDI EMISI GAS RUMAH KACA (GRK) PADA
AKTIVITAS OPERASIONAL BANK SAMPAH DI
KABUPATEN BANTUL

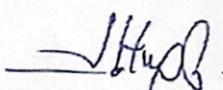
Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



Disusun Oleh:

FARID IBNU WAHID
19513088

Disetujui,
Dosen Pembimbing:


Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng.

NIK. 095130404

Tanggal: 17/10 '23 .


Elita Nurfitriyani Sulistyono, S.T., M.Sc.

NIK. 185130402

Tanggal: 18/10 '23



Any Juliiani, S.T., M.Sc. (Res.Eng), Ph.D

NIK. 045130401

Tanggal: 20/10 - 23

HALAMAN PENGESAHAN
STUDI EMISI GAS RUMAH KACA (GRK) PADA
AKTIVITAS OPERASIONAL BANK SAMPAH DI
KABUPATEN BANTUL

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin
Tanggal : 9 Oktober 2023

Disusun Oleh:

FARID IBNU WAHID
19513088

Tim Penguji:

Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng.



Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.



Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 14 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan,



Farid Ibnu Wahid
NIM: 19513088

PRAKATA/PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatuallahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan dengan berjudul “Studi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) pada Aktivitas Operasional Bank Sampah di Kabupaten Bantul” yang dilaksanakan sejak Maret 2023. Penyusunan laporan ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Strata Satu (S1) dari Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan ini, penulis turut mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang membantu dan memberikan semangat, dukungan, dorongan, serta bimbingan dalam menyelesaikan laporan ini. Sehingga, pada kesempatan ini perkenankan peneliti menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

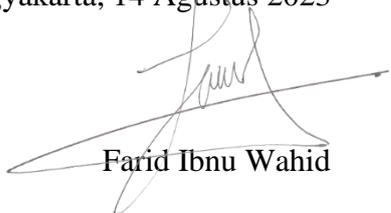
1. Allah Subhanahu wa ta'ala atas segala rahmat yang diberikan, kemampuan dan kemudahan serta kelancaran yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini.
2. Kedua orang tua saya, Ridwan Akhmad dan Far'atun Hayinah yang selalu memberikan doa dan dukungan agar diberikan kelancaran dalam menjalankan masa studi.
3. Ibu Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
4. Bapak Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, masukan dan dukungan dalam penelitian dan penyusunan laporan.
5. Ibu Elita Nurfitriyani Sulistyono, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing II yang membimbing dan memberikan arahan dalam penyusunan serta memperbaiki kekurangan dalam penyusunan laporan.

6. Bapak Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan yang sangat membantu dalam penelitian dan penyusunan laporan.
7. Seluruh dosen staf dan keluarga besar Teknik Lingkungan FTSP UII, yang sudah membantu, mengajar, dan mendukung selama menempuh perkuliahan ini.
8. Teman-teman topik tugas akhir Emisi GRK pada Aktivitas Operasional Bank Sampah, Alya Ariqa, Fadhil Cesarea, Zidni Puteri, dan Regina Shinta yang telah berjuang bersama-sama dan saling menyemangati satu sama lain untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Seluruh pengurus dan direktur bank sampah di Kabupaten Bantul, terkhusus Ibu Yuli Bank Sampah Iga Kanas, yang telah banyak membantu pengerjaan penelitian ini hingga selesai.
10. Farid Sirin Stevy dan Baskara Hindia Putra yang telah memberikan semangat melalui lagu-lagunya yang menginspirasi, dan membantu menjalani perjalanan skripsi ini dengan semangat yang lebih kuat.
11. Seluruh teman-teman yang selalu memberikan doa, dukungan serta semangat kepada penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga kebaikan dan seluruh bantuan yang telah diberikan akan mendapatkan balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan sehingga membuat laporan menjadi lebih baik lagi dan dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca ataupun penelitian selanjutnya. Aamiin.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 14 Agustus 2023



Farid Ibnu Wahid

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRACT

The increasing amount of waste in Bantul Regency will lead to pollution and environmental problems. To address this issue, a waste management system that can be implemented is the waste bank system. However, waste bank activities have the potential to generate greenhouse gas (GHG) emissions such as CO₂, CH₄, and N₂O, which can cause the greenhouse effect and contribute to global warming. This is due to the involvement of motorized vehicles fueled by fossil fuels in the waste collection and transportation process. This research aims to identify the operational activities of waste banks that have the potential to generate GHG emissions (CO₂, CH₄, and N₂O), analyze the extent of emissions produced, and create a comparative scenario of waste management to determine the least GHG-emitting waste management option. The calculation method used to estimate GHG emissions is based on the Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, referring to the IPCC Guidelines 2006.

Based on the estimated GHG emissions, the existing conditions or operational activities of waste banks in 15 samples in Bantul Regency result in a total emission of 18.405,97 CO₂(eq)/year. Furthermore, in the scenario where waste is disposed of in a landfill, emissions are estimated to be 18.782,81 CO₂(eq)/year, while in the scenario of open burning of waste, emissions reach 24.767,8 CO₂(eq)/year. The conclusion of this study is that the operational activities of waste banks result in lower GHG emissions compared to management through open burning or landfill disposal.

Keywords: *Greenhouse Gas Emissions, IPCC, Waste Bank*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

Semakin bertambahnya timbulan sampah di Kabupaten Bantul akan menyebabkan terjadinya pencemaran dan permasalahan lingkungan, dalam menangani permasalahan tersebut sistem pengelolaan yang bisa dilakukan adalah dengan sistem bank sampah, namun aktivitas bank sampah berpotensi menghasilkan emisi gas rumah kaca (GRK) seperti CO₂, CH₄, dan N₂O yang dapat menimbulkan efek rumah kaca dan berkontribusi terhadap terjadinya pemanasan global. Hal tersebut disebabkan pada proses pengumpulan dan pengangkutan sampah melibatkan penggunaan kendaraan bermotor yang berbahan bakar fosil. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi aktivitas operasional bank sampah yang berpotensi menghasilkan emisi GRK (CO₂, CH₄ dan N₂O), menganalisis seberapa besar emisi yang dihasilkan, serta membuat skenario perbandingan pengelolaan sampah untuk mengetahui pengelolaan sampah yang paling minim mengemisikan GRK. Metode perhitungan yang digunakan untuk mengestimasi emisi GRK adalah Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional yang mengacu pada IPCC *Guidelines* 2006.

Berdasarkan hasil estimasi emisi GRK, kondisi eksisting atau aktivitas operasional bank sampah di 15 sampel bank sampah Kabupaten Bantul menghasilkan emisi total sebesar 18.405,97 CO₂(eq)/tahun, kemudian skenario apabila sampah dilakukan penimbunan di TPA menghasilkan emisi sebesar 18.782,81 CO₂(eq)/tahun, sedangkan skenario apabila sampah dilakukan pembakaran terbuka menghasilkan emisi 24.767,8 CO₂(eq)/tahun. Kesimpulan dari penelitian ini, aktivitas operasional bank sampah menghasilkan emisi GRK yang lebih minim dibandingkan dengan pengelolaan dengan sistem pembakaran terbuka ataupun penimbunan di TPA.

Kata kunci: Bank Sampah, Emisi Gas Rumah Kaca, IPCC

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN.....	v
PRAKATA/PENGANTAR	vi
<i>ABSTRACT</i>	ix
ABSTRAK.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Definisi Sampah	5
2.2 Pengelolaan Sampah.....	5
2.3 Bank Sampah.....	6
2.4 Aktivitas Operasional Bank Sampah.....	7
2.5 Gas Rumah Kaca	9
2.6 Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca	10
2.7 Faktor Emisi	12
2.8 Penelitian Terdahulu.....	12
BAB III METODE PENELITIAN.....	15
3.1 Tahapan Penelitian	15
3.2 Lokasi Penelitian.....	16
3.3 Metode Pengumpulan Data	20

3.4 Identifikasi Aktivitas Operasional Bank Sampah	21
3.5 Perhitungan Potensi Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Operasional Bank Sampah	23
3.6 Skema Skenario Pengelolaan Sampah	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	37
4.2 Aktivitas Bank Sampah	44
4.3 Potensi Gas Rumah Kaca (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) dari Aktivitas Bank Sampah	47
4.3.1 Aktivitas Pengumpulan	47
4.3.2 Aktivitas Pengangkutan Pengepul.....	52
4.3.3 Aktivitas Pengangkutan Pengepul Besar/Industri.....	54
4.3.4 Total Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Operasional Bank Sampah	54
4.4 Perbandingan Skenario Aktivitas di Luar Bank Sampah	60
4.4.1 Pembakaran	60
4.4.2 Penimbunan ke TPA	63
4.4.3 Perbandingan Emisi Aktivitas Bank Sampah dengan Skenario.....	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	68
5.1. Kesimpulan.....	68
5.1. Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN.....	73
RIWAYAT HIDUP.....	80

DAFTAR NOTASI

BBa	= Konsumsi Transportasi
TJ	= <i>Terra Joule</i>
a	= Jenis bahan bakar untuk perhitungan CO ₂
b	= Jenis bahan bakar untuk perhitungan CH ₄ dan N ₂ O
j	= komponen dari sampah
i	= kategori sampah yang dibakar
MSW	= berat total sampah yang dibakar secara terbuka (Gg/tahun)
WFj	= fraksi tipe limbah dari komponen j dalam sampah
Dmj	= fraksi kandungan zat kering di dalam sampah
CFj	= fraksi karbon dalam kandungan kering (kandungan karbon total)
FCFj	= fraksi karbon fosil di dalam karbon total
OFj	= faktor oksidasi (fraksi)
44/12	= faktor konversi C menjadi CO ₂
Iwi	= berat total sampah yang dibakar secara terbuka (Gg/tahun)
EFi	= fraksi emisi CH ₄ (kg CH ₄ /kg sampah)
R	= Recovery CH ₄ di TPA
OXT	= Faktor Oksidasi pada tahun T, fraksi
F	= Fraksi CH ₄ pada gas yang dihasilkan di landfill
16/12	= Rasio berat molekul CH ₄ /C (ratio)
DDOCm	= Massa DOC yang terdeposisi, Ggram
W	= Massa limbah yang terdeposisi, Ggram
DOC	= Fraksi degradable karbon organik pada tahun deposisi sampah
DOCf	= Fraksi DOC yang dapat terdekomposisi pada kondisi anerobik
MCF	= Faktor koreksi CH ₄ , yang menggambarkan bagian limbah yang akan terdekomposisi pada kondisi aerobik (sebelum kondisi anerobik terjadi) pada tahun deposisi limbah
CH ₄ , _{generated T}	= CH ₄ yang terbentuk pada tahun T hasil dekomposisi komponen organik yang tersimpan di dalam sampah (DDOC)

OX	= Faktor Oksidasi
44	= Molekul relatif (Mr) dari CO ₂ (kg/kg-mol)
12	= Massa atom relatif (Mr) dari CH ₄ (kg/kg-mol)

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	12
Tabel 3.1. Lokasi Penelitian.....	17
Tabel 3.2, Lokasi Sampel Pengepul.....	19
Tabel 3.3. Kebutuhan Data Primer Penelitian.....	20
Tabel 3.4. Kebutuhan Data Sekunder Penelitian	21
Tabel 3.5. Metode Perhitungan masing-masing Emisi Gas Rumah Kaca	23
Tabel 3.6. Nilai Kalor Bahan Bakar Indonesia	26
Tabel 3.7. Faktor Emisi CO ₂ Bahan Bakar Indonesia (Tier-2).....	27
Tabel 3.8. Faktor Emisi CH ₄ dan N ₂ O <i>Default</i> IPCC (Tier-1).....	27
Tabel 3.9 Angka <i>Default Dry Matter</i> Sampah Kota	30
Tabel 3.10. Faktor Oksidasi (OX) Gas CH ₄ pada Penutup Timbunan Sampah TPA	32
Tabel 3.11. <i>Methane Correction Factor</i>	34
Tabel 3.12 Angka <i>Default</i> DOC Masing-masing Komponen Sampah	34
Tabel 3.13. Konversi GWP	35
Tabel 4.1. Aktivitas Operasional di Bank Sampah Kelompok Besar	39
Tabel 4.2. Aktivitas Operasional di Bank Sampah Kelompok Sedang.....	40
Tabel 4.3. Aktivitas Operasional di Bank Sampah Kelompok Kecil.....	41
Tabel 4.4. Kegiatan Pengepul pada 15 Bank Sampah di Kabupaten Bantul	46
Tabel 4.5. Perhitungan Jarak tempuh 1 Tahun di Bank Sampah Berkah.....	49
Tabel 4.6. Perhitungan Konsumsi BBM di Bank Sampah Berkah	49
Tabel 4.7. Perhitungan Emisi CO ₂ di Bank Sampah Berkah	50
Tabel 4.8. Emisi CO ₂ dari Kegiatan Pengumpulan 15 sampel bank sampah di Kabupaten Bantul.....	50
Tabel 4.9. Emisi CH ₄ Kegiatan Pengumpulan 15 sampel bank sampah di Kabupaten Bantul.....	51
Tabel 4.10. Emisi N ₂ O Kegiatan Pengumpulan 15 sampel bank sampah di Kabupaten Bantul.....	52

Tabel 4.11. Emisi Kegiatan Pengangkutan Pengepul 15 sampel bank sampah di Kabupaten Bantul.....	53
Tabel 4.12. Emisi GRK Kegiatan Pengangkutan Pengepul Besar/Industri	54
Tabel 4.13. Rerata Emisi GRK Tiap Aktivitas Bank Sampah Kabupaten Bantul	60
Tabel 4.14. Berat Sampah Sampel Bank Sampah 1 Tahun.....	60
Tabel 4.15. Total Emisi GRK dari Pembakaran Sampah Bank Sampah	62
Tabel 4.16. Total Emisi GRK dari Pengangkutan ke <i>Landfill</i>	63
Tabel 4.17. Total Emisi GRK dari Penimbunan <i>Landfill</i>	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Diagram Alir Metode Penelitian	15
Gambar 3.2. Lokasi Sampel Bank Sampah.....	18
Gambar 3.3. Lokasi Sampel Pengepul	20
Gambar 3.4. Wawancara dan Pengamatan Lapangan Bank Sampah.....	22
Gambar 3.5. Wawancara dan Pengamatan Lapangan Bank Sampah.....	22
Gambar 3.6. Wawancara dan Pengamatan Lapangan Pengepul	22
Gambar 3.7. Skema perhitungan emisi GRK pada aktivitas operasional bank sampah.....	24
Gambar 3.8. Skenario 1 Kondisi Eksisting Aktivitas Bank Sampah	28
Gambar 3.9. Skenario 2 Pembakaran Terbuka.....	28
Gambar 3.10. Skenario 3 Penimbunan di TPA	28
Gambar 3.11. Skema perhitungan emisi CO ₂ pada skenario pembakaran terbuka	29
Gambar 3.12. Skema perhitungan emisi CH ₄ dan N ₂ O pada skenario pembakaran terbuka.....	29
Gambar 3.13. Skema perhitungan emisi pada skenario penimbunan TPA.....	31
Gambar 4.1. Berat Sampah di 15 Sampel Bank Sampah Kabupaten Bantul.....	42
Gambar 4.2. Komposisi Sampah yang diterima oleh Bank Sampah di Kabupaten Bantul	43
Gambar 4.3. Diagram Alir Aktivitas Bank Sampah	44
Gambar 4.4. Total Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengumpulan dan Pengangkutan Pengepul	55
Gambar 4.5. Diagram Batang Total Jarak Tempuh Aktivitas Bank Sampah Pengumpulan, Pengolahan, dan Pengangkutan.....	56
Gambar 4.6. Diagram Batang Total Nasabah Bank Sampah.....	57
Gambar 4.7. Total Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengangkutan Pengepul Besar/Industri	58
Gambar 4.8. Total Emisi Aktivitas Bank Sampah	59

Gambar 4.9. Perbandingan Emisi Aktivitas Bank Sampah dengan Skenario
Penimbunan ke TPA dan Pembakaran..... 66

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 – Kuesioner Penelitian.....	73
--	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Bantul adalah salah satu dari lima kabupaten atau kota di Daerah Istimewa Yogyakarta. Kabupaten Bantul memiliki luas wilayah sebesar 506,85 km² dan jumlah penduduk sebanyak 1.013.170 jiwa pada tahun 2022 (Badan Pusat Statistik Kabupaten Bantul, 2022). Berdasarkan data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional, jumlah timbulan sampah di Kabupaten Bantul pada tahun 2020 adalah sebesar 192.021,91 ton, jumlah tersebut tentunya akan terus bertambah seiring dengan semakin pesatnya pertumbuhan jumlah penduduk.

Semakin bertambahnya jumlah timbulan sampah di Kabupaten Bantul tentu saja akan menyebabkan terjadinya pencemaran dan permasalahan lingkungan apabila tidak dilakukan pengelolaan sampah dengan baik. Dalam menangani permasalahan tersebut diperlukan pengelolaan sampah di mana sampah harus dikurangi, digunakan kembali, maupun didaur ulang. Salah satu sistem pengelolaan yang bisa dilakukan adalah melalui bank sampah. Bank sampah merupakan salah satu kegiatan *social enterprise* yang berfokus pada pengelolaan sampah berbasis pemberdayaan masyarakat di mana sampah dikelola dengan optimal sebagai barang yang bernilai guna (Setyaningrum, 2015).

Secara umum aktivitas yang dilakukan dalam bank sampah terdiri dari proses pengumpulan, pemilahan, pengolahan, penyimpanan, dan pengangkutan. Dari aktivitas bank sampah tersebut diindikasikan menghasilkan emisi gas rumah kaca. Pada proses pengumpulan dan pengangkutan sampah dari rumah nasabah menuju ke bank sampah maupun dari gudang bank sampah menuju ke gudang pengepul melibatkan penggunaan kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil. Penggunaan bahan bakar fosil menghasilkan emisi gas rumah kaca, terutama karbon dioksida (CO₂) dari pembakaran bahan bakar, kemudian di dalam bank sampah, sampah akan diolah secara mekanik atau biologis. Proses pengolahan sampah ini juga dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca. Misalnya, dalam proses

pengomposan, sampah organik akan menghasilkan gas metana (CH₄) (Rohmawati, 2018).

Gas Rumah Kaca merupakan gas yang terkandung dalam atmosfer yang memiliki kemampuan menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah dari sinar matahari, sehingga dapat menimbulkan efek rumah kaca dan berkontribusi besar terhadap terjadinya pemanasan global. Selain itu, dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 14 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Sampah pada bank sampah, fasilitas bank sampah baik induk maupun unit harus memenuhi syarat bahwa fasilitas tersebut tidak mencemari lingkungan.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengidentifikasi aktivitas dalam bank sampah serta seberapa besar jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan untuk kemudian dapat direncanakan tindakan yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dari aktivitas bank sampah di Kabupaten Bantul.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang dikemukakan, maka rumusan masalah yang dapat disusun, antara lain:

1. Apa saja dan bagaimana aktivitas operasional bank sampah di Kabupaten Bantul?
2. Berapa potensi Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄, N₂O) yang dihasilkan dari aktivitas operasional bank sampah di Kabupaten Bantul?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi aktivitas operasional bank sampah di Kabupaten Bantul.
2. Menghitung dan menganalisis potensi Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄, N₂O) yang dihasilkan dari aktivitas bank sampah di Kabupaten Bantul.

3. Menghitung skenario sebagai pembanding kondisi eksisting aktivitas bank sampah untuk mengetahui sistem pengelolaan sampah terbaik yang paling minim emisi gas rumah kaca.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh, yaitu:

1. Memberikan informasi mengenai apa saja dan bagaimana aktivitas operasional bank sampah di Kabupaten Bantul.
2. Memberikan informasi mengenai seberapa besar Gas Rumah Kaca (CO_2 , CH_4 , N_2O) yang dihasilkan oleh aktivitas operasional bank sampah di Kabupaten Bantul.
3. Mengetahui sistem pengelolaan yang paling minim emisi gas rumah kaca.
4. Hasil penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai dasar untuk mengembangkan strategi-strategi baru dalam pengelolaan lingkungan khususnya terhadap pengendalian Emisi Gas Rumah Kaca yang dihasilkan oleh aktivitas operasional bank sampah di Kabupaten Bantul.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini, antara lain:

1. Lokasi penelitian terletak pada 15 sampel bank sampah di Kabupaten Bantul, D.I. Yogyakarta.
2. Data primer diambil melalui wawancara tertulis kepada tiap-tiap sampel bank sampah dan pengepul.
3. Emisi Gas Rumah Kaca yang dilakukan perhitungan yaitu CO_2 , CH_4 , N_2O .
4. Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca (CO_2 , CH_4 , N_2O) yang dihasilkan oleh aktivitas bank sampah di Kabupaten Bantul menggunakan Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah

Kaca Nasional dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang mengacu pada IPCC *Guidelines* 2006.

5. Kendaraan yang digunakan pada kegiatan pengumpulan bank sampah diasumsikan menggunakan sepeda motor.
6. Bahan bakar kendaraan bermotor bensin diasumsikan menggunakan Pertamina RON 92.
7. Bahan bakar kendaraan bermotor diesel diasumsikan menggunakan bahan bakar Solar.
8. Data yang dihimpun adalah data pada aktivitas operasional bank sampah dalam 3 bulan terakhir.
9. Nasabah aktif adalah nasabah yang aktif menyetorkan sampah minimal satu kali pada saat operasional bank sampah dalam tiga bulan terakhir.
10. Emisi gas rumah kaca yang dihitung merupakan emisi yang dihasilkan dari aktivitas pengumpulan sampah dari rumah nasabah menuju ke pengepul, pengolahan sampah yang dilakukan di bank sampah, pengangkutan dari gudang bank sampah menuju ke gudang pengepul, hingga dari gudang pengepul menuju ke pengepul besar/industri daur ulang.
11. Dalam penentuan jarak rumah nasabah menuju ke bank sampah diklasterkan berdasarkan jarak rata-rata dalam tiap-tiap Rukun Tetangga (RT) atau Rukun Warga (RW) menuju ke bank sampah.
12. Skenario yang menjadi pembanding berupa kondisi eksisting berupa sampah yang terkelola oleh bank sampah dalam satu tahun dilakukan pembakaran terbuka dan dilakukan penimbunan di TPA.
13. Pada skenario penimbunan di TPA emisi yang diperhitungkan dari pengangkutan dari rumah nasabah ke bank sampah, lalu menuju ke TPA, dan emisi dari penimbunan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Sampah

Sampah dapat didefinisikan sebagai segala sesuatu yang dibuang, ditolak, diabaikan, tidak diinginkan, atau materi yang tidak terpakai (EPA, 2019). Berdasarkan UU No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, Sampah memiliki arti berupa sisa aktivitas manusia sehari-hari dan/atau proses alam yang memiliki bentuk padat atau semi padat dan merupakan zat organik atau anorganik memiliki sifat dapat terurai maupun tidak dapat terurai serta dianggap sudah tidak lagi memiliki nilai guna dan dibuang ke lingkungan.

Jumlah sampah permukiman yang ada di Indonesia mengalami kenaikan 2-3% per tahun dikarenakan efek dari peningkatan populasi dan pertumbuhan ekonomi yang terjadi (Wijayanti, 2015). Kementerian Lingkungan Hidup mencatat bahwa penduduk Indonesia menghasilkan 0,5 kg sampah per hari dan 125 juta kg sampah dari jumlah penduduk Indonesia.

2.2 Pengelolaan Sampah

Pengelolaan sampah merupakan semua aktivitas yang dilakukan untuk memperlakukan dan menangani sampah dari saat ditimbulkan hingga pembuangan akhir. Pengelolaan sampah berdasarkan UU 18/2008 dinyatakan sebagai usaha dan kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang terdiri dari dua bagian yaitu pengurangan dan penanganan sampah. UU 18/2008 tentang Pengelolaan Sampah serta mengamanatkan perlunya perubahan paradigma yang mendasar dalam pengelolaan sampah yaitu dari paradigma kumpul–angkut–buang, menjadi pengolahan yang bertumpu pada pengurangan sampah dan penanganan sampah. Pola baru yang perlu diterapkan dalam pengelolaan sampah merupakan pola yang menganggap sampah merupakan sumber daya yang memiliki nilai ekonomis dan dapat dimanfaatkan.

Pengelolaan sampah dapat dilakukan dengan pendekatan yang komprehensif. Dimulai dari hulu, yaitu dari suatu produk yang memiliki potensi

menjadi sampah belum dihasilkan. Dilanjutkan hingga ke hilir, yaitu pada tahap produk sudah digunakan dan menjadi sampah, yang lalu dikembalikan ke lingkungan dengan aman. Aktivitas pengurangan sampah memiliki tujuan berupa masyarakat secara umum melakukan pembatasan timbulan sampah, pendauran ulang dan pemanfaatan kembali sampah atau yang disebut dengan *Reduce*, *Reuse* dan *Recycle* (3R) dengan cara yang efisien dan terprogram.

2.3 Bank Sampah

Definisi bank sampah menurut PerMenLHK 14/2021, yaitu bank sampah merupakan fasilitas untuk mengelola sampah dengan prinsip 3R (*reduce*, *reuse*, dan *recycle*), sebagai sarana edukasi, perubahan perilaku dalam pengelolaan sampah, serta menjalankan konsep ekonomi sirkular. Bank Sampah ini biasanya didirikan dan dioperasikan oleh masyarakat, perusahaan, atau pemerintah daerah.

Dengan demikian, pengertian tersebut menggambarkan Bank Sampah sebagai sebuah entitas atau lokasi khusus di mana sampah dikumpulkan, dipilah, dan dikelola dengan tujuan untuk mengoptimalkan nilai dari sampah tersebut berdasarkan prinsip-prinsip 3R, dan melibatkan partisipasi aktif masyarakat dalam prosesnya.

Menurut (Ramandhani, 2013), menyatakan bahwa pengertian bank sampah yaitu suatu unit kerja yang melakukan pengelolaan sampah dimana kegiatannya meliputi pemilahan sampah dari sumbernya yang kemudian dikumpulkan pada suatu tempat kemudian dijual ke pihak ketiga. Bank Sampah didirikan sesuai dengan ketentuan dalam Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, yang mengedepankan prinsip-prinsip pengurangan (*reduce*), penggunaan kembali (*reuse*), dan pengolahan kembali (*recycle*) sampah.

Bank sampah merupakan suatu lembaga di mana kegiatannya adalah menghimpun sampah dari masyarakat yang masih memiliki nilai ekonomi untuk kemudian dipilah, ditimbang, dijual dan hasil penjualannya masuk ke dalam rekening nasabah bank sampah. Aktivitas di bank sampah memberlakukan konsep 3R contohnya mengurangi jumlah sampah organik dan diubah menjadi kompos, melakukan daur ulang kemasan plastik menjadi tas dan kap lampu. Bank sampah

memiliki kesamaan dengan lembaga keuangan lainnya namun yang menjadi pembeda adalah setoran nasabah yang diberikan dalam bentuk sampah. Sampah tersebut dipilah, ditimbang dan dilakukan pencatatan hasil penjualannya dalam rekening nasabah.

Menurut PerMenLHK 14/2021 tentang Pengelolaan Sampah pada Bank Sampah, kegiatan pengurangan di bank sampah dilakukan melalui kegiatan pemanfaatan kembali sampah, sementara kegiatan penanganan, dilakukan melalui kegiatan pemilahan, pengangkutan, dan/atau pengolahan sampah.

Kehadiran bank sampah dianggap dapat meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pengelolaan sampah di lingkungan mereka sendiri. Sampah, terutama sampah anorganik, sebenarnya dapat menjadi sumber penghasilan. Dengan adanya fasilitas pengelolaan sampah yang mandiri, diharapkan masyarakat akan lebih bersemangat dalam mengelola sampah mereka sendiri dan akan lebih peduli dalam menjaga kebersihan lingkungan mereka dengan baik.

Menurut (Ramandhani, 2013), ada dua mekanisme dalam menabung sampah di bank sampah, yaitu menabung secara individu dan menabung secara komunal. Pada mekanisme menabung secara individu, warga secara pribadi memilah sampah kertas, plastik, kaleng, atau botol di rumah mereka dan secara rutin menyetorkannya di bank sampah. Di sisi lain, mekanisme menabung secara komunal melibatkan warga dalam memisahkan sampah kertas, plastik, kaleng, atau botol dari rumah mereka dan kemudian menyimpannya di Tempat Penampungan Sementara (TPS) yang terletak di setiap RT atau dalam kelompok masyarakat (POKMAS). Setelah itu, petugas dari bank sampah akan mengambil sampah-sampah tersebut dari setiap TPS.

2.4 Aktivitas Operasional Bank Sampah

Sampah yang bisa dikelola di bank sampah berupa sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga. Pengelolaan Sampah di bank sampah berdasarkan masing-masing kegiatan adalah sebagai berikut:

a. Pemilahan Sampah

Pemilahan sampah dilakukan dengan cara mengelompokkan sampah setidaknya ke dalam 5 (lima) jenis sampah, yaitu sampah yang mengandung B3 dan/atau Limbah B3, sampah yang mudah terurai oleh proses alam, sampah yang dapat diguna ulang, sampah yang dapat didaur ulang, sampah lainnya yang tidak dapat dikelompokkan ke dalam jenis sampah sebagaimana yang sudah disebutkan sebelumnya.

Pemilahan sampah dapat dilakukan pada sumber sampah, yaitu pada saat di rumah tangga, perkantoran, kawasan komersial, atau pada tempat lainnya yang merupakan sumber sampah; dan/atau pada fasilitas pemilahan sampah di bank sampah, yaitu ketika sampah sudah dilakukan pengangkutan dari sumber menuju fasilitas bank sampah.

b. Pengumpulan Sampah

Aktivitas pengumpulan sampah dilakukan untuk memindahkan sampah dari sumbernya ke tempat pengumpulan di bank sampah. Pengumpulan sampah bisa dilakukan dengan cara penghasil sampah mengangkut sampahnya sendiri ke fasilitas bank sampah, maupun petugas pengelola bank sampah menjemput dan mengangkut sampah dari sumber sampah ke fasilitas bank sampah (KemenLHK, 2021).

c. Pencatatan dan Penimbangan Sampah

Sampah yang sudah dikumpulkan ke bank sampah kemudian dilakukan penimbangan, petugas akan mencatat jenis dan bobot sampah setelah penimbangan. Data pengukuran tersebut kemudian diubah menjadi nilai dalam bentuk mata uang rupiah dan dicatat dalam buku tabungan.

d. Pengurangan Sampah

Kegiatan pengurangan sampah di bank sampah dilakukan dengan memanfaatkan kembali sampah dengan cara mengguna ulang seluruh atau sebagian sampah sesuai dengan kegunaan semula atau kegunaan lain yang

berbeda, tanpa terlebih dahulu melewati suatu proses pengolahan. Jenis sampah yang dapat dilakukan pemanfaatan kembali adalah jenis sampah yang secara kegunaannya memang dapat digunakan kembali, seperti sampah kaca, kertas, logam dan plastik.

e. Pengolahan Sampah

Pengolahan sampah adalah aktivitas mengubah karakteristik, komposisi, dan/atau jumlah sampah. Aktivitas ini bertujuan mengurangi timbulan sampah yang diangkut ke tempat pemrosesan akhir sampah, jadi yang diangkut menuju TPS hanya residu sisa hasil pengolahan sampah. Pengolahan sampah bisa dilakukan melalui beberapa cara yaitu pengomposan, daur ulang materi, dan daur ulang energi.

f. Pengangkutan Sampah

Bank Sampah telah menjalin kerjasama dengan pengepul yang telah ditunjuk dan disetujui. Sehingga sampah yang sudah terkumpul atau residu sampah sisa pengolahan langsung diangkut menuju ke tempat pengolahan sampah berikutnya, sehingga sampah tidak menumpuk di lokasi bank sampah (Utami, 2013).

2.5 Gas Rumah Kaca

Gas rumah kaca (GRK) adalah jenis gas yang terdapat dalam atmosfer dan memiliki kemampuan untuk menyerap serta memancarkan radiasi inframerah yang berasal dari matahari. Gas Rumah Kaca terbentuk dengan alami maupun akibat kegiatan manusia. Panjang gelombang inframerah yang terperangkap dalam gas rumah kaca menyebabkan suhu permukaan bumi meningkat, yang pada gilirannya dapat mengakibatkan perubahan iklim (Wahyudi, 2016). Gas-gas yang memiliki sifat GRK antara lain adalah karbon dioksida (CO_2), dinitrogen oksida (N_2O), metana (CH_4), gas-gas terflorinasi (HFCs, PFCs dan SF_6), kelompok aldehyd, ozon (O_3) dan uap air (Uyigue, dkk., 2010).

Peningkatan jumlah emisi gas rumah kaca dapat mendukung terjadinya pemanasan global. Metana dan Karbon dioksida merupakan zat yang utama menyebabkan efek rumah kaca dan efek rumah kaca dari zat metana lebih tinggi daripada Karbon dioksida. Gas CO₂ akan tetap berada di atmosfer selama periode antara 50 hingga 200 tahun, sementara N₂O akan bertahan selama sekitar 114 hingga 120 tahun. Sementara itu, CH₄ dan CFC akan bertahan dalam atmosfer selama sekitar 12 tahun. Sumber utama pencemar udara di Indonesia sekitar 75% berasal dari gas buangan hasil pembakaran bahan bakar fosil, terutama yang telah digunakan pada sektor transportasi (Kuncoro, 2011).

Setiap jenis Gas Rumah Kaca (GRK) memiliki nilai Potensi Pemanasan Global (GWP) yang berbeda, dan semakin tinggi GWP-nya, semakin besar dampaknya terhadap pemanasan global. GWP adalah ukuran relatif terhadap emisi CO₂, yang memiliki nilai 1. Sebagai contoh, CH₄ memiliki GWP sebesar 29,8, yang berarti setiap unit CH₄ memiliki dampak 29,8 kali lebih besar daripada CO₂ dalam hal mencegah pelepasan radiasi infra merah dari atmosfer bumi (IPCC, 2021).

Walaupun nilai GWP CO₂ relatif rendah, CO₂ adalah jenis Gas Rumah Kaca (GRK) yang memiliki konsentrasi paling tinggi di atmosfer. Berdasarkan data dari IPCC, emisi CO₂ menyumbang sebanyak 76,7% dari total emisi GRK yang dihasilkan oleh aktivitas manusia. Angka ini diikuti oleh emisi CH₄ sebesar 14,3%, emisi N₂O sebesar 7,9%, dan kontribusi gas-gas lainnya hanya mencapai 1,1% (IPCC, 2007).

2.6 Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca

Secara umum potensi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari kegiatan bank sampah dihasilkan oleh aktivitas transportasi sampah yang menggunakan kendaraan berbahan bakar fosil, oleh karena itu estimasi perhitungan gas rumah kaca dilakukan dengan menggunakan metodologi penghitungan tingkat emisi gas rumah kaca untuk pembakaran bahan bakar pada sumber bergerak yang mengacu kepada Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang mengacu pada IPCC *Guidelines* 2006. Kemudian, metode perhitungan skenario apabila sampah dibakar

secara terbuka atau sampah ditimbun di TPA juga mengacu kepada pedoman yang sama. Tingkat ketelitian penghitungan emisi gas rumah kaca (GRK) baik dari kegiatan transportasi sampah, pembakaran sampah secara terbuka, serta penimbunan sampah di TPA dibagi menjadi tiga tingkat yang dikenal sebagai "Tier" dalam kegiatan inventarisasi GRK. Tingkat ketelitian perhitungan ini terkait dengan data dan metode perhitungan yang digunakan, sebagaimana dijelaskan lebih lanjut berikut ini:

- Tier 1 : Estimasi dilakukan berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi standar dari IPCC.
- Tier 2 : Estimasi dilakukan berdasarkan data aktivitas yang lebih akurat, dan dapat menggunakan faktor emisi standar IPCC atau faktor emisi yang spesifik untuk suatu negara atau pabrik tertentu (*country specific/plant specific*).
- Tier 3 : Estimasi dilakukan berdasarkan metode yang lebih spesifik Sesuai dengan keadaan negara tertentu, dengan data aktivitas yang sangat akurat (pengukuran langsung) dan faktor emisi yang spesifik untuk suatu negara atau pabrik tertentu (*country specific/plant specific*).

Faktor emisi yang khusus untuk suatu negara dapat dikembangkan dengan mempertimbangkan data yang bersifat khusus untuk negara tersebut, seperti kandungan karbon, faktor oksidasi karbon, kualitas bahan bakar, dan faktor-faktor lain yang relevan seperti teknologi pembakaran yang digunakan (bagi gas rumah kaca non-CO₂). Karena faktor emisi spesifik suatu negara telah memperhitungkan kondisi negara tersebut maka tingkat ketidakpastiannya (*uncertainty*) akan lebih baik dibandingkan dengan estimasi berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi *default* dari IPCC (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

Emisi gas rumah kaca dari kegiatan transportasi sampah dan pembakaran sampah secara terbuka mencakup gas metana (CH₄), nitro oksida (N₂O), dan karbon dioksida (CO₂). Sedangkan pada penimbunan sampah di TPA, emisi GRK yang

diestimasi hanya gas metana (CH₄) saja, dikarenakan CO₂ yang diemisikan dari pengolahan limbah secara biologi dikategorikan sebagai *biogenic origin* yang tidak termasuk dalam lingkup inventarisasi GRK dari kegiatan pengolahan limbah, kemudian untuk gas N₂O relatif sangat kecil dihasilkan sehingga tidak diperhitungkan dalam inventarisasi (IPCC, 2006).

2.7 Faktor Emisi

Faktor emisi adalah koefisien yang mengindikasikan jumlah emisi yang dihasilkan per unit aktivitas tertentu. Faktor emisi dibagi menjadi tiga tingkat (tier), yaitu tier 1, tier 2, dan tier 3. Faktor emisi tier 1 adalah faktor emisi yang telah ditetapkan secara internasional dan berlaku untuk semua negara. Faktor emisi tier 2 merupakan faktor emisi spesifik dari sebuah negara. Faktor emisi tier 3 adalah faktor emisi yang sangat spesifik, yang diterapkan untuk suatu pabrik atau fasilitas tertentu dalam suatu negara. Faktor emisi ini memperhitungkan kondisi yang sangat khusus yang hanya berlaku untuk pabrik tersebut dan negara tersebut.

Faktor emisi tier 2 diharapkan mampu menggambarkan kondisi emisi yang sebenarnya dari sebuah negara berdasarkan data aktivitas yang lebih rinci. Di Indonesia, faktor emisi lokal untuk sektor energi telah dikembangkan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Energi dan Sumber Daya Mineral (Balitbang ESDM) serta Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan di bawah Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) sejak tahun 2004. Faktor emisi lokal yang telah dikembangkan adalah untuk jenis bahan bakar minyak, batubara, dan sistem ketenagalistrikan (Kementerian ESDM, 2017).

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan mengacu pada hasil penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya seperti pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Judul	Hasil
1.	Kristanto G. A., Koven W., 2019	Estimating greenhouse gas emissions from	Terdapat empat skenario pengelolaan sampah yang direncanakan untuk mitigasi emisi GRK akibat sektor

No.	Peneliti	Judul	Hasil
		municipal solid waste management in Depok, Indonesia	pengelolaan sampah di Kota Depok, Indonesia. Hasil perhitungan estimasi menunjukkan bahwa Skenario 2 paling sedikit mengemisikan GRK dengan mengolah 1120 ton/hari sampah, yang mana menghasilkan emisi sebesar 1940 kg CO ₂ -eq/hari dari kegiatan pengangkutan, 25.700 kg CO ₂ -eq/hari dari kegiatan pengomposan, 62.500 kg CO ₂ -eq/ hari dari kegiatan <i>anaerobic digestion</i> dan 129.000 kg CO ₂ -eq/ hari dari <i>controlled landfill</i> .
2.	Maria, C., Gois J., Leita, A. 2019	Challenges and perspectives of greenhouse gasses emissions from municipal solid waste management in Angola	Studi ini bertujuan untuk menganalisis GRK yang dipancarkan ke atmosfer oleh pembuangan sampah di TPA Mulenvos di Luanda Angola. Metodologi untuk mengukur jejak karbon didasarkan pada pedoman IPCC dan Protokol GHG emisi GRK yang terkait dengan dekomposisi anaerob sampah, operasi sehari-hari di lokasi TPA, dan konsumsi bahan bakar fosil selama pengumpulan dan pembuangan sampah. Hasil dari perhitungan estimasi yang didapat adalah pada tahun 2017 total GRK yang dipancarkan ke atmosfer oleh pembuangan sampah di TPA Mulenvos di Luanda adalah sebesar 2.446.335.285 Emisi kg CO ₂ -eq tahun.
3.	Akrou, dkk., 2021	Assessment of the ecological footprint associated with consumer goods and waste management activities of south mediterranean cities: Case of Algiers and Tipaza	Analisis ini merupakan estimasi konsumsi energi dan gas rumah kaca selama operasi pengumpulan dan pembuangan limbah dalam hal konsumsi bahan bakar oleh mesin dan konsumsi listrik dalam pengolahan sampah di Kota Aljazair dan Kota Tipaza. Estimasi emisi GRK di Kota Aljazair adalah untuk transportasi sampah sebesar 15662.6 Mt CO ₂ -eq dan untuk pemindahan dan kompaksi di Landfill sebesar 4780.5 Mt CO ₂ -eq, sedangkan di Kota Tipaza adalah untuk transportasi sampah sebesar 2504.5 Mt CO ₂ -eq dan untuk pemindahan dan kompaksi di Landfill sebesar 777.1 Mt CO ₂ -eq
4.	Karosekali, 2018	Greenhouse gas emissions from	Pada penelitian ini dihitung emisi GRK langsung, khususnya dari

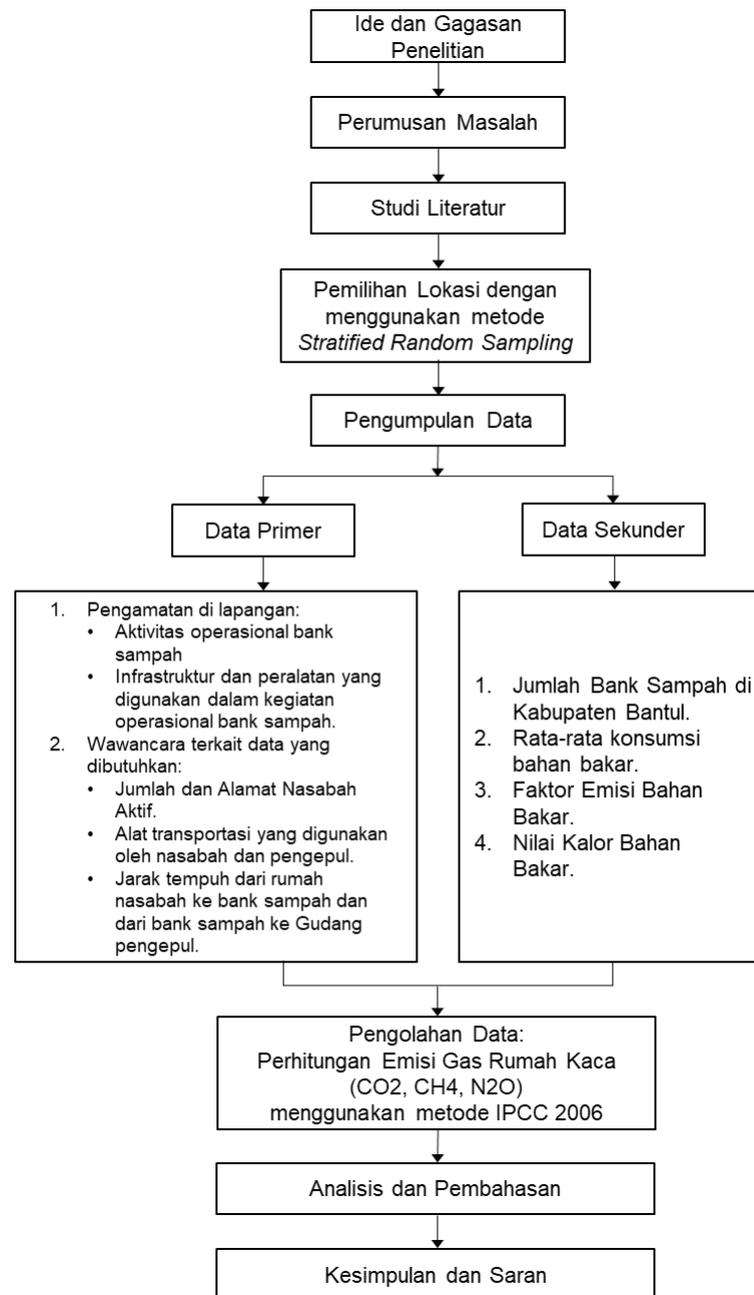
No.	Peneliti	Judul	Hasil
		municipal solid waste management in Bandung, Indonesia	pengangkutan sampah, TPA, pembakaran, pengomposan, pencernaan anaerobik dan daur ulang. Rata-rata emisi GRK dari pengangkutan sampah pada tahun 2016 adalah 402,3 tCO ₂ -eq/bulan.
5.	Ben Madden, dkk. 2022	Estimating emissions from household organic waste collection and transportation: The case of Sydney and surrounding areas, Australia	Studi ini mengembangkan model spasial untuk estimasi emisi yang terkait dengan pengumpulan tepi jalan dan pengangkutan limbah organik rumah tangga di Greater Sydney dan sekitarnya untuk tahun 2018–2019. Model yang dikembangkan digunakan untuk memperkirakan emisi transportasi terkait limbah sekitar 43.700ton CO ₂ -e untuk pengelolaan sampah organik tepi jalan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, terdapat diagram alir penelitian yang secara sistematis diuraikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alir Metode Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di bank sampah yang terletak pada wilayah Kabupaten Bantul, D.I. Yogyakarta. Berdasarkan data pada Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional, pada tahun 2022, di Kabupaten Bantul terdapat 91 bank sampah, di mana sebanyak 41 bank sampah statusnya aktif beroperasi dan terdapat data sampah yang masuk dan sampah yang terkelola, dari jumlah bank sampah tersebut dilakukan *stratified random sampling* dalam pengumpulan data berdasarkan besaran sampah yang masuk dan terkelola, yang kemudian dibagi menjadi tiga kelompok yaitu Kelompok Besar, Kelompok Sedang, dan Kelompok Kecil.

Dalam menentukan jumlah sampel bank sampah digunakan metode Slovin dengan rumus sebagai berikut.

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

di mana,

n = Jumlah Sampel

N = Jumlah populasi yaitu jumlah total bank sampah pada wilayah penelitian

e = Batas Toleransi Kesalahan (*error tolerance*) yaitu 15%

(Sugiyono, 2007)

Selanjutnya berdasarkan rumus tersebut, apabila hasil perhitungan besar sampel (n) masih dianggap besar, kita memungkinkan untuk melakukan koreksi terhadap n tersebut dengan rumus berikut.

$$Jumlah\ Sampel = \frac{n \cdot N}{n + (N - 1)} \dots\dots\dots (3.2)$$

di mana,

n = Hasil perhitungan rumus besar

N = Populasi

(Hardani dkk., 2020)

Berikut merupakan hasil penentuan jumlah sampel bank sampah yang menggunakan metode Slovin.

$$n = \frac{42}{1 + 42 \times 0,15^2} = 22$$

Berdasarkan perhitungan di atas, hasil perhitungan besar sampel (n) masih dianggap besar, maka dilakukan koreksi terhadap n

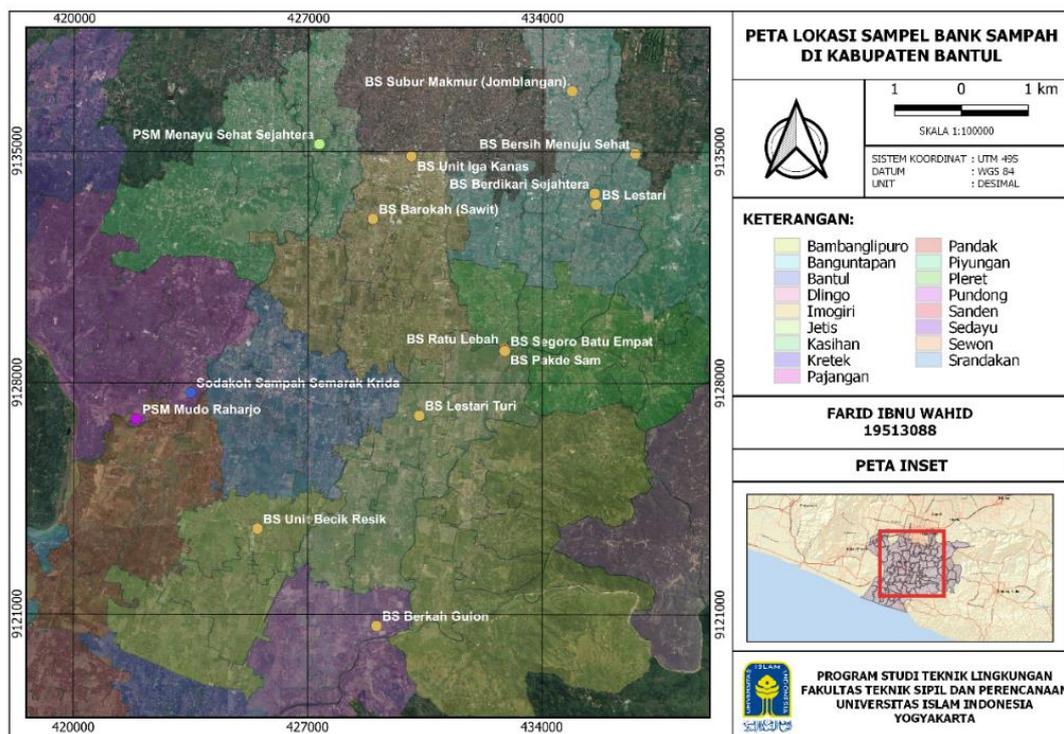
$$\begin{aligned} \text{Jumlah Sampel} &= \frac{22 \cdot 42}{22 + (42 - 1)} \\ &= 14,489 \text{ (dibulatkan menjadi 15 Bank Sampah)} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan *sampling* menggunakan metode Slovin didapatkan jumlah sampel sebanyak 15 bank sampah yang kemudian dipilih sejumlah lima bank sampah secara *random* pada masing-masing kelompok sebagaimana yang ditampilkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Lokasi Penelitian

No Sampel	Nama Fasilitas	Alamat	Kalurahan	Kapanewon
Kelompok Besar				
1	Bank Sampah Unit Lestari Turi	Turi, Sumberagung	Turi, Sumberagung	Jetis
2	Bank Sampah Unit Berkah Gulon	Gulon	Srihardono	Pundong
3	Bank Sampah Unit Iga Kanas	Krapyak Wetan no 90	Panggunharjo	Sewon
4	Bank Sampah Barokah (Sawit)	Sawit RT04, Panggunharjo	Panggunharjo	Sewon
5	Bank Sampah Berdikari Sejahtera	Perum Grha Banguntapan A3	Banguntapan	Banguntapan
Kelompok Sedang				
6	Bank Sampah Bersih Menuju Sehat	Mayungan, Salakan	Potorono	Banguntapan
7	Ratu Lebah	RT01, Blawong 1	Trimulyo	Jetis
8	Bank Sampah Unit Becik Resik	Plumbungan 1	Bambanglipuro	Bambanglipuro
9	Sodakoh Sampah Semarak Krida	Kembanggede RT02	Guwosari	Pajangan
10	PSM Menayu Sehat Sejahtera	Menayu Lor Jeblog	Tirtonirmolo	Kasihani
Kelompok Kecil				

No Sampel	Nama Fasilitas	Alamat	Kalurahan	Kapanewon
11	PSM Mudo Raharjo	Benyo Sendangsari	Sendangsari	Pajangan
12	Bank Sampah Lestari	Genengan RT 07, Mertosanan Kulon	Potorono	Banguntapan
13	Bank Sampah Unit Subur Makmur (Jomblangan)	Sunten	Jomblangan	Banguntapan
14	BS Pakde Sam	Blawong 1 RT. 06	Trimulyo	Jetis
15	Segoro Batu Empat	RT. 04, Blawong 1	Trimulyo	Jetis

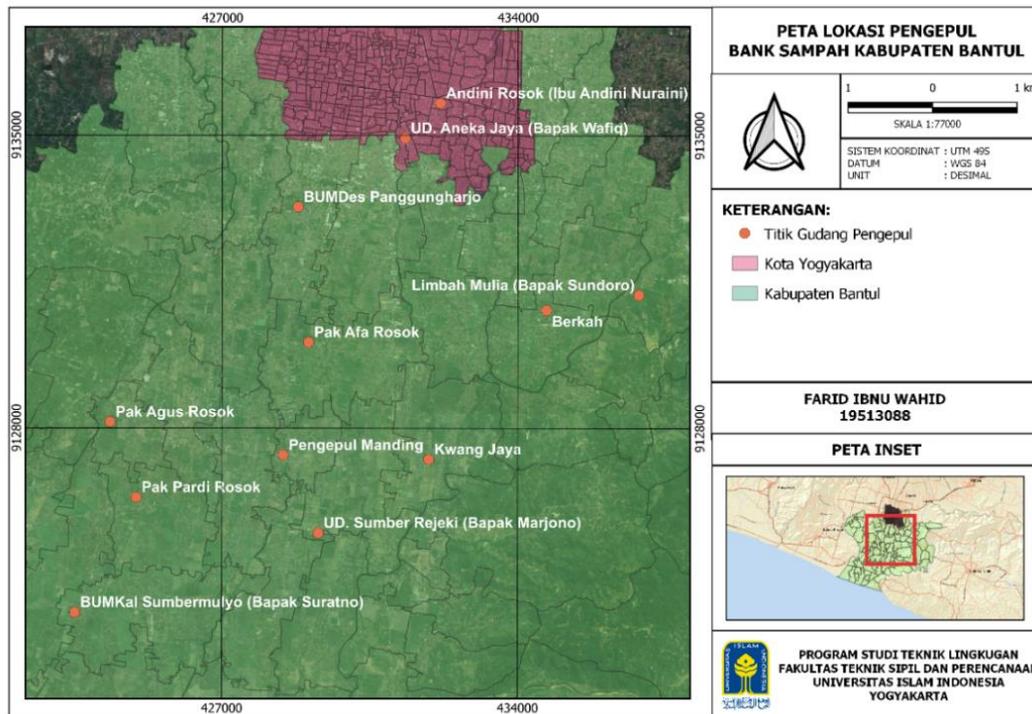


Gambar 3.2. Lokasi Sampel Bank Sampah

Aktivitas bank sampah juga melibatkan pengepul, yang mana pihak bank sampah menjual sampahnya ke pengepul. Sampel pengepul yang diambil merupakan pengepul yang bekerja sama dengan 15 sampel bank sampah dari hasil wawancara dengan pihak bank sampah, Tabel 3.2 dan Gambar 3.3 menunjukkan lokasi sampel bank sampah.

Tabel 3.2. Lokasi Sampel Pengepul

No	Nama Bank Sampah	Nama Pengepul	Alamat Gudang Pengepul
1	BS Becik Resik	BUMKal Sumbermulyo	Siten, RT. 03, Sumbermulyo, Bambanglipuro, Bantul
2	BS Barokah Sawit	BUMDes Panggungharjo	Sawit, Panggungharjo, Sewon, Bantul
3	Iga Kanas		
4	Berdikari Sejahtera	Limbah Mulia	Ngablak, Stimulyo, Piyungan, Bantul
5	Bersih Menuju Sehat		
		Berkah	Trayeman, Pleret
6	Semarak Krida	Pak Agus Rosok	Deresan, Ringinharjo, Bantul
7	Berkah	UD. Sumber Rejeki	Sumber, RT 02, Balakan, Sumber Agung, Jetis, Bantul
8	Lestari Turi		
9	Ratu Lebah	Andini Rosok	Jln. Sidikan No. 11, Pandeyan, RT. 24/RW. 06, Umbulharjo, Yogyakarta
10	Lestari Mertosanan	UD. Aneka Jaya	Jln. Pangeran Wirosobo, No. 4, Wirosaban, Sorosutan, Kota Yogyakarta
11	Pakde Sam	Kwang Jaya	Jln. Imogiri Timur, KM 13, RT. 03, Puton, Trimulyo, Jetis, Bantul
12	Segoro Batu Empat		
13	Menayu Sehat Sejahtera	Pengepul Manding	Manding, Sabdodadi, Bantul, Kab. Bantul
14	Subur Makmur	Pak Afa Rosok	Tembi, Timbulharjo, Sewon, Bantul
15	Mudo Raharjo	Pak Pardi Rosok	Karasan, RT. 05, Palbapang, Bantul



Gambar 3.3. Lokasi Sampel Pengepul

3.3 Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini membutuhkan dua jenis data meliputi data primer dan data sekunder. Data primer terdiri dari hasil wawancara, pengamatan secara langsung aktivitas di bank sampah, dan data kuesioner. Sedangkan untuk data sekunder terdiri dari data jumlah bank sampah yang ada di Kabupaten Bantul, serta data jumlah sampah yang dikelola di masing-masing bank sampah. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan studi literatur dari literatur yang mendukung penelitian yang dilaksanakan.

Tabel 3.3. Kebutuhan Data Primer Penelitian

No	Jenis Data	Sumber Data
1	Jumlah Nasabah	Wawancara ke pengurus bank sampah
2	Alamat Nasabah (Meliputi RW, Padukuhan, Kapanewon)	Wawancara ke pengurus bank sampah
3	Alat Transportasi yang digunakan	Wawancara ke pengurus bank sampah
4	Jarak tempuh dari rumah nasabah ke bank sampah	Wawancara ke pengurus bank sampah, Google Maps (Penentuan jarak dengan metode klaster berdasarkan RW, Padukuhan, dan Kapanewon)

No	Jenis Data	Sumber Data
5	Jarak tempuh dari bank sampah ke gudang pengepul	Wawancara ke pengurus bank sampah, Google Maps
6	Jarak tempuh dari gudang pengepul ke industri daur ulang	Wawancara ke pihak pengepul, Google Maps
7	Berat sampah terkelola	Wawancara ke pengurus bank sampah

Tabel 3.4. Kebutuhan Data Sekunder Penelitian

Data Sekunder		
No.	Jenis Data	Sumber Data
1.	Jumlah bank sampah di Kabupaten Bantul	Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional, 2022
2.	Jumlah sampah masuk dan terkelola di bank sampah Kabupaten Bantul	Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional, 2022
3.	Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar	Lestari, 2017
4.	Data Faktor Emisi Bahan Bakar Indonesia	Puslitbang Lemigas, 2017 Puslitbang Tekmira, 2016 IPCC, 2006
5.	Nilai Kalor Bahan Bakar	KLHK, 2012
6.	Nilai Angka <i>Default Dry Matter</i> , MCF, DOC, dan OX	IPCC, 2006
7.	Global Warming Potential	AR6 IPCC, 2021

3.4 Identifikasi Aktivitas Operasional Bank Sampah

Metode yang digunakan dalam identifikasi aktivitas operasional pada bank sampah akan digunakan pendekatan kualitatif melalui metode wawancara dan pengamatan di lapangan. Wawancara akan dilakukan dengan pihak terkait dalam bank sampah, seperti direktur bank sampah, maupun staf operasional bank sampah. Tujuan wawancara adalah untuk memperoleh informasi tentang aktivitas operasional bank sampah dari kegiatan pengumpulan sampah dari rumah-rumah nasabah menuju ke lokasi penimbangan, kemudian proses-proses pengolahan yang terdapat di bank sampah, hingga pengangkutan sampah dari gudang bank sampah menuju ke gudang pengepul. Wawancara akan dilakukan dengan menggunakan panduan wawancara atau kuesioner yang telah dirancang sebelumnya.

Kemudian pengamatan di lapangan akan dilakukan untuk mengamati secara langsung aktivitas operasional bank sampah. Peneliti akan mengamati proses penerimaan, pengelolaan, dan pengolahan sampah di bank sampah. Pengamatan

juga dilakukan terhadap interaksi antara staf dan anggota bank sampah, serta pengamatan terhadap infrastruktur dan peralatan yang digunakan dalam kegiatan operasional bank sampah.



Gambar 3.4. Wawancara dan Pengamatan Lapangan Bank Sampah



Gambar 3.5. Wawancara dan Pengamatan Lapangan Bank Sampah



Gambar 3.6. Wawancara dan Pengamatan Lapangan Pengepul

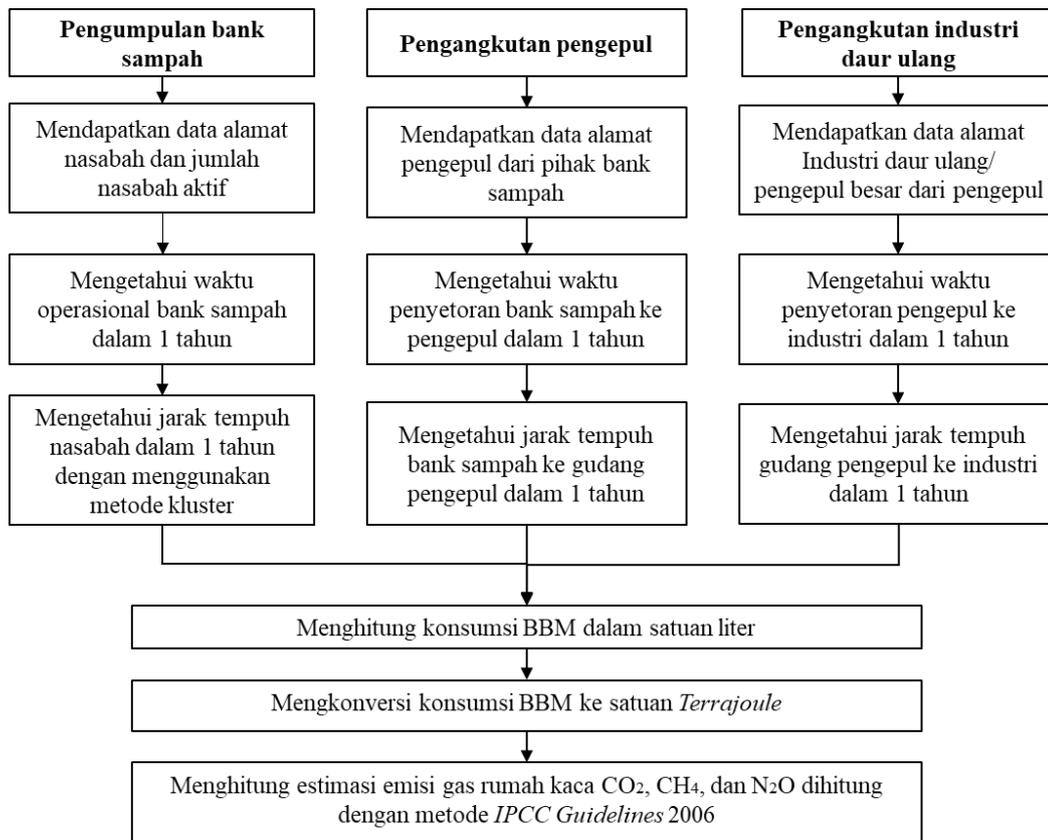
3.5 Perhitungan Potensi Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Operasional Bank Sampah

Secara umum potensi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari kegiatan bank sampah berasal dari kegiatan pengumpulan dan pengangkutan dengan alat transportasi yang menggunakan bahan bakar fosil, oleh karena itu estimasi perhitungan gas rumah kaca dilakukan dengan menggunakan metodologi penghitungan tingkat emisi gas rumah kaca untuk pembakaran bahan bakar pada sumber bergerak, sesuai dengan Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang mengacu pada IPCC *Guidelines* 2006. Metode perhitungan masing-masing Emisi Gas Rumah Kaca yang dihasilkan dari aktivitas operasional bank sampah ditunjukkan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Metode Perhitungan masing-masing Emisi Gas Rumah Kaca

No.	Emisi Gas Rumah Kaca	Metode Perhitungan
1.	CO ₂	IPCC 2006 Tier-2
2.	CH ₄	IPCC 2006 Tier-1
3.	N ₂ O	IPCC 2006 Tier-1

Estimasi dihitung berdasarkan faktor emisi yang spesifik berlaku untuk Indonesia (Tier 2). Namun, karena faktor emisi gas CH₄ dan N₂O belum dikembangkan di Indonesia, kedua gas tersebut masih menggunakan metode perhitungan Tier 1, sedangkan gas CO₂ menggunakan metode perhitungan Tier 2 dengan mempertimbangkan data khusus suatu negara seperti kandungan karbon dalam bahan bakar, faktor oksidasi karbon, kualitas bahan bakar, dan teknologi pembakaran yang digunakan. Dikarenakan faktor emisi yang dipertimbangkan khusus untuk negara tertentu telah memperhitungkan situasi di negara tersebut, akan menghasilkan tingkat ketidakpastian yang lebih baik daripada estimasi yang hanya mengandalkan data aktivitas dan faktor emisi standar IPCC (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012). Tahapan perhitungan emisi GRK pada aktivitas operasional bank sampah dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7. Skema perhitungan emisi GRK pada aktivitas operasional bank sampah

Persamaan umum yang digunakan untuk estimasi emisi GRK dari aktivitas operasional bank sampah adalah sebagai berikut.

➤ **Estimasi Emisi GRK (CO₂, CH₄, N₂O) dari Kegiatan Pengumpulan dan Pengangkutan**

• **Konsumsi Bahan Bakar**

Konsumsi bahan bakar transportasi dihitung menggunakan satuan liter dengan mengetahui jarak tempuh dan efisiensi bahan bakar kendaraan. Formula untuk menghitung konsumsi transportasi adalah:

$$\text{Konsumsi Transportasi (BBa)} = \frac{\text{Jarak tempuh (km)}}{\text{Efisiensi Bahan Bakar (km/L)}} \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan:

Konsumsi Transportasi	:	jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh kendaraan dalam satuan volume
Jarak Tempuh	:	jarak yang ditempuh oleh kendaraan dalam satuan panjang kilometer
Efisiensi Bahan Bakar	:	jumlah jarak yang dapat ditempuh kendaraan dengan satu satuan volume bahan bakar (kilometer per liter)

Untuk menentukan jarak tempuh aktivitas pengumpulan dari rumah nasabah ke bank sampah menggunakan metode *cluster* dengan membuat klaster-klaster jarak berdasarkan Rukun Tetangga (RT) dimana dalam setiap RT diambil jarak nilai rata-rata dari rumah terjauh dan rumah terdekat yang menuju ke bank sampah. Jarak tempuh ini merupakan jarak tempuh pulang pergi. Nilai rata-rata yang didapatkan akan dijadikan sebagai nilai yang mewakili jarak tiap-tiap nasabah di suatu RT. Sedangkan untuk aktivitas pengangkutan pengepul jarak yang digunakan adalah jarak tempuh pulang pergi dari gudang pengepul ke bank sampah.

Perhitungan konsumsi transportasi didapatkan dengan membagi nilai panjang perjalanan kendaraan tahunan dengan efisiensi bahan bakar. Dalam perhitungan rata-rata konsumsi bahan bakar tahunan setiap jenis kendaraan menggunakan beberapa asumsi. Diasumsikan pada kegiatan pengumpulan bank sampah semua nasabah menggunakan kendaraan sepeda motor, dan diasumsikan bahwa semua mobil atau mobil pick up dan sepeda motor menggunakan bahan bakar bensin Pertamina RON 92, sedangkan truk menggunakan solar sebagai bahan bakarnya.

Asumsi efisiensi bahan bakar yang digunakan yaitu:

- a. Mobil/Pick Up = 7,8 km/liter Bensin
- b. Sepeda Motor = 21,5 km/liter Bensin
- d. Truk = 4,5 km/liter Solar

(Lestari, 2017)

- **Konsumsi Energi**

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung emisi gas rumah kaca dengan mengkonversi satuan liter menjadi TJ.

$$\text{Konsumsi Energi (Tj)} = \text{Bahan Bakar Dikonsumsi (liter)} \times \text{Nilai Kalor} \left(\frac{\text{Tj}}{\text{Liter}} \right) \dots\dots\dots (3.4)$$

(Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

Berbagai jenis bahan bakar yang digunakan di Indonesia berikut nilai kalor dari masing-masing bahan bakar diperlihatkan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6. Nilai Kalor Bahan Bakar Indonesia

Bahan Bakar	Nilai Kalor	Penggunaan
Premium*	33×10^{-6} TJ/liter	Kendaraan Bermotor
Solar (HSD, ADO)	36×10^{-6} TJ/liter	Kendaraan bermotor, Pembangkit listrik
Minyak Diesel (IDO)	38×10^{-6} TJ/liter	Boiler industri, pembangkit listrik
Catatan: *) termasuk Pertamina, Pertamina Plus HSD : <i>High Speed Diesel</i> ADO : <i>Automotive Diesel Oil</i> IDO : <i>Industrial Diesel Oil</i>		

Sumber: (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

- **Emisi GRK**

$$\text{Emisi CO}_2/\text{CH}_4/\text{N}_2\text{O} = \sum_a \text{Konsumsi Energi}_a \times \text{Faktor Emisi}_a \dots\dots\dots (3.5)$$

di mana:

Emisi CO₂/CH₄/N₂O : Emisi CO₂/CH₄/N₂O (kg/tahun)

Konsumsi Energi_a : Energi dikonsumsi (Tj/tahun)

Faktor Emisi_a : Faktor emisi CO₂ menurut jenis bahan bakar spesifik Indonesia Tier-2/Faktor emisi CH₄ menurut jenis bahan bakar *default* IPCC 2006 (Tier-1)/ Faktor emisi N₂O menurut jenis bahan bakar *default* IPCC 2006 (Tier-1) (kg gas/TJ)

a : Jenis bahan bakar (premium, solar)

Berbagai jenis bahan bakar yang digunakan di Indonesia berikut faktor emisi dari masing-masing bahan bakar diperlihatkan pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7. Faktor Emisi CO₂ Bahan Bakar Indonesia (Tier-2)

Jenis Bahan Bakar	Faktor Emisi Bahan Bakar Indonesia (kg CO ₂ /TJ)
Bensin RON 92	72.600
Bensin RON 88	72.967
Avtur	73.333
Minyak Tanah	73.700
Automotive Diesel Oil (ADO)	74.433
<i>Industrial Fuel Oil (RFO)</i>	74.067

Sumber: Puslitbang Lemigas, 2017
Puslitbang Tekmira, 2016

Jenis bahan bakar berikut faktor emisi *Default IPCC* (tier 1) untuk emisi gas CH₄ dan N₂O ditunjukkan pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8. Faktor Emisi CH₄ dan N₂O *Default IPCC* (Tier-1)

Jenis Bahan Bakar	Faktor Emisi CH ₄ <i>Default IPCC 2006</i> sumber Bergerak, kg/TJ	Faktor Emisi N ₂ O <i>Default IPCC 2006</i> sumber Bergerak, kg/TJ
Gas Bumi / BBG	92	3
Premium (dengan katalis)*	25	8
Diesel (IDO/ADO)	3,9	3,9

Catatan: *) termasuk Pertamina, Pertamina Plus

Sumber: IPCC Guidelines, 2006

3.6 Skema Skenario Pengelolaan Sampah

Setelah diketahui total emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄, N₂O) dari aktivitas operasional bank sampah hingga dilakukan pengangkutan ke gudang pengepul, kemudian akan dibandingkan dengan emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄, N₂O) apabila sampah yang dikelola oleh ke-15 sampel bank sampah selanjutnya akan dilakukan pembakaran terbuka atau langsung dibuang *landfill*. Pembakaran terbuka seringkali terjadi di berbagai wilayah termasuk di Kabupaten Bantul sebagai salah satu cara pengolahan sampah, sedangkan *landfill* juga merupakan salah satu cara umum dalam pengelolaan sampah di banyak wilayah termasuk di Kabupaten

Bantul, berdasarkan pengamatan di lapangan dan keterangan dari pengurus-pengurus bank sampah menunjukkan masih banyak warga Kabupaten Bantul yang masih membakar sampahnya dan/atau membuang sampahnya ke TPA atau *landfill*, hal ini penting untuk dipertimbangkan karena praktik ini dapat menyebabkan emisi gas rumah kaca. Tujuan membandingkan hasil eksisting dengan skenario berupa apabila sampah yang dikelola bank sampah tersebut dilakukan pembakaran terbuka atau langsung dibuang ke *landfill* ini, untuk mengetahui apakah pengelolaan sampah melalui sistem bank sampah lebih efektif mereduksi emisi gas rumah kaca dibandingkan dengan cara-cara pengelolaan sampah konvensional dan membantu mengidentifikasi pilihan pengelolaan sampah yang lebih berkelanjutan untuk mengurangi dampak lingkungan dari emisi gas rumah kaca. Skema skenario pengelolaan sampah ditunjukkan pada Gambar 3.8 hingga Gambar 3.10.



Gambar 3.8. Skenario 1 Kondisi Eksisting Aktivitas Bank Sampah



Gambar 3.9. Skenario 2 Pembakaran Terbuka

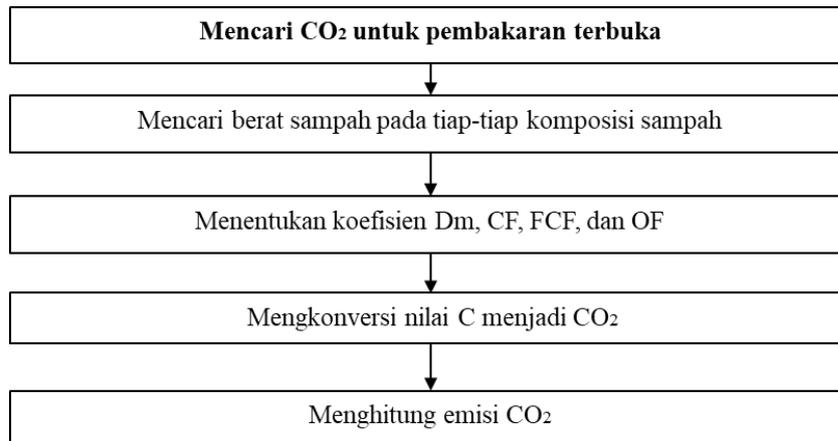


Gambar 3.10. Skenario 3 Penimbunan di TPA

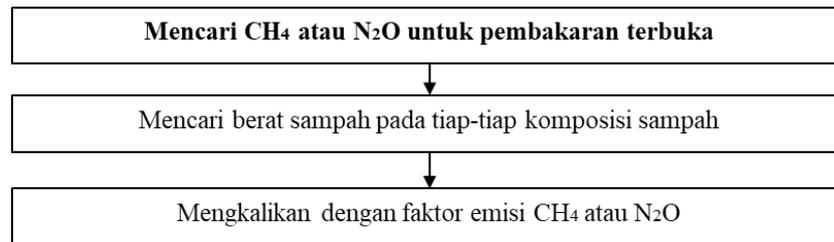
Metode perhitungan untuk skenario pembakaran terbuka adalah sebagai berikut:

➤ **Emisi Gas Rumah Kaca dari Pembakaran Terbuka**

Berdasarkan IPCC 2006 dalam Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional oleh KemenLHK, dalam menghitung emisi GRK dari pembakaran sampah secara terbuka tahap-tahapannya adalah sebagai berikut,



Gambar 3.11. Skema perhitungan emisi CO₂ pada skenario pembakaran terbuka



Gambar 3.12. Skema perhitungan emisi CH₄ dan N₂O pada skenario pembakaran terbuka

Persamaan yang digunakan dalam menghitung emisi GRK dari pembakaran sampah secara terbuka adalah sebagai berikut,

- Emisi CO₂

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{MSW} \times \sum_j (\text{WF}_j \times \text{dm}_j \times \text{CF}_j \times \text{FCF}_j \times \text{OF}_j) \times \frac{44}{12} \dots\dots (3.6)$$

Di mana:

- Emisi CO₂ = emisi CO₂ dalam tahun inventori (Gg/tahun)
- MSW = berat total sampah yang dibakar secara terbuka (Gg/tahun)
- WF_j = fraksi tipe limbah dari komponen j dalam sampah (berat basah pembakaran terbuka)
- Dm_j = fraksi kandungan zat kering di dalam sampah
- CF_j = fraksi karbon dalam kandungan kering (kandungan karbon total)

- FCF_j = fraksi karbon fosil di dalam karbon total
- OF_j = faktor oksidasi (fraksi)
- 44/12 = faktor konversi C menjadi CO₂
- j = komponen dari sampah (kertas/kardus, karet, plastik, logam, kaca, dll).

(KemenLHK, 2012)

Tabel 3.9 Angka *Default Dry Matter* Sampah Kota

Komposisi	<i>Dry matter content</i> (% berat basah)	Total kandungan karbon dalam % berat kering	Fraksi karbon fosil dalam % total karbon	Faktor Oksidasi (OF) %
	<i>Default</i>	<i>Default</i>	<i>Default</i>	<i>Default</i>
Kertas /Kardus	90	46	1	58%
Tekstil	80	50	20	
Sampah Makanan	40	38	-	
Kulit dan Karet	84	67	20	
Plastik	100	75	100	
Logam	100	NA	NA	
Gelas	100	NA	NA	

Sumber: IPCC, 2006

- Emisi CH₄

Emisi CH₄ yang timbul dari pembakaran terbuka merupakan akibat dari pembakaran yang tidak sempurna. Dalam proses pembakaran terbuka, jumlah karbon yang tidak mengalami oksidasi cukup signifikan. Untuk pembakaran limbah secara terbuka, faktor emisi CH₄ adalah 6.500 kg/Gg MSW berat basah. Angka ini digunakan sebagai faktor emisi CH₄.

$$\text{Emisi CH}_4 = \sum_i (IWi \times EFi) \times 10^{-6} \dots\dots\dots (3.7)$$

- Emisi CH₄ = emisi CH₄ dalam tahun inventori (Gg/tahun)
- IWi = berat total sampah yang dibakar secara terbuka (Gg/tahun)
- EFi = fraksi emisi CH₄ (kg CH₄/kg sampah)

10^{-6} = faktor konversi kg ke Gg
 i = kategori sampah yang dibakar

- Emisi N₂O

Untuk pembakaran limbah secara terbuka, faktor emisi N₂O menurut *default* IPCC adalah 150 kg N₂O/Gg sampah.

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = \sum_i (IWi \times EFi) \times 10^{-6} \dots\dots\dots (3.8)$$

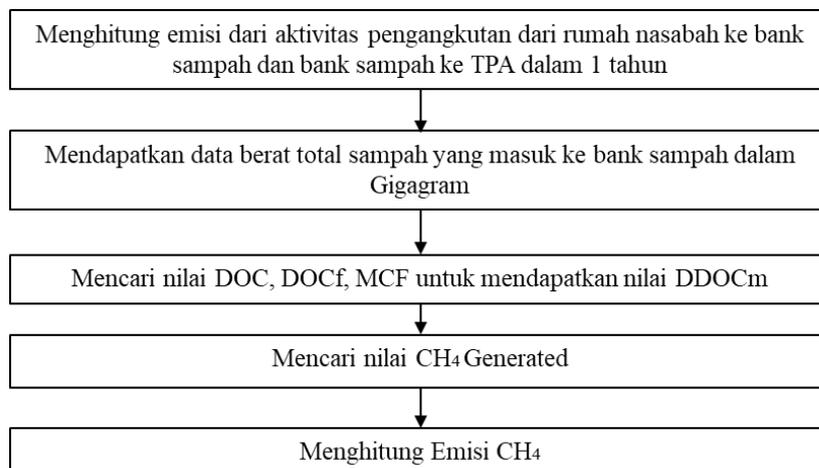
Emisi N₂O = emisi N₂O dalam tahun inventori (Gg/tahun)
 IWi = berat total sampah yang dibakar secara terbuka (Gg/tahun)
 Efi = fraksi emisi N₂O (kg CH₄/kg sampah)
 10^{-6} = faktor konversi kg ke Gg
 i = kategori sampah yang dibakar.

(KemenLHK, 2012)

Metode perhitungan untuk skenario penimbunan adalah sebagai berikut:

➤ **Emisi Gas Rumah Kaca dari Pengangkutan dari Bank Sampah Ke TPA**

Perhitungan emisi pada penimbunan sampah di TPA melibatkan aktivitas pengangkutan dari rumah nasabah ke bank sampah dan bank sampah ke TPA. Skema perhitungan emisi pada penimbunan sampah di TPA adalah sebagai berikut,



Gambar 3.13. Skema perhitungan emisi pada skenario penimbunan TPA

Untuk metode perhitungan pengangkutan ini sama dengan pengangkutan aktivitas di bank sampah, yaitu menggunakan persamaan 3.4.

Kemudian, berdasarkan IPCC 2006 dalam Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional oleh KemenLHK, dalam menghitung emisi GRK dari *landfill* dapat menggunakan persamaan berikut,

- Emisi CH₄

$$\text{Emisi CH}_4, \text{ Gigagram} = \left[\sum_x \text{CH}_4 \text{ generated}_{x,T} - R_T \right] \times (1 - \text{OX}_T) \quad \dots \quad (3.9)$$

Di mana,

$\sum \text{CH}_4 \text{ generated}_{x,T}$ = CH₄ yang terbentuk pada Tahun T hasil degradasi komponen organik jenis tertentu (x) yang tersimpan dalam sampah (DDOC)

R = Recovery CH₄ di TPA

OX_T = Faktor Oksidasi pada tahun T, fraksi

Faktor oksidasi, atau Oxidation Factor (OX), mencerminkan jumlah CH₄ yang mengalami oksidasi di dalam tanah atau material penutup sampah lainnya di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Nilai OX berkisar antara yang dapat diabaikan (0,0) hingga 0,1. Nilai faktor oksidasi dapat dilihat pada Tabel 3.10. Faktor Oksidasi (OX) Gas CH₄ pada Penutup Timbunan Sampah di TPA yang digunakan pada perhitungan adalah 0,1, dikarenakan TPA Piyungan berjenis *managed* (berpenutup bahan yang mengoksidasi CH₄ seperti tanah) atau memiliki tanah penutup (Ariyani, 2018).

Tabel 3.10. Faktor Oksidasi (OX) Gas CH₄ pada Penutup Timbunan Sampah TPA

Jenis TPA	Angka Default
<i>Managed</i> (tidak berpenutup bahan teraerasi), <i>unmanaged</i> , <i>uncategorized</i>	0
<i>Managed</i> (berpenutup bahan yang mengoksidasi CH ₄ seperti tanah/ kompos)	0,1

Sumber: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006

$$\sum_x \text{CH}_4 \text{ generated}_{x,T} = \text{DDOCm} \times F \times \frac{16}{12} \quad \dots \dots \dots \quad (3.10)$$

di mana,

CH₄, generated T = CH₄ yang terbentuk pada tahun T hasil dekomposisi komponen organik yang tersimpan di dalam sampah (DDOC)

DDOC_m = Massa DOC (komponen karbon organik yang dapat terdekomposisi) yang tersimpan pada sampah di TPA, Gg

F = Fraksi (%-volume) CH₄ pada gas yang dihasilkan di *landfill*, nilai F menurut *default* IPCC adalah 50%.

16/12 = Rasio berat molekul CH₄/C (*ratio*)

$$DDOC_m = W \times DOC \times DOC_f \times MCF \quad \dots\dots\dots (3.11)$$

di mana,

DDOC_m = Massa DOC yang terdeposisi, Ggram

W = Massa limbah yang terdeposisi, Ggram

DOC = Fraksi *degradable* karbon organik pada tahun deposisi sampah, Gg C/Gg waste

DOC_f = Fraksi DOC yang dapat terdekomposisi pada kondisi anerobik, fraksi

MCF = Faktor koreksi CH₄, yang menggambarkan bagian limbah yang akan terdekomposisi pada kondisi anerobik (sebelum kondisi anerobik terjadi) pada tahun deposisi limbah

Nilai MCF ditentukan untuk setiap jenis kategori TPA. MCF berhubungan dengan pengelolaan sampah yang dilakukan di TPA, dan seharusnya diinterpretasikan faktor koreksi pengelolaan sampah. Klasifikasi TPA dan nilai MCF dapat dilihat pada Tabel 3.11. Nilai MCF yang digunakan pada perhitungan yaitu 0,5, dikarenakan TPA Piyungan berjenis *Managed Semi aerobic* atau memiliki material penutup *permeable*, sistem pengaliran lindi, dan sistem ventilasi gas (Ariyani, 2018).

Tabel 3.11. *Methane Correction Factor*

Tipe TPA	Nilai	Keterangan
<i>Managed Anaerobic</i>	1	Memiliki salah satu dari kriteria yaitu punya lapisan penutup, dikompaksi, atau sampah yang bertingkat
<i>Managed Semi aerobic</i>	0,5	Memiliki material penutup <i>permeable</i> , sistem pengaliran lindi, dan sistem ventilasi gas
<i>Unmanaged deep >5m</i>	0,8	Tidak memenuhi kriteria dan dalam
<i>Unmanaged shallow <5m</i>	0,4	Tidak memenuhi kriteria dan dangkal
<i>Uncategorized</i>	0,6	Tidak dapat dikategorikan

Sumber: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006

$$DOC = (DOC_i \times W_i) \dots\dots\dots (3.12)$$

di mana:

DOC = Nilai *Degradable Organic Carbon* dalam sampah (Gg C/ Gg sampah)

DOC_i = Nilai DOC sampah jenis i

W_i = Fraksi sampah jenis i terhadap total sampah

Indonesia belum memiliki data terkait DOC_i basis berat kering, sehingga perhitungan dilakukan menggunakan DOC *default* IPCC. Nilai besarnya DOC dapat dilihat pada Tabel 3.12.

Tabel 3.12 Angka *Default* DOC Masing-masing Komponen Sampah

Komposisi Sampah	Kandungan bahan kering (% berat Basah)	DOC dalam Berat Basah (%)	DOC dalam Berat Kering (%)
	<i>Default</i>	<i>Default</i>	<i>Default</i>
Kertas/Kardus	90	40	44
Sampah Makanan	40	15	38
Plastik	100	-	-
Logam	100	-	-
Gelas	100	-	-

Sumber: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006

Hasil perhitungan emisi baik CH₄, CO₂, dan N₂O dalam perhitungan untuk kondisi eksisting maupun skenario, selanjutnya dikonversikan dalam bentuk CO₂(eq) dengan menggunakan Indeks Potensi Pemanasan Global (Global Warming Potential = GWP). 1 kg gas CH₄ dari sumber *fossil* setara dengan 29,8 CO₂(eq), CH₄ dari sumber *non-fossil* setara dengan 27,2 CO₂(eq) dan untuk 1 kg gas N₂O setara dengan 273 kg CO₂(eq) (IPCC, 2021). Penggunaan GWP ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh gas emisi terhadap perubahan iklim dalam periode tertentu. Dengan menggunakan satuan GWP, emisi gas rumah kaca dapat dihitung dan dibandingkan dengan satuan yang sama,

Tabel 3.13. Konversi GWP

Emisi Gas Rumah Kaca	Periode 100 tahun
	AR6 (2021)
CO ₂	1
CH ₄ (fossil)	29,8
CH ₄ (non-fossil)	27,2
N ₂ O	273

Sumber: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021

Dari analisis data di atas dapat ditarik kesimpulan, bahwa:

1. Diketahui emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄, N₂O) yang dihasilkan dari aktivitas operasional bank sampah di Kabupaten Bantul dalam waktu satu tahun.
2. Diketahui emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄, N₂O) yang paling dominan dari masing-masing gas terhadap total emisi.
3. Diketahui perbedaan emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄, N₂O) antara bank sampah yang berbeda dan dapat diketahui faktor-faktor penentu yang berkontribusi pada emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄, N₂O) di bank sampah Kabupaten Bantul, faktor-faktor tersebut bisa mencakup jumlah sampah yang dikelola, metode pengolahan sampah, serta penggunaan energi dalam aktivitas operasional bank sampah di Kabupaten Bantul.
4. Diketahui perbandingan emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄, N₂O) dari kondisi eksisting (aktivitas operasional bank sampah) dengan skenario (apabila

sampah dilakukan pembakaran terbuka atau dibuang ke *landfill*) untuk memberikan gambaran lengkap tentang dampak emisi gas rumah kaca dari aktivitas operasional bank sampah dan membantu mengidentifikasi pilihan pengelolaan sampah yang lebih berkelanjutan untuk mengurangi dampak lingkungan dari emisi gas rumah kaca.

Dari penarikan kesimpulan di atas, dapat digunakan sebagai dasar untuk mengembangkan strategi-strategi baru dalam pengelolaan lingkungan khususnya terhadap pengendalian emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh aktivitas operasional bank sampah di Kabupaten Bantul dalam penelitian-penelitian selanjutnya.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Identifikasi terhadap aktivitas operasional secara umum dari 15 sampel bank sampah bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang mendalam tentang proses operasional yang dilakukan oleh sampel bank sampah tersebut. Berdasarkan hasil wawancara tertulis dan pengamatan langsung di lapangan, masing-masing bank sampah memiliki jumlah nasabah yang beragam (10-200 nasabah) dan cakupan wilayah berbeda, mulai dari satu kalurahan, padukuhan, hingga satu atau beberapa RT maupun RW, namun di beberapa bank sampah juga tidak menutup kemungkinan nasabah dari luar daerah cakupannya untuk ikut menabung sampah di bank sampahnya, seperti kalurahan, kapanewon bahkan dari kabupaten atau kota lain.

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa 15 bank sampah di Kabupaten Bantul mengelola berbagai jenis sampah terutama sampah anorganik seperti plastik, kardus, kertas, logam, dan karet, sementara untuk sampah organik selain minyak jelantah saat ini masih belum diterima dan dikelola oleh bank sampah melainkan dikelola secara mandiri oleh masing-masing warga di rumah. Kemudian untuk sistem pengumpulan dan penerimaan sampah, bank sampah menggunakan sistem yang berbeda-beda seperti pengumpulan langsung dari rumah tangga dengan nasabah yang menyetorkannya sendiri ke bank sampah, pengumpulan dengan dilakukan penjemputan oleh pihak bank sampah ke rumah-rumah warga, atau dengan pusat pengumpulan sampah di tiap-tiap RT. Untuk alat transportasi yang digunakan, rata-rata nasabah menggunakan kendaraan sepeda motor. Dalam kegiatan pengumpulan sampah di tempat penimbangan atau gudang bank sampah dilakukan penimbangan berat sampah tiap-tiap nasabah dan dilakukan pencatatan sebelum kemudian akan masuk ke tahapan proses selanjutnya.

Pada ke-15 bank sampah tersebut, sampah yang masuk rata-rata sudah terpilah oleh nasabah dari rumah. Namun pada bank sampah tertentu juga terdapat

sampah yang masuk masih dalam bentuk tercampur sehingga nantinya setelah dilakukan proses pengumpulan sampah akan dipilah oleh pengelola bank sampah. Berdasarkan analisis, metode pemilahan yang dilakukan oleh ke-15 bank sampah di Kabupaten Bantul masih dilakukan secara manual yaitu dengan tenaga manusia. Proses pengolahan yang dilakukan oleh 15 bank sampah di Kabupaten Bantul sejauh ini hanya terdapat proses pemilahan saja. Kemudian, sampah yang sudah terpilah akan disimpan di gudang terlebih dahulu atau langsung disetorkan dan dijual ke pihak pengepul, beberapa bank sampah menyimpan sampahnya terlebih dahulu dikarenakan pihak pengepul hanya menerima sampah dengan minimal kuantitas tertentu sehingga pihak bank sampah menunggu beberapa waktu hingga sampahnya terkumpul dengan kuantitas yang banyak. Rata-rata pihak pengepul menjemput sampah di bank sampah dengan menggunakan alat transportasi berupa truk ataupun mobil bak terbuka. Untuk memberikan gambaran yang lebih rinci tentang aktivitas operasional dari masing-masing bank sampah yang teridentifikasi, Tabel 4.1. hingga Tabel 4.3. menguraikan informasi penting yang terkait dengan sampah yang dikelola dan metode pengelolaan yang dilakukan di tiap-tiap bank sampah berdasarkan kategori besaran sampah terkelola.

Kemudian, untuk memberikan gambaran mengenai berat sampah yang diterima dan dikelola oleh ke-15 bank sampah yang teridentifikasi, akan ditampilkan sebuah diagram batang dalam Gambar 4.1. Diagram batang ini didasarkan pada data berat sampah selama 3 bulan terakhir yang diperoleh melalui hasil wawancara dengan pihak bank sampah serta melalui pengumpulan data sekunder dari dokumen pencatatan atau buku *log book* bank sampah.

Melalui diagram batang ini, akan terlihat perbandingan berat sampah yang diterima dan dikelola oleh masing-masing bank sampah. Hal ini memberikan informasi tentang kontribusi masing-masing bank sampah dalam mengelola sampah dan pengaruhnya terhadap emisi gas rumah kaca yang dihasilkan.

Tabel 4.1. Aktivitas Operasional di Bank Sampah Kelompok Besar

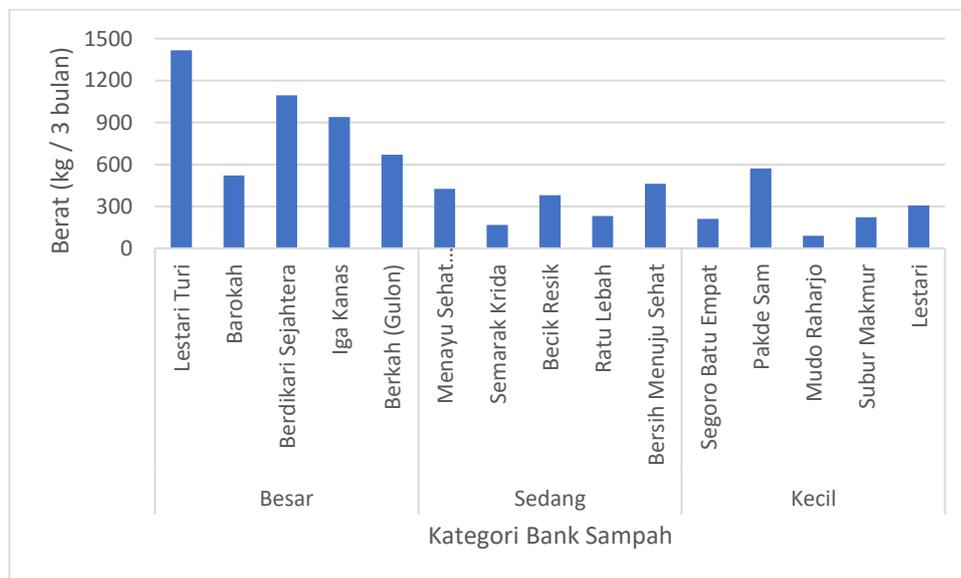
Nama Bank Sampah	Bank Sampah Lestari Turi	Bank Sampah Barokah (Sawit)	Bank Sampah Berdikari Sejahtera	Iga Kanas	Berkah
Jumlah Nasabah Aktif	154 Nasabah	53 Nasabah	141 Nasabah	200 Nasabah	80 Nasabah
Cakupan Pelayanan	Kalurahan	RT	Perumahan	Padukuhan	Padukuhan
Jadwal Operasional	2 minggu sekali	1 bulan sekali	1 bulan sekali	1 minggu sekali	1 minggu sekali
Jenis Sampah yang diterima	Kertas, Karton, Plastik, Logam, Kaca, Lainnya (Minyak Jelantah)	Kertas, Karton, Plastik, Logam, Kaca, Lainnya (Minyak Jelantah)	Kertas, Karton, Plastik, Logam, Kaca, Lainnya (Minyak Jelantah)	Kertas, Karton, Plastik, Logam, Kaca, Lainnya (Minyak Jelantah)	Kertas, Karton, Plastik, Logam, Kaca, Lainnya (Minyak Jelantah)
Banyak sampah yang diterima 3 bulan terakhir (kg)	1.417	521,9	1.094,3	669,8	939,87
Metode pengolahan	Pemilahan	Pemilahan	Pemilahan	Pemilahan	Pemilahan

Tabel 4.2. Aktivitas Operasional di Bank Sampah Kelompok Sedang

Nama Bank Sampah	PSM Menayu Sehat Sejahtera	Sodakoh Sampah Semarak Krida	Bank Sampah Becik Resik	Bank Sampah Ratu Lebah	Bank Sampah Bersih Menuju Sehat / KSM Salakan Bersemi
Jumlah Nasabah Aktif	30 Nasabah	70 Nasabah	72 Nasabah	31 Nasabah	15 Nasabah
Cakupan Pelayanan	Padukuhan	RT	Padukuhan	RT	Kalurahan
Jadwal Operasional	1 bulan sekali	1 minggu sekali	1 minggu sekali	1 minggu sekali	1 minggu sekali
Jenis Sampah yang diterima	Kertas, Karton, Plastik, Logam, Kaca, Lainnya (Minyak Jelantah)	Kertas, Karton, Plastik, Logam, Kaca, Lainnya (Minyak Jelantah)	Kertas, Karton, Plastik, Logam, Kaca, Karet, Lainnya (Minyak Jelantah)	Kertas, Karton, Plastik, Logam, Kaca, Lainnya (Minyak Jelantah)	Kertas, Karton, Plastik, Logam, Kaca, Lainnya (Minyak Jelantah)
Banyak sampah yang diterima 3 bulan terakhir (kg)	425,14	167,05643	380,65	232,45	462,39
Metode pengolahan	Pemilahan	Pemilahan	Pemilahan	Pemilahan	Pemilahan

Tabel 4.3. Aktivitas Operasional di Bank Sampah Kelompok Kecil

Nama Bank Sampah	Bank Sampah Segoro Batu Empat	Bank Sampah Pakde Sam	Bank Sampah Mudo Raharjo	Bank Sampah Subur Makmur	Bank Sampah Lestari
Jumlah Nasabah Aktif	10 Nasabah	15 Nasabah	92 Nasabah	30 Nasabah	107 Nasabah
Cakupan Pelayanan	RT	RT	Padukuhan	RT	Padukuhan
Jadwal Operasional	1 minggu sekali	1 minggu sekali	1 bulan sekali	1 minggu sekali	2 minggu sekali
Jenis Sampah yang diterima	Kertas, Karton, Plastik, Logam, Kaca, Lainnya (Minyak Jelantah)	Kertas, Karton, Plastik, Logam, Kaca, Lainnya (Minyak Jelantah)	Kertas, Karton, Plastik, Logam, Kaca, Lainnya (Minyak Jelantah)	Kertas, Karton, Plastik, Logam, Kaca, Lainnya (Minyak Jelantah)	Kertas, Karton, Plastik, Logam, Kaca, Lainnya (Minyak Jelantah)
Banyak sampah yang diterima (3 bulan terakhir)	210	572	89,955	223	306,9
Metode pengolahan	Pemilahan	Pemilahan	Pemilahan	Pemilahan	Pemilahan



Gambar 4.1. Berat Sampah di 15 Sampel Bank Sampah Kabupaten Bantul

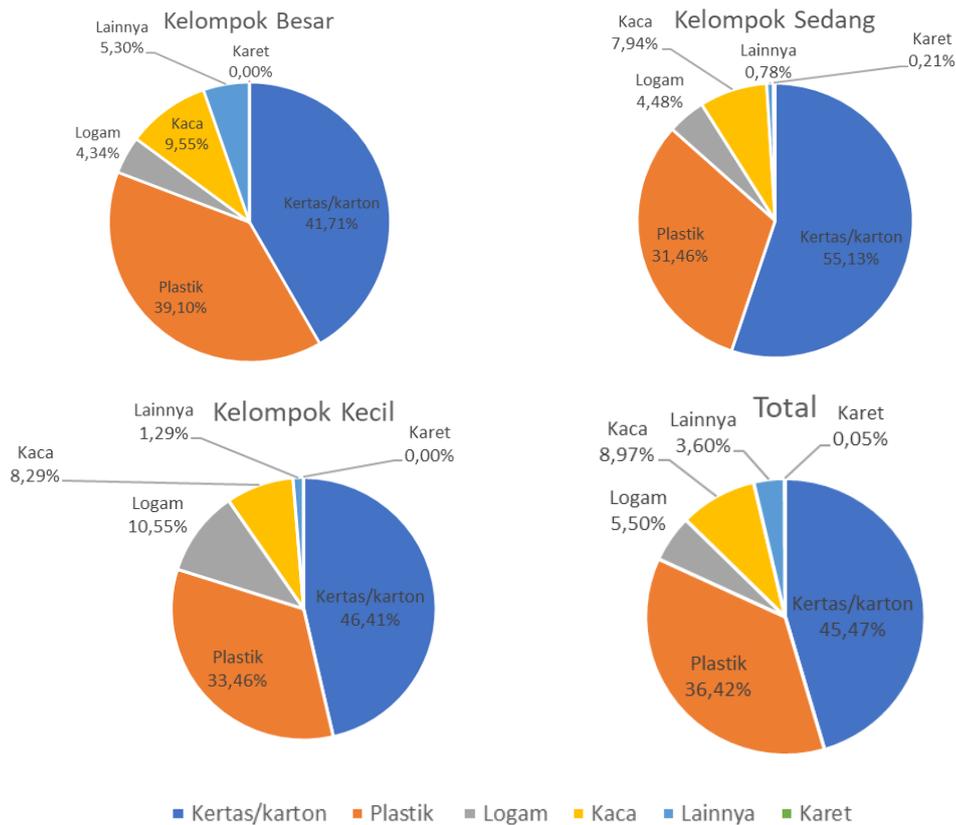
Perbedaan berat sampah antara bank sampah tersebut sangat beragam. Perbedaan ini disebabkan oleh faktor-faktor seperti jumlah nasabah yang terdaftar di setiap bank sampah. Pada umumnya, semakin banyak nasabah yang terdaftar, maka diharapkan akan semakin banyak pula berat sampah yang dihasilkan. Namun, dalam kenyataannya, bank sampah dengan jumlah nasabah yang besar tidak selalu menghasilkan berat sampah yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh menurunnya partisipasi nasabah yang terdaftar di bank sampah tersebut, di mana tidak semua nasabah secara konsisten menyetorkan sampah mereka ke bank sampah.

Analisis komposisi sampah dilakukan untuk mengetahui jenis-jenis sampah yang diterima oleh bank sampah di Kabupaten Bantul, dan untuk mengetahui jumlah pengepul yang terlibat dalam setiap bank sampah khususnya dalam kaitannya dengan kegiatan pengangkutan. Hal ini penting karena setiap jenis sampah seringkali memiliki pengepul yang spesifik yang mengkhususkan diri dalam pengumpulan jenis sampah tertentu. Komposisi sampah dinyatakan dalam bentuk persentase. Persentase setiap jenis sampah didapatkan dengan membagi berat setiap jenis sampah dengan berat total sampah. Untuk menghitung persentase komposisi sampah digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Komposisi Sampah} = \frac{\text{Berat komponen sampah (kg)}}{\text{Berat total sampah yang diukur (kg)}} \times 100\% \quad \dots (4.1)$$

(Hendria dkk., 2023)

Persentase komposisi sampah rumah tangga yang diterima dan dikelola oleh ke-15 sampel bank sampah di Kabupaten Bantul dapat dilihat pada Gambar 4.2.

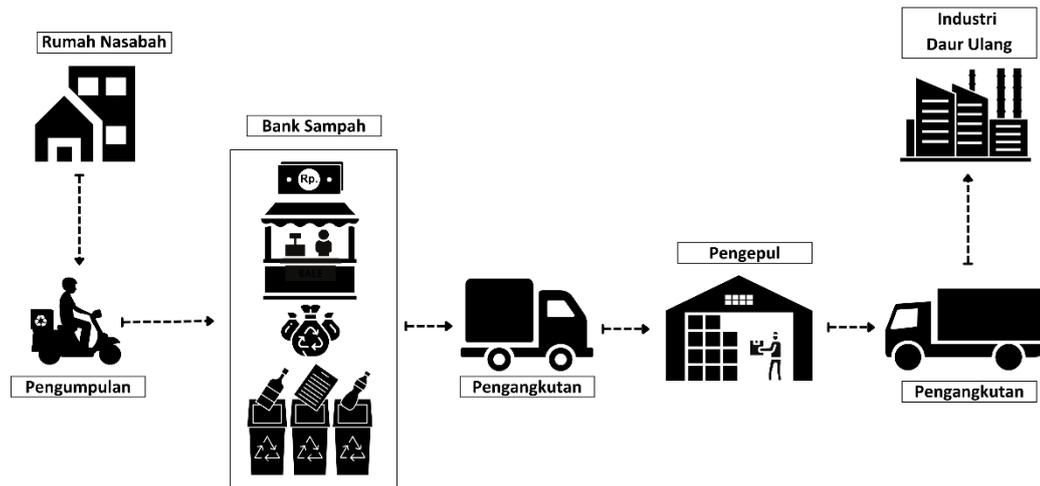


Gambar 4.2. Komposisi Sampah yang diterima oleh Bank Sampah di Kabupaten Bantul

Berdasarkan informasi yang terlihat pada Gambar 4.2, dapat dilihat bahwa pada ke-15 sampel bank sampah paling banyak menerima sampah kertas/karton dengan persentase sebesar 45,47%, sementara sampah karet memiliki persentase terendah yaitu sebesar 0,05%. Salah satu faktor yang mempengaruhi jumlah sampah kertas mendominasi yaitu warga di sekitar bank sampah mempunyai banyak tumpukan buku, majalah, dan koran (Radityaningrum dkk., 2017). Sedangkan sampah karet memiliki rata-rata terendah adalah bahwa beberapa bank sampah belum menerima atau mengelola sampah karet secara khusus, sehingga persentase sampah karet relatif sangat rendah dalam data yang diamati.

4.2 Aktivitas Bank Sampah

Secara umum aktivitas operasional bank sampah dari hulu hingga ke hilir dapat digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut.



Gambar 4.3. Diagram Alir Aktivitas Bank Sampah

Berdasarkan Gambar 4.3, aktivitas operasional bank sampah meliputi kegiatan pengumpulan yaitu penyeteroran sampah dari rumah-rumah nasabah menuju ke bank sampah, kemudian di dalam bank sampah terdapat kegiatan penimbangan, pencatatan serta pemilahan, setelah sampah terpilah menjadi lebih spesifik, sampah kemudian dijual ke pengepul dan diangkut menuju gudang pengepul, di dalam gudang pengepul dilakukan pemilahan yang lebih spesifik lagi untuk selanjutnya sampah tersebut akan dijual kepada industri daur ulang, dimana dalam proses tersebut dilakukan kegiatan pengangkutan dari gudang pengepul menuju pabrik industri daur ulang. Berdasarkan identifikasi aktivitas bank sampah, adapun aktivitas-aktivitas yang berpotensi menghasilkan emisi gas rumah kaca sebagai berikut:

- Aktivitas Pengumpulan

Pada kegiatan pengumpulan sampah dari rumah-rumah nasabah menuju tempat penimbangan atau gudang bank sampah, terdapat potensi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. Data yang telah dikumpulkan melalui wawancara tertulis dan pengamatan langsung di lapangan menunjukkan bahwa kegiatan ini melibatkan

penggunaan kendaraan bermotor berupa sepeda motor maupun motor roda tiga yang menggunakan bahan bakar fosil berupa bensin RON 92. Penggunaan kendaraan bermotor yang menghasilkan gas rumah kaca menjadi faktor utama dalam emisi yang terjadi selama proses pengumpulan sampah ini.

Bahan bakar bensin merupakan campuran beberapa jenis hidrokarbon, dan jika terbakar dengan sempurna, gas buangnya hanya akan berisi karbon dioksida (CO_2), uap air (H_2O), dan udara yang tidak ikut dalam proses pembakaran. Namun, untuk beberapa alasan pembakaran yang terjadi adalah tidak sempurna dan akan menghasilkan CH_4 pada gas buang. Disamping CO_2 dan CH_4 , emisi utama yang ketiga adalah oksida dari nitrogen (NO_x) yang terbentuk oleh reaksi antara nitrogen dengan oksigen karena temperatur pembakaran tinggi (Kusuma, 2013).

Selain itu, dalam penelitian ini, buku Pedoman Perhitungan Inventarisasi Gas Rumah Kaca dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan menjadi acuan. Pedoman ini menyatakan bahwa kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil dapat menyumbang emisi gas rumah kaca berupa CO_2 , CH_4 , dan N_2O . Oleh karena itu, kegiatan pengumpulan sampah dari rumah-rumah nasabah ke tempat penimbangan atau gudang bank sampah dapat dikategorikan sebagai salah satu faktor penyumbang emisi gas rumah kaca dalam operasional bank sampah di Kabupaten Bantul.

- **Aktivitas Pengangkutan ke Pengepul dan Pengangkutan ke Industri**

Selanjutnya, kegiatan pengangkutan sampah dari gudang bank sampah menuju gudang pengepul maupun dari gudang pengepul menuju ke industri juga memiliki potensi untuk menghasilkan gas rumah kaca. Berdasarkan data yang dikumpulkan melalui wawancara tertulis dan pengamatan langsung di lapangan, kegiatan ini melibatkan penggunaan kendaraan bermotor seperti mobil bak terbuka dan truk yang menggunakan bahan bakar fosil berupa bensin RON 92 dan solar sebagai sarana transportasi. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil diketahui sebagai sumber emisi gas rumah kaca.

Kemudian, setelah proses pengangkutan sampah yang tiba di gudang pengepul akan mengalami tahap pemilahan untuk memisahkan jenis sampah yang berbeda. Proses pemilahan ini penting untuk memastikan bahwa sampah dapat didaur ulang dengan efisien. Pemilahan dilakukan secara manual oleh para pekerja pengepul yang terlatih. Setelah melalui tahap pemilahan, sampah yang sudah terpisah akan disetorkan ke pengepul yang lebih besar atau langsung ke pabrik daur ulang untuk dilanjutkan prosesnya.

Tabel di bawah berisi informasi tentang kegiatan pengepul pada 15 bank sampah yang berbeda-beda di Kabupaten Bantul. Informasi ini dapat memberikan gambaran tentang bagaimana kegiatan pengepul dilakukan di setiap bank sampah dan bagaimana sampah dari bank sampah disetorkan ke pengepul yang lebih besar atau pabrik daur ulang untuk pengolahan lebih lanjut.

Dengan demikian, berdasarkan informasi yang telah dijelaskan di atas, kegiatan pengumpulan sampah dari rumah-rumah nasabah dan kegiatan pengangkutan dari gudang bank sampah menuju gudang pengepul merupakan dua aspek utama dalam aktivitas operasional bank sampah di Kabupaten Bantul yang berpotensi menghasilkan emisi gas rumah kaca.

Tabel 4.4. Kegiatan Pengepul pada 15 Bank Sampah di Kabupaten Bantul

No	Nama Bank Sampah	Nama Pengepul	Pengolahan	Tujuan Penyetoran	Jenis Sampah Yang disetorkan
1	BS Becik Resik	BUMKal Sumbermulyo	Pemilahan	Jatti Plastic, Bantul (Pengepul)	Plastik, Kertas, Karton
				Logam Jaya, Bantul (Pengepul)	Logam
				Fauzan, Bantul (Pengepul)	Kaca
2	BS Barokah Sawit	BUMDes Panggunharjo	Pemilahan	Pabrik Recycle Klaten	Plastik, Kertas, Karton, Logam
3	Iga Kanas				
4	Berdikari Sejahtera	Limbah Mulia	Pemilahan	PT. Nusantara, Solo Baru (Pabrik Recycle)	Plastik
5	Bersih Menuju Sehat				

No	Nama Bank Sampah	Nama Pengepul	Pengolahan	Tujuan Penyetoran	Jenis Sampah Yang disetorkan
6	Semarak Krida	Pak Agus Rosok	Pemilahan	Pleret, Bantul (Pengepul)	Plastik, Kertas, Karton, Logam
7	Berkah	UD. Sumber Rejeki	Pemilahan	Jakarta (Pabrik <i>Recycle</i>)	Logam dan botol plastik
8	Lestari Turi			Surakarta (Pabrik <i>Recycle</i>)	Semua jenis plastik
9	Ratu Lebah	Andini Rosok	Pemilahan	Jln Wonosari, Winokerten (Pengepul)	Logam
				Umbulharjo, Yogyakarta (Pengepul)	Kertas
				Pleret, Bantul (Pengepul)	Plastik
10	Lestari Mertosanan	UD. Aneka Jaya	Pemilahan	Tembi (Pengepul)	Plastik
11	Pakde Sam	Kwang Jaya	Pemilahan	Surakarta (Pabrik <i>Recycle</i>)	Plastik
12	Segoro Batu Empat			Kasih, Bantul (Pengepul)	Kertas, Karton, Plastik
13	Menayu Sehat Sejahtera	Pengepul Manding	Pemilahan	Pleret, Bantul (Pengepul)	Plastik
14	Subur Makmur	Pak Afa Rosok	Pemilahan	Pleret, Bantul (Pengepul)	Plastik, Kertas, Karton, Logam
15	Mudo Raharjo	Pak Pardi Rosok	Pemilahan	Sedayu, Bantul (Pengepul)	Logam
				Kretek, Bantul (Pengepul)	Kertas
				Sleman (Pengepul)	Kertas

4.3 Potensi Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄, N₂O) dari Aktivitas Bank Sampah

4.3.1 Aktivitas Pengumpulan

Perhitungan emisi GRK dari aktivitas pengumpulan sampah dari rumah-rumah nasabah menuju ke tempat penimbangan atau gudang bank sampah menggunakan pendekatan berdasarkan jumlah kendaraan dan rata-

rata jarak tempuhnya untuk menentukan tingkat emisi pada kegiatan transportasi dalam bentuk konsumsi bahan bakar kendaraan. Kemudian perhitungan emisi dapat dilakukan dengan mengalikan konsumsi bahan bakar tahunan yang bersatuan TJ dengan faktor emisi masing-masing bahan bakar.

a. Perhitungan Emisi CO₂

Perhitungan emisi CO₂ sektor transportasi dilakukan dengan mengalikan rata-rata konsumsi bahan bakar dengan faktor emisi. Faktor emisi yang digunakan untuk bensin 72.600 kg CO₂/TJ dan solar 74.433 kg CO₂/TJ. Dari 15 sampel bank sampah sebagai contoh perhitungan emisi CO₂ di Bank Sampah Berkah dari kegiatan pengumpulan sebesar 514,55 kg CO₂/tahun.

Bank Sampah Berkah sendiri beroperasi 1 minggu sekali, dengan jumlah nasabah yang aktif sebanyak 80 orang. Pada kegiatan pengumpulan di Bank Sampah Berkah menggunakan alat transportasi berupa sepeda motor yang menggunakan bahan bakar berupa Pertamina (bensin RON 92). Perhitungan untuk mencari nilai emisi CO₂ berdasarkan dari bahan bakar RON 92 dengan menggunakan rumus IPCC metode Tier-2 dengan nilai faktor emisi RON 92 sebesar 72.600 kg/TJ, nasabah di Bank Sampah Berkah mencakup satu Padukuhan yaitu Padukuhan Gulon namun Bank Sampah Berkah juga memiliki beberapa nasabah yang berasal dari luar Padukuhan. Untuk perhitungan mengenai jarak tempuh dalam 1 Tahun adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jarak Tempuh 1 Tahun Gulon RW. I} &= 77 \times 52 \times 1 \\ \text{Jarak Tempuh 1 Tahun Gulon RW. I} &= 4.004 \text{ km} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan untuk jumlah jarak tempuh 1 Tahun di Bank Sampah Berkah ditampilkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Perhitungan Jarak tempuh 1 Tahun di Bank Sampah Berkah

Alamat Nasabah	Jumlah Nasabah Aktif	Jumlah Waktu Operasional dalam 1 Tahun	Jarak Tempuh (km)	Jarak Tempuh dalam 1 Tahun (km)
	a	b	c	d = (axbxc)
Padukuhan Gulon (RW I), Srihardono, Pundong	77	52	1	4.004
Padukuhan Paten, Srihardono, Pundong	1	52	4,4	228,8
Padukuhan Tangkil, Srihardono, Pundong	1	52	5	260
Padukuhan Pranti, Srihardono, Pundong	1	52	2,4	124,8
Total			12,8	4.617,6

Berikut perhitungan untuk konsumsi bahan bakar selama 1 tahun:

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi BBM Gulon RW.I (liter)} &= \frac{4.004}{21,5} \\ &= 186,23 \text{ liter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi BBM Gulon RW.I (TJ)} &= 186,23 \times (33 \times 10^{-6}) \\ &= 0,0061 \text{ TJ} \end{aligned}$$

Tabel 4.6. Perhitungan Konsumsi BBM di Bank Sampah Berkah

Alamat Nasabah	Konsumsi BBM (liter)	Konsumsi BBM (TJ)
Padukuhan Gulon (RW I), Srihardono, Pundong	186,232	0,006
Padukuhan Paten, Srihardono, Pundong	10,641	0,0003
Padukuhan Tangkil, Srihardono, Pundong	12,093	0,0003
Padukuhan Pranti, Srihardono, Pundong	5,804	0,0001
Total	214,772	0,007

Berikut merupakan perhitungan Emisi CO₂ yang dihasilkan oleh Bank Sampah Berkah dari kegiatan pengumpulan selama satu tahun:

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 \text{ Gulon RW I} &= 0,006 \times 72.600 \text{ kg CO}_2/\text{Tahun} \\ &= 446,175 \text{ kg CO}_2/\text{Tahun} \end{aligned}$$

Tabel 4.7. Perhitungan Emisi CO₂ di Bank Sampah Berkah

Alamat Nasabah	CO ₂ (kg CO ₂ /tahun)
Padukuhan Gulon (RW I), Srihardono, Pundong	446,175
Padukuhan Paten, Srihardono, Pundong	25,495
Padukuhan Tangkil, Srihardono, Pundong	28,972
Padukuhan Pranti, Srihardono, Pundong	13,906
Total	514,551

Hasil perhitungan emisi baik CH₄, CO₂, dan N₂O, selanjutnya dikonversikan dalam bentuk CO₂(eq) dengan menggunakan Indeks Potensi Pemanasan Global (Global Warming Potential = GWP). 1 kg gas CH₄ dari sumber fosil setara dengan 29,8 CO₂(eq), CH₄ dari sumber non-fossil setara dengan 27,2 CO₂(eq) dan gas N₂O setara dengan 273 kg CO₂(eq) (IPCC, 2021).

Berdasarkan perhitungan total emisi gas rumah kaca CO₂ yang dihasilkan dari aktivitas pengumpulan bank sampah pada 15 sampel bank sampah di Kabupaten Bantul dalam waktu satu tahun, perbandingan emisi gas rumah kaca CO₂ di masing-masing bank sampah dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4.8. Emisi CO₂ dari Kegiatan Pengumpulan 15 sampel bank sampah di Kabupaten Bantul

No	Kategori	Nama	CO ₂ (kg CO ₂ eq/tahun)
1	Besar	Lestari Turi	1.368,949
2		Barokah	70,871
3		Berdikari Sejahtera	662,310
4		Iga Kanas	1.215,685
5		Berkah Gulon	514,551
6	Sedang	Menayu Sehat Sejahtera	40,115
7		Semarak Krida	608,421
8		Becik Resik	499,485
9		Ratu Lebah	66,324
10	Kecil	Bersih Menuju Sehat	335,902
11		Segoro Batu Empat	10,697

No	Kategori	Nama	CO ₂ (kg CO ₂ eq/tahun)
12	Kecil	Pakde Sam	16,046
13		Mudo Raharjo	7,889
14		Subur Makmur	80,231
15		Lestari	48,673
TOTAL			5.546,154

b. Perhitungan Emisi CH₄

Dalam perhitungan emisi CH₄ secara prinsip sama dengan perhitungan untuk emisi CO₂ namun yang menjadi pembeda adalah nilai faktor emisi bahan bakar yang digunakan adalah faktor emisi bahan bakar untuk CH₄. Faktor emisi yang digunakan pada emisi CH₄ adalah faktor emisi *default* IPCC untuk bensin yaitu 33 kg CH₄/TJ dan solar 3,9 kg CH₄/TJ. Berdasarkan perhitungan total emisi gas rumah kaca CH₄ yang dihasilkan dari aktivitas pengumpulan bank sampah pada 15 sampel bank sampah di Kabupaten Bantul dalam waktu satu tahun, perbandingan emisi gas rumah kaca CH₄ di masing-masing bank sampah dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4.9. Emisi CH₄ Kegiatan Pengumpulan 15 sampel bank sampah di Kabupaten Bantul

No	Kategori	Nama	CH ₄ (kg CO ₂ eq/tahun)
1	Besar	Lestari Turi	14,047
2		Barokah	0,727
3		Berdikari Sejahtera	6,796
4		Iga Kanas	12,475
5		Berkah Gulon	5,28
6	Sedang	Menayu Sehat Sejahtera	0,411
7		Semarak Krida	6,243
8		Becik Resik	5,125
9		Ratu Lebah	0,68
10		Bersih Menuju Sehat	3,446
11	Kecil	Segoro Batu Empat	0,109
12		Pakde Sam	0,164
13		Mudo Raharjo	0,08
14		Subur Makmur	0,823
15		Lestari	0,499
TOTAL			56,913

c. Perhitungan Emisi N₂O

Sama halnya dengan CO₂ dan CH₄, emisi N₂O juga memiliki prinsip prinsip perhitungan yang sama namun dengan faktor emisi bahan bakar yang berbeda. Faktor emisi yang digunakan pada emisi N₂O adalah faktor emisi *default* IPCC untuk bensin yaitu 3,9 kg N₂O/TJ dan solar 3,9 kg N₂O /TJ. Berdasarkan perhitungan total emisi gas rumah kaca N₂O yang dihasilkan dari aktivitas pengumpulan bank sampah pada 15 sampel bank sampah di Kabupaten Bantul dalam waktu satu tahun, perbandingan emisi gas rumah kaca N₂O di masing-masing bank sampah dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4.10. Emisi N₂O Kegiatan Pengumpulan 15 sampel bank sampah di Kabupaten Bantul

No	Kategori	Nama	N ₂ O (kg CO ₂ eq/tahun)
1	Besar	Lestari Turi	41,181
2		Barokah	2,131
3		Berdikari Sejahtera	19,924
4		Iga Kanas	36,571
5		Berkah Gulon	15,479
6	Sedang	Menayu Sehat Sejahtera	1,206
7		Semarak Krida	18,302
8		Becik Resik	15,025
9		Ratu Lebah	1,995
10		Bersih Menuju Sehat	10,104
11	Kecil	Segoro Batu Empat	0,321
12		Pakde Sam	0,482
13		Mudo Raharjo	0,237
14		Subur Makmur	2,413
15		Lestari	1,464
TOTAL			166,842

4.3.2 Aktivitas Pengangkutan Pengepul

Metode perhitungan emisi gas rumah kaca dari aktivitas pengangkutan sampah dari gudang bank sampah menuju gudang pengepul ini menggunakan pendekatan yang serupa dengan yang digunakan pada

aktivitas pengumpulan. Pendekatan tersebut berdasarkan jumlah kendaraan yang digunakan dan rata-rata jarak tempuhnya untuk menentukan tingkat emisi pada kegiatan transportasi dalam bentuk konsumsi bahan bakar kendaraan. Nilai rata-rata konsumsi bahan bakar menggambarkan konversi jumlah jarak tempuh menjadi jumlah konsumsi bahan bakar dengan satuan km/l. Sama halnya dengan kegiatan pengumpulan, proses pengangkutan ini melibatkan penggunaan kendaraan bermotor, seperti mobil bak terbuka dan truk, sebagai sarana transportasi.

Berdasarkan perhitungan total emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas pengangkutan pengepul pada 15 sampel bank sampah di Kabupaten Bantul dalam waktu satu tahun, perbandingan emisi gas rumah kaca di masing-masing bank sampah dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4.11. Emisi Kegiatan Pengangkutan Pengepul 15 sampel bank sampah di Kabupaten Bantul

No	Kategori	Nama	Emisi GRK (kg CO ₂ eq/tahun)		
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1	Besar	Lestari Turi	18,429	0,189	0,554
2		Barokah	7,371	0,075	0,221
3		Berdikari Sejahtera	64,87	0,665	1,951
4		Iga Kanas	22,115	0,226	0,665
5		Berkah Gulon	44,23	0,453	1,33
6	Sedang	Menayu Sehat Sejahtera	81,088	0,832	2,439
7		Semarak Krida	36,241	0,371	1,09
8		Becik Resik	10,688	0,109	0,321
9		Ratu Lebah	25,063	0,257	0,753
10		Bersih Menuju Sehat	203,458	2,087	6,12
11	Kecil	Segoro Batu Empat	6,265	0,064	0,188
12		Pakde Sam	7,371	0,075	0,221
13		Mudo Raharjo	5,283	0,054	0,158
14		Subur Makmur	100,038	0,156	1,43
15		Lestari	23,22	0,238	0,698
TOTAL			655,738	5,858	18,147

4.3.3 Aktivitas Pengangkutan Pengepul Besar/Industri

Perhitungan nilai emisi gas rumah kaca (CO_2 , CH_4 , N_2O) pada masing-masing bank sampah ini didapat dari jumlah total emisi pengangkutan dari nasabah ke bank sampah dan jumlah pengangkutan dari bank sampah menuju pengepul. Hasil perhitungan total emisi gas rumah kaca (CO_2 , CH_4 , N_2O) di ke-15 sampel bank sampah dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.12. Emisi GRK Kegiatan Pengangkutan Pengepul Besar/Industri

No	Nama Pengepul	Emisi GRK (kg CO_2eq /tahun)		
		CO_2	CH_4	N_2O
1	BUMKal Sumbermulyo (Bapak Suratno)	428,853	0,670	6,134
2	BUMDes Panggungharjo	335,842	0,524	4,803
3	Limbah Mulia (Bapak Sundoro)	1.800,683	2,812	27,9
4	Pak Agus Rosok	360,137	0,562	5,58
5	UD. Sumber Rejeki (Bapak Marjono)	3.519,192	5,495	50,33
6	Andini Rosok (Ibu Andini Nuraini)	568,787	0,888	8,814
7	UD. Aneka Jaya (Bapak Wafiq)	211,509	0,330	3,277
8	Kwang Jaya	2.440,926	3,811	37,824
9	Pengepul Manding	254,382	0,397	3,941
10	Pak Afa Rosok	162,919	0,254	2,524
11	Pak Pardi Rosok	1.686,354	2,633	26,132
TOTAL		11.769,584	18,377	168,354

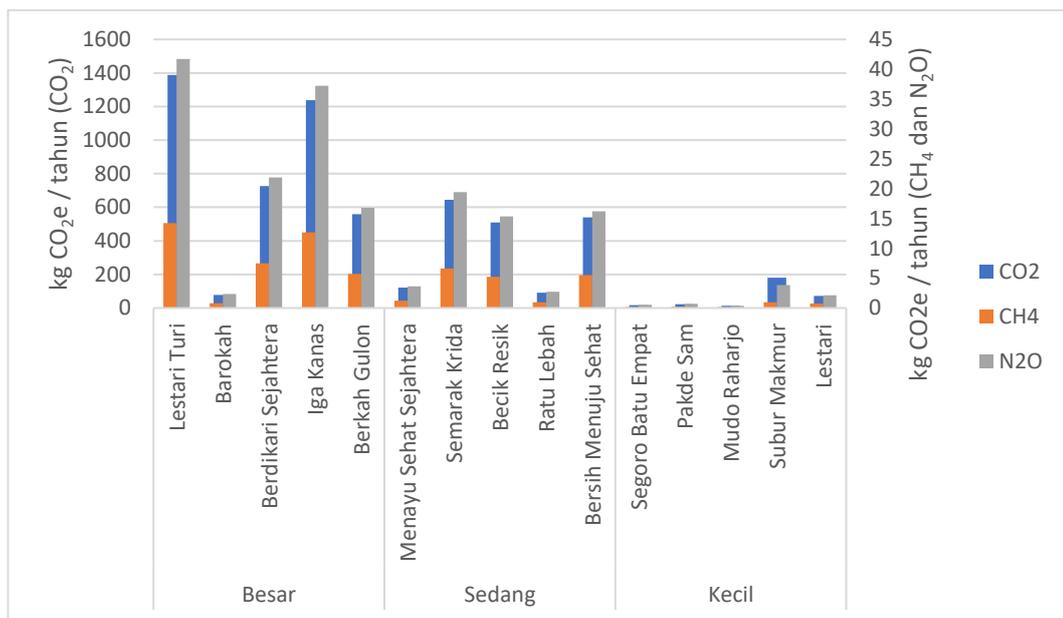
4.3.4 Total Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Operasional Bank Sampah

a. Total Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengumpulan dan Pengangkutan Pengepul

Berdasarkan perhitungan emisi dari aktivitas pengumpulan dan pengangkutan pengepul di tiap-tiap sampel bank sampah, ditampilkan pada diagram (Gambar 4.4).

Dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan nilai emisi gas rumah kaca. Emisi gas rumah kaca tertinggi tercatat pada Bank Sampah Lestari Turi sebesar 1.387,38 kg CO_2eq /tahun untuk CO_2 , 14,24 CO_2eq /tahun untuk CH_4 dan 41,73 CO_2eq /tahun untuk N_2O , sementara emisi terendah

yaitu pada Bank Sampah Mudo Raharjo sebesar 71,89 kg CO₂eq/tahun untuk CO₂, 0,73 CO₂eq/tahun untuk CH₄ dan 2,17 CO₂eq/tahun untuk N₂O. Perbedaan ini disebabkan oleh faktor-faktor seperti jumlah nasabah yang terdaftar di setiap bank sampah, jumlah sampah yang dikelola, banyaknya waktu operasional dalam setahun, serta luas cakupan nasabah.

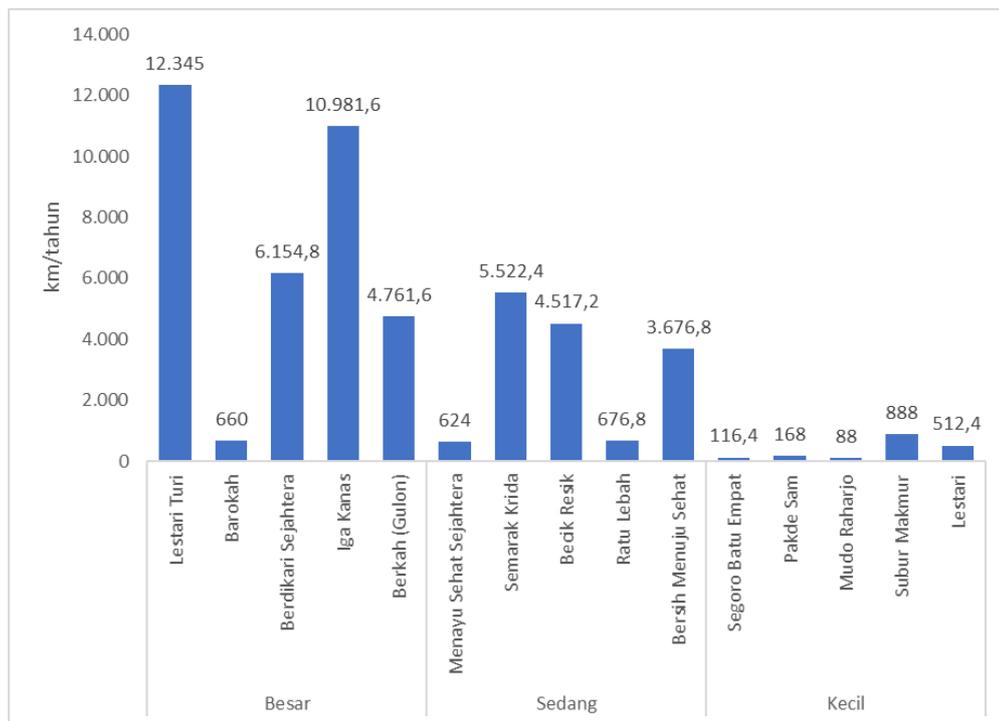


Gambar 4.4. Total Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengumpulan dan Pengangkutan Pengepul

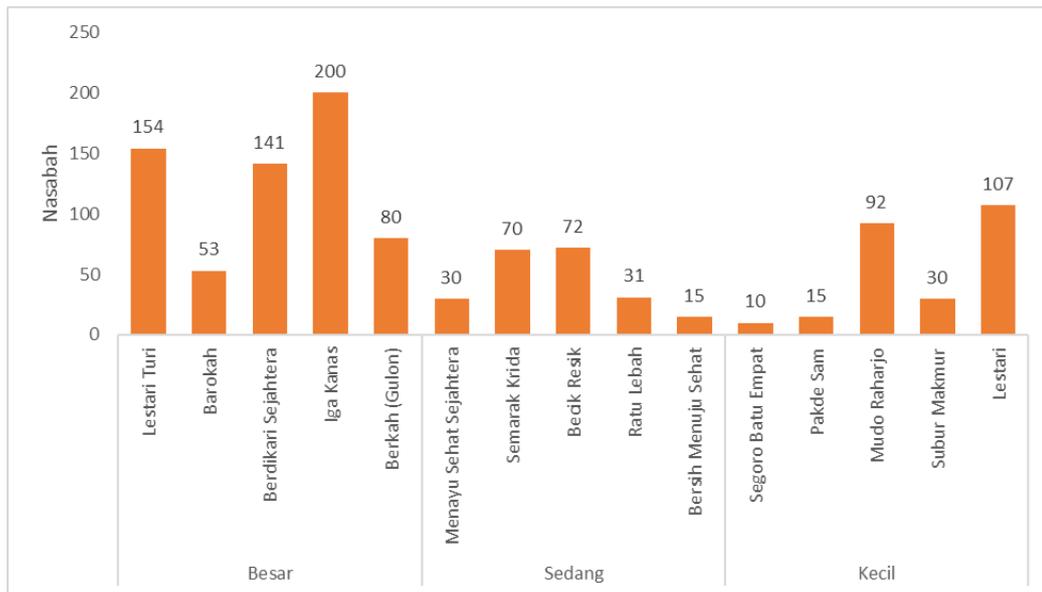
Dapat diamati bahwa, semakin banyak nasabah yang terdaftar dan aktif berpartisipasi, cakupan nasabah yang lebih luas, frekuensi penyeteroran yang lebih sering dan memiliki jumlah sampah terkelola yang lebih besar akan menghasilkan emisi yang lebih besar dikarenakan melibatkan jumlah kendaraan bermotor yang lebih banyak dan rute perjalanan yang lebih panjang atau jauh sehingga emisi yang dihasilkannya semakin besar. Diagram batang pada Gambar 4.5 menggambarkan total jarak yang ditempuh oleh aktivitas bank sampah, dan menunjukkan adanya hubungan antara total jarak tempuh kendaraan dengan emisi yang dihasilkan. Contohnya, Bank Sampah Lestari Turi mencatat jarak tempuh tahunan sebesar 12.345 km, sementara Bank

Sampah Mudo Raharjo hanya mencapai 88 km per tahun. Dengan kata lain, semakin besar jarak yang harus ditempuh oleh kendaraan, semakin tinggi tingkat emisi yang dihasilkan.

Selain itu, terdapat juga hubungan antara jumlah jarak tempuh dan jumlah nasabah, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.6. Diagram ini menggambarkan total jumlah nasabah bank sampah, yang menunjukkan bahwa semakin banyak nasabah, semakin jauh jarak yang harus ditempuh oleh kendaraan menuju bank sampah. Hal ini disebabkan oleh area pelayanan yang luas cenderung memiliki lebih banyak nasabah di sekitarnya. Akibatnya, daerah dengan area pelayanan yang terbatas umumnya memiliki tingkat emisi gas rumah kaca yang lebih rendah karena perjalanan yang lebih singkat. Namun hal tersebut juga bergantung dengan frekuensi jadwal operasional dalam satu tahun.



Gambar 4.5. Diagram Batang Total Jarak Tempuh Aktivitas Bank Sampah Pengumpulan, Pengolahan, dan Pengangkutan



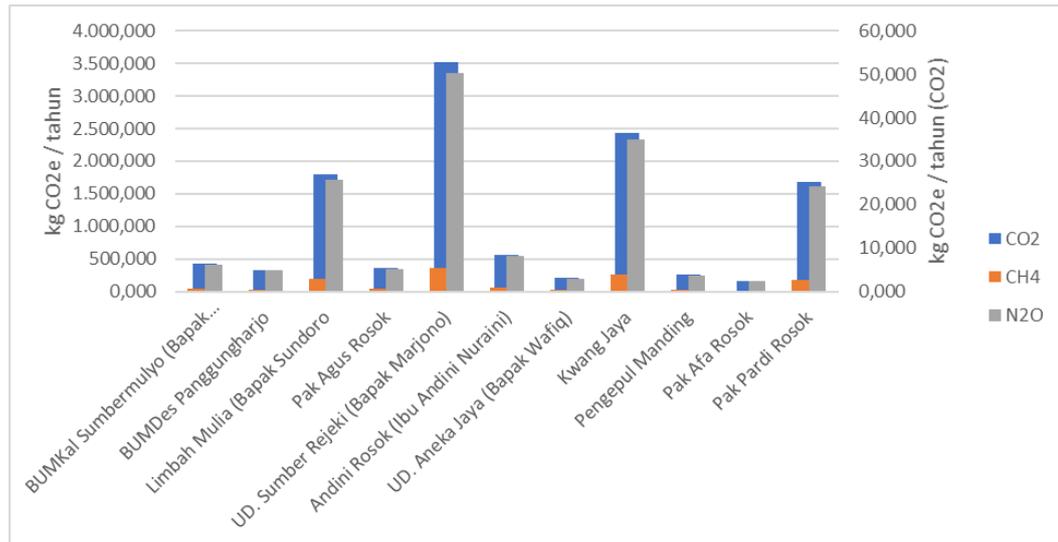
Gambar 4.6. Diagram Batang Total Nasabah Bank Sampah

Selain itu, pada Gambar 4.4. juga terlihat Bank Sampah Barokah yang berada pada kelompok besar, kemudian Menayu Sehat Sejahtera dan Ratu Lebah yang berada di kelompok sedang menunjukkan emisi GRK yang dihasilkan lebih kecil dari bank sampah lain di kelompoknya, hal ini disebabkan oleh cakupan wilayah nasabah yang lebih kecil dari bank sampah lainnya sehingga memiliki jarak tempuh yang lebih dekat. Meskipun sampah yang terkelola termasuk dalam kategori besar, Bank Sampah Barokah hanya mempunyai nasabah di satu RT saja dengan jarak tempuh rata-rata 1 km, begitu juga dengan Menayu Sehat Sejahtera dan Ratu Lebah dengan jarak tempuh rata-rata 1 km dan 0,4 km.

Sebaliknya, Bank Sampah Subur Makmur mengemisikan gas rumah kaca lebih besar dari bank sampah lain di kelompok kecil dikarenakan jarak tempuh yang lebih jauh dari bank sampah lainnya, terutama dari pengangkutan menuju pengepul yaitu sejauh 28 km, di samping itu pengangkutan ke pengepul di Bank Sampah Subur Makmur juga menggunakan kendaraan truk dengan bahan bakar solar yang mana memiliki faktor emisi lebih tinggi dibandingkan dengan bensin RON 92 (IPCC, 2006).

b. Total Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengangkutan Pengepul Besar/Industri

Berdasarkan perhitungan emisi dari aktivitas pengangkutan pengepul besar/industri, ditampilkan pada diagram berikut.

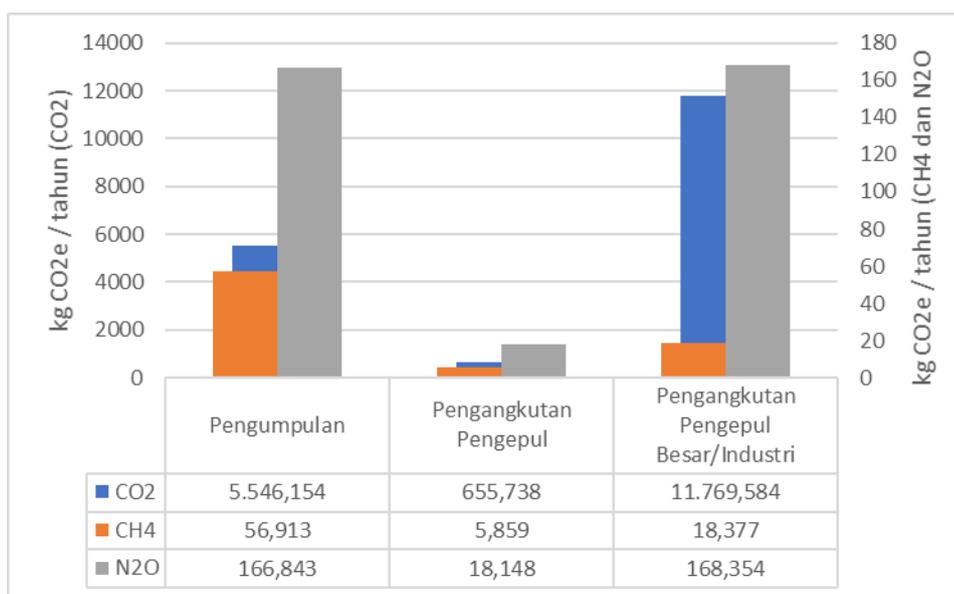


Gambar 4.7. Total Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengangkutan Pengepul Besar/Industri

Dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan nilai emisi gas rumah kaca. Emisi gas rumah kaca tertinggi tercatat pada pengepul UD. Sumber Rejeki sebesar 3.519,19 kg CO₂eq/tahun untuk CO₂, 5,49 CO₂eq/tahun untuk CH₄ dan 50,34 CO₂eq/tahun untuk N₂O, sama halnya dengan kegiatan pengumpulan dan pengangkutan pengepul, bahwa semakin jauh jarak pengangkutan dan semakin sering frekuensinya akan menghasilkan emisi yang makin besar, hal tersebut ditunjukkan dengan pengepul UD. Sumber Rejeki melakukan pengangkutannya ke industri di DKI Jakarta dan Surakarta, Jawa Tengah, dibandingkan dengan pengepul-pengepul lain yang menyetorkan sampahnya hanya ke sekitar wilayah Yogyakarta yang jarak tempuhnya jauh lebih dekat.

c. Total Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Operasional Bank Sampah

Total emisi gas rumah kaca dari aktivitas operasional bank sampah mulai dari hulu hingga ke hilir dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.8. Total Emisi Aktivitas Bank Sampah

Diagram batang (Gambar 4.8) menunjukkan perbandingan total emisi gas rumah kaca dari berbagai aktivitas, termasuk pengumpulan, pengangkutan pengepul, dan pengangkutan industri. Dalam analisis ini, terlihat bahwa emisi gas rumah kaca dari pengangkutan industri menghasilkan emisi gas rumah kaca lebih tinggi, karena aktivitas ini memiliki jarak tempuh yang lebih jauh dibandingkan dengan aktivitas lainnya, yang mana industri daur ulang banyak yang terletak di luar wilayah Yogyakarta, seperti di Klaten, Surakarta, hingga Jakarta.

Hasil total emisi yang telah dihitung akan digunakan untuk mengestimasi rata-rata emisi yang dihasilkan dari setiap aktivitas operasional bank sampah. Rata-rata emisi Gas Rumah Kaca (GRK) ini dapat ditemukan dalam Tabel 4.13. Dengan mengacu pada Tabel 4.13, kita dapat mengetahui jumlah emisi yang dihasilkan oleh masing-masing bank sampah

di Kabupaten Bantul, dan dari sana, dapat menentukan perkiraan total emisi untuk seluruh populasi bank sampah yang ada di Kabupaten Bantul.

Tabel 4.13. Rerata Emisi GRK Tiap Aktivitas Bank Sampah Kabupaten Bantul

Aktivitas	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Pengumpulan	369,744	3,794	11,123	384,661
Pengangkutan Pengepul	43,716	0,391	1,210	45,316
Pengangkutan Industri	784,639	1,225	11,224	797,088
Total	1.198,098	5,410	23,556	1.227,065

Maka, emisi yang dihasilkan dari total populasi bank sampah di Kabupaten Bantul berdasarkan rata-rata pada tabel 4.13. adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Emisi Populasi} &= \text{Jumlah Populasi Bank Sampah} \times \text{Total Rerata Emisi} \\
 &= 42 \times 1.227,065 \\
 &= 51.536,717 \text{ kg CO}_2\text{eq/Tahun}
 \end{aligned}$$

4.4 Perbandingan Skenario Aktivitas di Luar Bank Sampah

4.4.1 Pembakaran

Pembakaran sampah secara terbuka mencakup pembakaran sampah yang dilakukan secara terbuka di mana emisinya langsung ke udara terbuka atau di tempat penimbunan sampah terbuka. Sampah yang dibakar secara terbuka akan menghasilkan emisi GRK berupa CH₄, CO₂, dan N₂O. Perhitungan emisi GRK pada penanganan sampah yang dibakar secara terbuka adalah sebagai berikut.

- Total berat sampah dalam 1 tahun.

Tabel 4.14. Berat Sampah Sampel Bank Sampah 1 Tahun

No	Nama Bank Sampah	Total (kg/tahun)
1	Lestari Turi	5.668
2	Barokah	2.087,6
3	Berdikari Sejahtera	4.377,2
4	Iga Kanas	3.759,48
5	Berkah (Gulon)	2.679,2
6	Menayu Sehat Sejahtera	1.700,56
7	Semarak Krida	668,23

No	Nama Bank Sampah	Total (kg/tahun)
8	Becik Resik	1.522,6
9	Ratu Lebah	929,8
10	Bersih Menuju Sehat	1.849,56
11	Segoro Batu Empat	840
12	Pakde Sam	2.288
13	Mudo Raharjo	359,82
14	Subur Makmur	892
15	Lestari	1.227,6
Total		30.849,65

Sumber: Data Primer, 2023

Total Berat sampah dalam 1 tahun = 0,032 Gg/tahun

- **Emisi CO₂**

Berikut ini adalah contoh perhitungan emisi CO₂ dari pembakaran terbuka sampah kertas/karton,

Diketahui:

- MSW = 0,03 Gg/tahun
- WFj = 45,47%
- Dmj = 90%
- CFj = 46%
- FCFj = 0,01
- OFj = 58% (nilai *default* IPCC)

Perhitungan:

$$Emisi CO_2 = 0,03 Gg/thn \sum_i (0,4547 * 0,9 * 0,46 * 0,01 * 0,58) * 44/12$$

$$Emisi CO_2 = 0,0001 Gg CO_2$$

- **Emisi CH₄**

Emisi CH₄ yang timbul dari pembakaran terbuka merupakan akibat dari pembakaran yang tidak sempurna. Perhitungan emisi dilakukan dengan

persamaan 2.12. Berikut ini adalah contoh perhitungan emisi CH₄ dari pembakaran terbuka sampah kertas/karton,

Diketahui:

$$IWi = 0,01 \text{ Gg/tahun}$$

$$EFi = 6500 \text{ g/ton (nilai default IPCC)}$$

Perhitungan:

$$Emisi CH_4 = \sum \text{kertas/karton} (0,01 \times 6500) \times 10^{-6}$$

$$Emisi CH_4 = 91 \times 10^{-6} \text{ Gg } CH_4$$

- **Emisi N₂O**

Perhitungan emisi N₂O dilakukan dengan persamaan.

Diketahui:

$$IWi = 0,01 \text{ Gg/tahun}$$

$$EFi = 150 \text{ Kg/Gg}$$

$$10^{-6} = \text{faktor konversi kg ke Gg}$$

Perhitungan:

$$Emisi N_2O = \sum \text{kertas/karton} (0,01 \times 150) \times 10^{-6}$$

$$Emisi N_2O = 2 \times 10^{-6} \text{ Gg } N_2O$$

- **Total Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄, N₂O)**

Tabel 4.15. Total Emisi GRK dari Pembakaran Sampah Bank Sampah

Jenis Sampah	Total Emisi, Kg CO ₂ eq/Tahun		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Kertas/Karton	123,500	2.479,764	574,357
Plastik	17.924,118	1.986,643	460,142
Logam	0,000	299,942	69,472
Karet/kulit	2,673	2,475	0,573
Kaca	0,000	489,280	113,326
Lainnya (minyak jelantah)	0,000	196,114	45,423
Total	18.050,291	5.454,217	1.263,293

4.4.2 Penimbunan ke TPA

a. Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄, N₂O) dari Aktivitas Pengangkutan Menuju ke *Landfill*

Perhitungan nilai emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄, N₂O) dari aktivitas pengangkutan menuju *landfill* ini memiliki prinsip serta metode perhitungan yang sama dengan perhitungan pengangkutan menuju pengepul, yang membedakan yaitu tujuan akhir dari pengangkutan ini adalah TPST Piyungan, yang beralamat di Ngablak, Stimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul. Jumlah waktu pengangkutan dalam 1 tahun, alat transportasi, serta jenis bahan bakar yang digunakan dianggap sama dengan perhitungan pada kegiatan pengangkutan menuju pengepul. Hasil perhitungan total emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄, N₂O) dari kegiatan pengangkutan menuju ke *landfill* di ke-15 sampel bank sampah dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.16. Total Emisi GRK dari Pengangkutan ke *Landfill*

Nama Bank Sampah	kg CO ₂ eq/tahun		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Lestari Turi	1.540,443	14,316	43,635
Barokah	256,656	1,017	4,789
Berdikari Sejahtera	739,483	6,917	21,028
Iga Kanas	1.387,178	12,743	39,024
Berkah (Gulon)	800,374	5,726	19,568
Menayu Sehat Sejahtera	254,483	0,746	4,273
Semarak Krida	1.151,485	7,091	26,071
Becik Resik	642,397	5,349	17,070
Ratu Lebah	119,916	0,764	2,762
Bersih Menuju Sehat	701,755	4,018	15,338
Segoro Batu Empat	66,433	0,197	1,119
Pakde Sam	70,353	0,249	1,260
Mudo Raharjo	112,691	0,245	1,736
Subur Makmur	154,545	0,939	3,477
Lestari	87,974	0,561	2,026
TOTAL	8.086,166	60,879	203,176

b. Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄, N₂O) dari Sampah yang ditimbun di *Landfill*

Sampah yang ditimbun di TPA akan menghasilkan gas akibat terjadinya proses degradasi anaerobik dari sampah *biodegradable*. Komponen utama yang dihasilkan yaitu gas metana (CH₄). Potensi emisi GRK dari pembuangan sampah ke TPA dihitung dengan mempertimbangkan kondisi TPA, dalam penelitian ini adalah TPA Piyungan. Perhitungan potensi emisi GRK yang dihasilkan jika sampah dibuang ke TPA adalah sebagai berikut,

• **Emisi CH₄**

Berikut ini contoh perhitungan emisi CH₄ dari sampah kertas/karton,

$$W_i = 45,47\%$$

$$W = 45,47\% \times 0,03 \text{ Gg} \\ = 0,014$$

$$\text{DOC}_i = 40\%$$

$$\text{DOC} = 40\% \times 45,47\% \\ = 18,19\% \text{ Gg C/Gg sampah}$$

$$\text{DOCF} = 0,5 \text{ (nilai default IPCC dengan asumsi lingkungan TPA dalam kondisi anaerobik)}$$

$$\text{MCF} = 0,5 \text{ (TPA dikelola semi anaerobik; bahan penutup yang permeable; sistem drainase lindi; sistem ventilasi gas)}$$

$$\text{DDOC}_m = 0,014 \times 18,19\% \times 0,5 \times 0,5 \\ = 0,0006 \text{ Gg/tahun}$$

$$F = 0,5 \text{ (nilai default IPCC)}$$

$$\text{OX} = 0,1 \text{ (TPA berpenutup bahan yang mengoksidasi CH}_4 \text{ seperti tanah/kompos)}$$

$$\text{CH}_4 \text{ generated} = 0,0006 \times 0,5 \times (16/12) \\ = 4 \times 10^{-4} \text{ Gg/tahun}$$

$$R = 0 \text{ Gg}$$

Dengan demikian estimasi emisi gas CH₄ dari pembuangan sampah ke TPA yaitu,

$$\begin{aligned} \text{Emisi CH}_4 &= (4 \times 10^{-4} - 0) \times (1 - 0,1) \\ &= 38,2 \times 10^{-5} \text{ Gg} \\ &= 382,65 \text{ kg CH}_4/\text{tahun} \end{aligned}$$

• **Total Emisi CH₄**

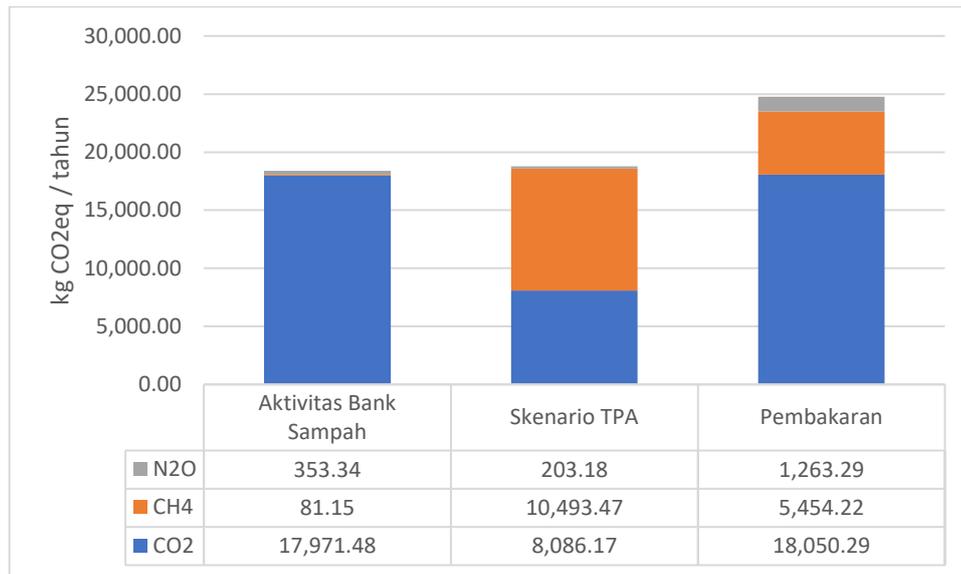
Tabel 4.17. Total Emisi GRK dari Penimbunan *Landfill*

Jenis Sampah	Total Emisi CH ₄ , Kg CO ₂ eq/tahun
Kertas	10.408,14
Kulit dan Karet	0,01
Plastik	-
Logam	-
Kaca	-
Lainnya (Minyak Jelantah)	24,43
Total	10.432,58

4.4.3 Perbandingan Emisi Aktivitas Bank Sampah dengan Skenario

Pada grafik perbandingan (Gambar 4.9) emisi aktivitas bank sampah, dengan skenario penimbunan ke TPA dan pembakaran terbuka, diketahui emisi yang paling tinggi dihasilkan oleh skenario pembakaran, hal tersebut disebabkan oleh sampah yang dilakukan pembakaran seluruhnya berjenis anorganik dengan plastik memiliki persentase sebesar 36%, terbanyak kedua setelah kertas/karton sebesar 45,47%, pembakaran sampah plastik menyumbang gas CO₂ paling besar. Sedangkan untuk skenario penimbunan TPA, CO₂ dihasilkan dari kegiatan pengangkutan menggunakan alat transportasi berbahan bakar fosil menuju ke TPA, sedangkan dari *landfill* sendiri hanya menghasilkan emisi CH₄ namun tidak signifikan dikarenakan sampah plastik, logam, dan kaca tidak memiliki faktor emisi CH₄ akibat sulit terdekomposisi secara biologis (IPCC, 2006).

Pada aktivitas bank sampah CO₂ yang dihasilkan juga relatif besar, namun sedikit lebih kecil dibandingkan dengan CO₂ dari aktivitas pembakaran.



Gambar 4.9. Perbandingan Emisi Aktivitas Bank Sampah dengan Skenario Penimbunan ke TPA dan Pembakaran

Berdasarkan data yang telah diolah di atas, total emisi GRK yang dihasilkan oleh aktivitas 15 sampel bank sampah di Kabupaten Bantul adalah sebesar 18.405,97 kg CO₂(eq)/tahun, dimana paling minim jika dibandingkan dengan skenario TPA yang mana didapatkan total sebesar 18.782,81 kg CO₂(eq)/tahun, dan untuk skenario pembakaran yang mana didapatkan total sebesar 24.767,8 kg CO₂(eq)/tahun. Oleh karena itu, pengelolaan sampah melalui aktivitas bank sampah dapat mereduksi emisi GRK hingga 2% dari skenario apabila sampah yang dikelola bank sampah dilakukan penimbunan di TPA, dan dapat mereduksi hingga 25,68% dari skenario apabila sampah yang dikelola bank sampah dilakukan pembakaran secara terbuka. Reduksi emisi GRK pada skenario TPA relatif kecil dikarenakan jarak angkut menuju TPA Piyungan yang dekat sehingga CO₂ yang diemisikan relatif tidak tinggi, dan karakteristik sampah yang ditimbun di TPA berupa sampah anorganik yang sulit terdekomposisi secara biokimia sehingga mengemisikan CH₄ yang juga relatif kecil, disamping itu pada kondisi eksisting kegiatan aktivitas operasional bank sampah masih mengemisikan CO₂ yang relatif tinggi khususnya pada aktivitas pengangkutan ke industri dikarenakan jarak tempuh yang relatif jauh di mana beberapa industri daur ulang berlokasi di Jakarta, Klaten, dan Surakarta, oleh karenanya perlu dikembangkan solusi-solusi lebih lanjut yang dapat diterapkan

untuk meminimasi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas operasional bank sampah, seperti:

1. Bank sampah maupun pengepul dapat mempertimbangkan menggunakan kendaraan pengangkut yang lebih ramah lingkungan, seperti kendaraan berbahan bakar alternatif.
2. Bank sampah maupun pengepul dapat merencanakan rute pengiriman yang efisien untuk mengurangi jarak tempuh dan waktu pengiriman.
3. Mencari pabrik daur ulang yang lebih dekat dengan bank sampah atau pengepul dapat mengurangi jarak tempuh dan emisi transportasi.
4. Berbagi kendaraan pengangkut dengan bank sampah atau pengepul lain yang memiliki rute serupa ke pabrik daur ulang dapat menjadi solusi untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan biaya transportasi.
5. Mendorong pabrik daur ulang lokal untuk meningkatkan harga beli sampah.
6. Bank sampah dapat bekerja sama dengan masyarakat setempat untuk meningkatkan kesadaran akan pentingnya daur ulang. Semakin banyak orang yang mendaur ulang di tingkat rumah tangga, semakin sedikit sampah yang perlu diangkut dengan jarak jauh.

Namun, solusi-solusi di atas perlu dilakukan kajian lebih lanjut dalam penelitian-penelitian selanjutnya, di samping itu dari perbandingan emisi GRK yang telah dijelaskan di atas dapat disimpulkan bahwa bank sampah merupakan sistem pengelolaan sampah yang lebih efektif mereduksi emisi gas rumah kaca dibandingkan dengan cara-cara pengelolaan sampah konvensional dan dapat menjadi pilihan pengelolaan sampah yang lebih berkelanjutan untuk mengurangi dampak lingkungan dari emisi gas rumah kaca.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Aktivitas operasional bank sampah yang berpotensi menghasilkan emisi GRK (CO₂, CH₄, N₂O) adalah pada aktivitas pengumpulan sampah dari rumah-rumah nasabah ke bank sampah, pengangkutan sampah dari bank sampah ke gudang pengepul, serta pengangkutan dari gudang pengepul ke industri daur ulang. Hal tersebut disebabkan oleh penggunaan kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil.
2. Hasil estimasi emisi GRK dari aktivitas operasional 15 sampel bank sampah di Kabupaten Bantul pada masing-masing aktivitas antara lain, pada pengumpulan mengemisikan CO₂ sebesar 5.546,154 kg CO₂(eq)/tahun, CH₄ sebesar 56,913 kg CO₂(eq)/tahun, N₂O sebesar 166,842 kg CO₂(eq)/tahun, kemudian pengangkutan dari bank sampah ke gudang pengepul mengemisikan CO₂ sebesar 655,738 kg CO₂(eq)/tahun, CH₄ sebesar 5,858 kg CO₂(eq)/tahun, N₂O sebesar 18,147 kg CO₂(eq)/tahun, serta pengangkutan dari gudang pengepul ke industri daur ulang mengemisikan CO₂ sebesar 11769,58 kg CO₂(eq)/tahun, CH₄ sebesar 18,38 kg CO₂(eq)/tahun, dan N₂O sebesar 168,35 kg CO₂(eq)/tahun.
3. Berdasarkan hasil estimasi emisi GRK dari masing-masing skenario, kondisi eksisting (bank sampah) menghasilkan emisi total sebesar 18.405,97 CO₂(eq)/tahun, skenario penimbunan di TPA sebesar 18.782,81 CO₂(eq)/tahun, dan skenario pembakaran terbuka sebesar 24.767,8 CO₂(eq)/tahun. Skenario pembakaran menghasilkan emisi GRK paling tinggi dikarenakan sampah yang dilakukan pembakaran seluruhnya berjenis anorganik dengan plastik memiliki persentase sebesar 36%, terbanyak kedua setelah kertas/karton sebesar 45,47%, yang mana pembakaran sampah plastik menyumbang gas CO₂ paling besar. Dapat disimpulkan bahwa aktivitas operasional bank sampah menghasilkan emisi GRK yang

lebih minim dibandingkan dengan pengelolaan dengan sistem pembakaran terbuka ataupun penimbunan di TPA.

5.1. Saran

1. Hasil studi ini mengungkapkan bahwa kegiatan bank sampah memiliki efek positif dalam mengurangi emisi gas rumah kaca jika dibandingkan dengan alternatif pengelolaan sampah lainnya. Oleh karena itu, disarankan agar pihak berwenang atau pemerintah dapat memberikan dukungan lebih lanjut dan memperkuat implementasi program-program bank sampah sebagai solusi berkelanjutan dalam pengelolaan sampah.
2. Lebih lanjut, penelitian dapat difokuskan pada pengembangan strategi pengoptimalan operasional bank sampah untuk mengurangi emisi yang berasal dari aktivitas operasionalnya. Upaya ini memiliki potensi untuk menciptakan strategi, teknologi, dan praktik inovatif terbaik yang dapat signifikan berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyani, S. F. (2018). *Evaluasi Pengelolaan Sampah di TPA Piyungan Kabupaten Bantul. Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Bantul. (2022). *Kabupaten Bantul dalam Angka 2023*. Bantul: Badan Pusat Statistik, 49.
- Ben Madden, dkk. (2022). Estimating emissions from household organic waste collection and transportation: The case of Sydney and surrounding areas, Australia. *Cleaner Waste Systems* 2, 1-18
- Damanhuri, Prof. Enri, Dr. Tripadmi. (2010). *DIKTAT KULIAH TL-3104 Pengelolaan Sampah*. Bandung: ITB.
- Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bantul. (2021). *Laporan Kinerja 2021. Bantul: Dinas Lingkungan Hidup*. Bantul: DLH Kabupaten Bantul
- Environmental Protection Agency. (2019). *Waste Guideliness. South Australia Environmental Protection Agency*. Australia: Environmental Protection Agency.
- Hairiah, Kurniatun, dkk. (2016). *Perubahan Iklim: Sebab dan Dampaknya Terhadap Kehidupan*. Bogor: World Agroforestry Center, I-1.
- Hardani, dkk. (2020). *Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif*. Yogyakarta: CV. Pustaka Ilmu Grup
- Hendria, N. Z. dkk. (2023). Identifikasi Timbulan, Komposisi, Karakteristik, dan Potensi Daur Ulang Sampah Pertanian Tanaman Pangan di Kabupaten Lima Puluh Kota. *Jurnal Serambi Engineering*, Vol VIII(1), 4861-4872
- IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Japan: IGES.
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York: Cambridge University Press.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Karosekali, K. (2018). *Greenhouse gas emissions from municipal solid waste management in Bandung, Indonesia*. Wageningen: Wageningen University and Research

- Kementerian ESDM. (2017). *Kajian Penggunaan Faktor Emisi Lokal (Tier 2) dalam Inventarisasi GRK Sektor Energi*. Jakarta: Pusat Data dan Teknologi Informasi ESDM Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2012). *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, Buku I: Pedoman Umum*. Jakarta. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, (2023). *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*, <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/home/fasilitas/bsu> diakses pada tanggal 1 Maret 2023
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2022). *Timbulan Sampah Kabupaten Bantul Periode 2020*. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/timbulan>. Diakses tanggal 18 Mei 2022.
- Kristanto G. A., Koven W. (2019). Estimating greenhouse gas emissions from municipal solid waste management in Depok, Indonesia. *City and Environment Interactions* 4, 1-8
- Kusuma, Y. (2013). Pengaruh Bahan Bakar pada Aktivitas Transportasi terhadap Pencemaran Udara. *Jurnal Sigma-Mu* Vol. 5 No. 1.
- Lestari, A. L. (2017). *Strategi Adaptasi dan Mitigasi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Sektor Transportasi dan Sektor Persampahan di Kota Batu*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Maria, C., Gois J., Leitao, A. (2019). Challenges and perspectives of greenhouse gasses emissions from municipal solid waste management in Angola, *Energy Reports* 6, 364-369
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 14 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Sampah pada Bank Sampah.
- Puslitbang Lemigas. (2017). *Surat Kepala Puslitbang Lemigas tentang Usulan Faktor Emisi Nasional Bahan Bakar Gas*. Jakarta. Badan Penelitian dan Pengembangan ESDM.
- Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara. (2016). *Perhitungan Faktor Emisi CO₂ Nasional (Specific Country Tier 2) dari Batubara*. Bandung. Badan Penelitian dan Pengembangan ESDM.
- Radityaningrum, dkk. (2017). Potensi Reduce, Reuse, Recycle (3R) Sampah pada Bank Sampah 'Bank Junk for Surabaya Clean (BJSC)'. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, Vol 3(1), 1-11

- Ramandhani. (2011). *Analisis Timbunan dan Komposisi Sampah di Kelurahan Mekar Jaya (Depok) dihubungkan Dengan Tingkat Pendapatan- Pendidikan –Pengetahuan- Sikap – Perilaku Masyarakat*. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Rohmawati. (2018). *Emisi Gas Rumah Kaca dari Sampah Rumah Tangga di Kecamatan Bulak, Kota Surabaya dengan Metode IPCC*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sejati Kuncoro. (2011). *“Global Warming, Food, And Water” Problems, Solution, and The Changes of World Geopolitical Constellation*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Setyaningrum, Ike. 2015. Karakteristik Peningkatan Pengelolaan Sampah Oleh Masyarakat melalui Bank Sampah. *Jurnal Teknik PWK*, 4(2), 186.
- Sonia Akrou, Jennie Moore, Samir Grimes. 2021. Assessment of the ecological footprint associated with consumer goods and waste management activities of south mediterranean cities: Case of Algiers and Tipaza, *Environmental and Sustainability Indicators*, 12, 1-12
- Sugiyono. (2007). *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: CV Alfabeta
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008. Tentang pengelolaan sampah. Jakarta: Presiden Republik Indonesia.
- Utami, E. (2013). *Buku Panduan Sistem Bank Sampah & 10 Kisah Sukses*. Jakarta: Yayasan Unilever Indonesia
- Uyigue, E. and Achibong, E.O. (2010) Scaling-Up Renewable Energy Technologies in Africa. *Journal of Engineering and Technology Research*, 2, 130-138.
- Wahyudi, J. (2016). Mitigasi Emisi Gas Rumah Kaca. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan Dan IPTEK*, XII (2), 104-112.
- Wijayanti, D. R., Suryani, S. (2015). Waste Bank as Community-Based Environmental Governance: A Lesson Learned from Surabaya. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 184, 171-179

LAMPIRAN

Lampiran 1 – Kuesioner Penelitian

KUESIONER DATA OBSERVASI AKTIVITAS DI BANK SAMPAH KABUPATEN BANTUL

A. Identitas Bank Sampah		
Lokasi Observasi	Nama Bank Sampah	
	Alamat	
	No.Telp	
	Jenis Bank Sampah	<input type="checkbox"/> BSU <input type="checkbox"/> BSI
	Tahun Berdiri	
	Jadwal Operasional	
Waktu Observasi		

B. Operasional Bank Sampah (Pengelola)
B1. Jumlah jenis sampah yang diterima? (<i>Angka</i>)
B2. Apa saja jenis sampah yang diterima?
<input type="checkbox"/> Sisa makanan
<input type="checkbox"/> Kayu/ranting
<input type="checkbox"/> Kertas/karton
<input type="checkbox"/> Plastik
<input type="checkbox"/> Logam
<input type="checkbox"/> Kain
<input type="checkbox"/> Karet

<input type="checkbox"/> Kulit <input type="checkbox"/> Lainnya___										
B3. Berapa lama sampah disimpan di gudang bank sampah?										
<input type="checkbox"/> 1 hari / langsung di hari tersebut / tidak disimpan <input type="checkbox"/> 1 minggu <input type="checkbox"/> 2 minggu <input type="checkbox"/> 1 bulan <input type="checkbox"/> Lainnya ____										
B4. Setelah menerima sampah, apa proses selanjutnya?										
B5. Apakah bank sampah ini, menerima sampah organik?										
<input type="checkbox"/> Iya <input type="checkbox"/> Tidak										
B6. Jika iya B6, proses apa yang dilakukan di bank sampah?										
B7. Rekap berat sampah selama 3 bulan terakhir. (kg/bulan/minggu)										
Bulan	Minggu	Berat (Kg)								
		Jenis Sampah								
		Sisa makan an	Kayu / ranti ng	Kert as/ karto n	Plast ik	Loga m	Kai n	Kar et/ Kuli t	Ka ca	Lainn ya
	1									
	2									
	3									
	4									
	1									
	2									
	3									
	4									
	1									
	2									
	3									
	4									

C. Operasional Bank Sampah (Nasabah)	
C1. Bagaimana cara menjadi nasabah di bank sampah?	
C2. Jumlah nasabah bank sampah hingga saat ini?	
<input type="checkbox"/> < 30 <input type="checkbox"/> 30 – 60 <input type="checkbox"/> 61 – 90 <input type="checkbox"/> 91 – 120 <input type="checkbox"/> Lainnya__	
C3. Seberapa luas cakupan nasabah bank sampah disini?	
<input type="checkbox"/> RT <input type="checkbox"/> RW <input type="checkbox"/> Padukuhan/Dusun <input type="checkbox"/> Kalurahan <input type="checkbox"/> Kapanewon <u>(catatan)</u>	
C4. Apakah nasabah mengantar sampah atau dijemput?	
<input type="checkbox"/> Nasabah datang ke bank sampah <input type="checkbox"/> Sampah nasabah dijemput oleh pihak bank sampah	
C5. Apa jenis transportasi yang digunakan? (<i>rata-rata</i>)	
C6. Berapa jarak rata-rata nasabah menuju bank sampah?	

D. Operasional Bank Sampah (Keterlibatan Pihak Lain)	
D1. Informasi Pengepul	
Pengepul 1	
Nama Pengepul	

No. Telp Pengepul	
Alamat Pengepul	
Jenis Sampah yang Diangkut	
Pengepul 2	
Nama Pengepul	
No. Telp Pengepul	
Alamat Pengepul	
Jenis Sampah yang Diangkut	
Pengepul 3	
Nama Pengepul	
No. Telp Pengepul	
Alamat Pengepul	
Jenis Sampah yang Diangkut	
D2. Apa alat pengangkut yang digunakan?	
<input type="checkbox"/> Roda 3 <input type="checkbox"/> Pick up <input type="checkbox"/> Truk Besar	

D3. Jenis bahan bakar yang digunakan?
<input type="checkbox"/> Bensin <input type="checkbox"/> Solar <input type="checkbox"/> Lainnya ___
D4. Berapa jarak bank sampah ke gudang pengepul?
_____ (Km)

**KUESIONER OBSERVASI AKTIVITAS DI BANK SAMPAH
KABUPATEN BANTUL UNTUK PENGEPUL**

A. Identitas Pengepul		
Lokasi Observasi	Nama Pengepul	
	Alamat (lengkap hingga kapanewon)	
	No.Telp	
	Tahun Berdiri	
	Jadwal Operasional	

B. Operasional Pengepul
B1. Apa jenis sampah yang diterima?
B2. Apakah sampah yang telah terkumpul, akan diolah sendiri atau dikirimkan ke pengelola pihak ketiga?
<input type="checkbox"/> Diolah sendiri <input type="checkbox"/> Dikirim ke pengelola pihak ketiga
B3. Jika dikelola sendiri, apa saja mesin yang digunakan dan spesifikasinya?
- Mesin 1 / Spesifikasinya:

<ul style="list-style-type: none"> - Mesin 2 / Spesifikasinya: - Mesin 3 / Spesifikasinya: - Dst
B4. Jika dikelola pihak lain, kemana mengirim pengelolanya?
Pengelola 1
Nama pengelola :
Alamat pengelola :
Jenis sampah yang diterima :
Berapa lama pengiriman :
Spesifikasi alat yang digunakan :
Pengelola 2
Nama pengelola :
Alamat pengelola :
Jenis sampah yang diterima :
Berapa lama pengiriman :
Spesifikasi alat yang digunakan :
Pengelola 3
Nama pengelola :

Alamat pengelola :
Jenis sampah yang diterima :
Berapa lama pengiriman :
Spesifikasi alat yang digunakan :

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Banjarnegara, Jawa Tengah, 22 Juli 2000. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh Pendidikan di SDN 1 Kalibening pada tahun 2007 – 2013 di Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah. Kemudian melanjutkan Pendidikan di SMPN 1 Kalibening di Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah pada tahun 2013 – 2016 dan menempuh pendidikan di SMAN 1 Banjarnegara pada tahun 2016 – 2019 di Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah. Setelah lulus dari jenjang SMA, penulis melanjutkan studi di Universitas Islam Indonesia dengan mengambil Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan pada tahun 2019. Beberapa kegiatan yang penulis lakukan saat menjadi mahasiswa adalah mengikuti asisten dosen tugas besar perencanaan Mata Kuliah Pengelolaan Sampah serta Mata Kuliah Drainase dan *Sewerage*. Penulis melaksanakan Kerja Praktik pada bulan Mei-Juni 2022 di PT. Geo Dipa Energi (Persero) dengan topik pembahasan yaitu Evaluasi Pelaksanaan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di PT. Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng. Dalam kegiatan non akademik, penulis mengikuti kepanitiaan dalam acara Lintas Lingkungan 2020, selain itu juga menjadi staf media UKM Zero Waste FTSP UII, dan UKM Enviro English Community HMTL UII periode 2021. Pada bulan Maret 2023 – Juli 2023 penulis melakukan penelitian terkait Studi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) pada Aktivitas Operasional Bank Sampah di Kabupaten Bantul sebagai syarat menyelesaikan studi strata 1 di Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.