

TUGAS AKHIR
STUDI EMISI GAS RUMAH KACA (GRK) PADA
AKTIVITAS OPERASIONAL BANK SAMPAH DI
KABUPATEN KULON PROGO, YOGYAKARTA

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



ALYA ARIQA AZHARI

19513028

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 KULON PROGO, YOGYAKARTA

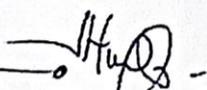
Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

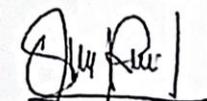


Disusun Oleh:

ALYA ARIQA AZHARI
19513028

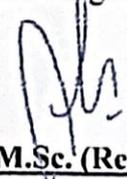
Disetujui,
Dosen Pembimbing:


Dr. Hijrah Purhama Putra, S.T., M.Eng.
NIK. 095130404
Tanggal: 17/w '23


Elita Nurfitriyani Sulistyo, S.T., M.Sc.
NIK. 185130402
Tanggal: 18/w '23



Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII


Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng)., Ph.D
NIK. 045130401
Tanggal: 20/w - 23

HALAMAN PENGESAHAN
STUDI EMISI GAS RUMAH KACA (GRK) PADA
AKTIVITAS OPERASIONAL BANK SAMPAH DI
KABUPATEN KULON PROGO, YOGYAKARTA

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin
Tanggal : 9 Oktober 2023

Disusun Oleh:

ALYA ARIQA AZHARI
19513028

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,



Alya Ariqa Azhari

NIM : 19513028

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 Kulon Progo, Yogyakarta” 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:

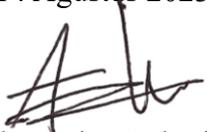
1. Allah Subhanahu wa ta'ala atas segala rahmat yang diberikan, kemampuan dan kemudahan serta kelancaran yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini.
2. Kedua orang tua saya, Bapak Purwanto dan Ibu Yunik Setyowati yang selalu memberikan doa dan dukungan agar diberikan kelancaran 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 Sulistyio, 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 “bank sampah” yaitu Farid Ibnu, Regina Shinta, Zidni Puteri, dan Fadhil Cesarea yang sudah berjerih payah bersama penulis sejak awal pembentukan proposal Tugas Akhir hingga selesai.
9. Seluruh direktur dan pengurus bank sampah di Kabupaten Kulon Progo yang telah memberi izin pengambilan data dan membantu pengerjaan tugas akhir ini.
10. Nur Azizah, Nadira Raeva, dan Raesa Anggun, Annisa Rezeki, Rania Alisha, Olivia Syahbilla, Rizqy Akhfa, Arsa, dan Raza yang sudah mendengar keluh kesah selama proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
11. Anime "One Piece" terutama kepada karakter Luffy, Zoro, Sanji, dan Chopper yang telah memberikan semangat, inspirasi dan hiburan selama pengerjaan proposal hingga pengerjaan tugas akhir ini.
12. 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 bermanfaat bagi penulis, pembaca dan penelitian selanjutnya. Aamiin.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 14 Agustus 2023



Alya Ariqa Azhari

ABSTRACT

The growth of Kulon Progo Regency's area and the rising consumption habits among its people have caused a continuous increase in waste production. To address this waste issue, waste management becomes essential in line with the implementation of Law No. 18 of 2008 on Waste Management, which requires regions to establish proper waste management systems. One approach to curb waste generation is by introducing a waste bank program. However, it's important to note that waste bank activities themselves may produce greenhouse gas emissions, including CO₂, CH₄, and N₂O. These emissions occur during waste collection, processing, and transportation stages, often involving motorized vehicles. The goal of this research is to recognize, analyze, and compare different scenarios aimed at reducing greenhouse gas emissions arising from waste bank activities. The calculation method utilized aligns with the National Greenhouse Gas Inventory Guidelines, based on the IPCC Guidelines 2006. Findings from this study indicate that the anticipated greenhouse gas emissions stemming from operational activities of 15 waste bank samples total 15,889 CO₂(eq)/year. Comparatively, the landfill scenario leads to emissions of 30,702 CO₂(eq)/year, and the open burning scenario results in emissions of 30,109 CO₂(eq)/year. In conclusion, this study determines that waste bank activities yield lower greenhouse gas emissions compared to alternative scenarios. Consequently, the waste bank program serves as a more environmentally friendly waste management solution, resulting in fewer greenhouse gas emissions.

Keywords: Greenhouse Gas Emissions, IPCC, Waste Bank.

ABSTRAK

Perkembangan kewilayahan di Kabupaten Kulon Progo serta peningkatan pola konsumsi masyarakat mengakibatkan meningkatnya jumlah timbulan sampah yang terus meningkat. Dari masalah timbulan sampah di Kabupaten Kulon Progo, maka sampah perlu dikelola melalui kebijakan undang-undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah yang di mana daerah berkewajiban dalam melaksanakan pengelolaan sampah dengan sistem yang baik. Salah satu inisiatif untuk mengurangi timbulan sampah yaitu dengan program bank sampah. Namun, kegiatan bank sampah sendiri memiliki potensi menghasilkan emisi gas rumah kaca, seperti CO₂, CH₄, dan N₂O. Emisi ini terjadi pada tahap pengumpulan, pengolahan, dan pengangkutan sampah yang melibatkan kendaraan bermotor. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan membandingkan skenario untuk mengurangi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh kegiatan bank sampah. Metode perhitungan yang digunakan mengacu pada pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional yang mengacu pada *IPCC Guidelines 2006*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hasil estimasi emisi GRK pada kondisi eksisting aktivitas operasional dari 15 sampel bank sampah menghasilkan total emisi sebesar 15.889 CO₂(eq)/tahun, untuk skenario penimbunan sampah di TPA menghasilkan emisi sebesar 30.702 CO₂(eq)/tahun, dan skenario pembakaran sampah secara terbuka menghasilkan emisi 30.109 CO₂(eq)/tahun. Kesimpulan dari penelitian ini adalah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas bank sampah lebih rendah dibandingkan dengan skenario dari aktivitas lainnya. Oleh karena itu sistem pengelolaan sampah yang paling minim untuk menghasilkan emisi GRK adalah dengan program bank sampah.

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

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN.....	v
PRAKATA/PENGANTAR.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	ix
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR NOTASI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sampah.....	5
2.2 Pengelolaan Sampah	5
2.3 Bank Sampah	6
2.4 Mekanisme Bank Sampah.....	6
2.5 Emisi Gas Rumah Kaca	8
2.6 Perhitungan Emisi GRK.....	9
2.8 Penelitian Terdahulu.....	11
BAB III METODE PENELITIAN.....	13
3.1 Tahapan Penelitian	13
3.2 Lokasi Penelitian.....	14
3.3 Metode Pengumpulan Data	17
3.4 Metode Identifikasi Aktivitas Operasional Bank Sampah	19

3.5 Perhitungan Potensi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Operasional Bank Sampah.....	20
3.5.1 Perhitungan Emisi dari sumber bergerak	20
3.5.2 Perhitungan Emisi Pada Kegiatan Pengelolaan Sampah	25
3.6 Skema Skenario Pengolahan Sampah	26
3.6.1 Perhitungan Emisi Pada Sampah Dari <i>Open Burning</i> (Pembakaran Terbuka)	27
3.6.2 Perhitungan Emisi pada Penimbunan Sampah di TPA	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	36
4.2 Aktivitas Bank Sampah	43
4.3 Potensi Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Bank Sampah.....	46
4.3.1 Nasabah ke Bank Sampah.....	46
4.3.2 Pengolahan	50
4.3.3 Bank Sampah ke Pengepul.....	52
4.3.4 Pengepul ke Industri.....	53
4.3.5 Total Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Operasional Bank Sampah	53
4.4 Perbandingan Aktivitas Diluar Bank Sampah.....	58
4.4.1 Pembakaran	58
4.4.2 Penimbunan TPA.....	60
4.4.3 Perbandingan Emisi Tiap Skenario	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN.....	71
RIWAYAT HIDUP	77

DAFTAR NOTASI

BBa	= Konsumsi Transportasi
TJ	= <i>Terajoule</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 <i>landfill</i>
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 anerobik (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.....	11
Tabel 3. 1 Alamat pengambilan sampel bank sampah berdasarkan kelompok besar.....	15
Tabel 3. 2 Alamat pengambilan sampel bank sampah berdasarkan kelompok sedang.....	15
Tabel 3. 3 Alamat pengambilan sampel bank sampah berdasarkan kelompok kecil.....	15
Tabel 3. 4 Alamat Sampel Gudang Pengepul.....	16
Tabel 3. 5 Kebutuhan Data Primer.....	18
Tabel 3. 6 Kebutuhan Data Sekunder.....	18
Tabel 3. 7 Metode perhitungan senyawa emisi GRK.....	21
Tabel 3. 8 Nilai Kalor Bahan Bakar.....	23
Tabel 3. 9 Faktor Emisi Bahan Bakar Tier-2.....	24
Tabel 3. 10 Faktor Emisi Bahan Bakar Tier-1.....	25
Tabel 3. 11 Faktor Emisi Konsumsi Energi Listrik.....	26
Tabel 3. 12 Angka Default <i>Dry Matter</i> Sampah Kota.....	28
Tabel 3. 13 Faktor Oksidasi (OX) Gas CH ₄ pada Penutup Timbunan Sampah di TPA.....	32
Tabel 3. 14 <i>Methane Correction Factor</i>	33
Tabel 3. 15 Angka Default DOC Masing - Masing Komponen Sampah.....	34
Tabel 3. 16 Konversi GWP.....	34
Tabel 4. 1 Informasi aktivitas operasional bank sampah kategori besar.....	38
Tabel 4. 2 Informasi aktivitas operasional bank sampah kategori sedang.....	39
Tabel 4. 3 Informasi aktivitas operasional bank sampah kategori kecil.....	40
Tabel 4. 4 Informasi Aktivitas Pengepul pada 15 Bank Sampah di Kabupaten Kulon Progo.....	45
Tabel 4. 5 Tabel Perhitungan jarak tempuh tahunan.....	46

Tabel 4. 6 Tabel Perhitungan konsumsi BBM di bank sampah Dhuawar Sejahtera	47
Tabel 4. 7 Tabel Perhitungan emisi CO ₂ di bank sampah Dhuawar Sejahtera.....	48
Tabel 4. 8 Tabel Perhitungan emisi CH ₄ di bank sampah Dhuawar Sejahtera.....	49
Tabel 4. 9 Tabel Perhitungan emisi N ₂ O di bank sampah Dhuawar Sejahtera	49
Tabel 4. 10 Total Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengangkutan sampah dari Nasabah ke Bank Sampah.....	50
Tabel 4. 11 Total Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengolahan di Bank Sampah.....	51
Tabel 4. 12 Total Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengangkutan sampah dari Bank Sampah ke Pengepul.....	52
Tabel 4. 12 Total Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengangkutan Sampah dari Pengepul ke Industri	53
Tabel 4. 15 Berat Sampah per Komposisi dari 15 Bank Sampah Kulon Progo dalam 1 tahun	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	13
Gambar 3. 2 Nomogram Harry King	14
Gambar 3. 3 Peta Lokasi Sampel Bank Sampah.....	16
Gambar 3. 4 Peta Lokasi Sampel Pengepul	17
Gambar 3. 5 Survei dan Wawancara Bank Sampah.....	20
Gambar 3. 6 Survei dan Wawancara Pengepul	20
Gambar 3. 7 Skema perhitungan emisi GRK pada aktivitas bank sampah.....	21
Gambar 3. 8 Skema Perhitungan Emisi GRK pada Mesin Pencacah	26
Gambar 3. 9 Skenario 1 Kondisi Eksisting Aktivitas Bank Sampah	27
Gambar 3. 10 Skenario 2 Pembakaran Terbuka.....	27
Gambar 3. 11 Skenario 3 Penimbunan di TPA.....	27
Gambar 3. 12 Skema Perhitungan CO ₂ pada Skenario <i>Open Burning</i>	28
Gambar 3. 13 Skema Perhitungan CH ₄ dan N ₂ O pada Skenario <i>Open Burning</i> ..	28
Gambar 3. 14 Skema Perhitungan Emisi GRK pada Skenario TPA.....	31
Gambar 4. 1 Berat Total Sampah per Bank Sampah.....	41
Gambar 4. 2. Komposisi sampah berdasarkan jenis sampah	42
Gambar 4. 3 Diagram Alir Aktivitas di Bank Sampah.....	43
Gambar 4. 4 Diagram Batang Total Emisi Aktivitas Bank Sampah Pengumpulan, Pengolahan, dan Pengangkutan.....	54
Gambar 4. 5 Diagram Batang Total Jarak Tempuh Aktivitas Bank Sampah Pengumpulan, Pengolahan, dan Pengangkutan.....	55
Gambar 4. 6 Diagram Batang Total Nasabah Bank Sampah	55
Gambar 4. 7 Diagram Batang Total Emisi Aktivitas Pengangkutan Pengepul ke Industri	56
Gambar 4. 8 Diagram Batang Perbandingan Total Emisi Aktivitas Bank Sampah	57
Gambar 4. 9 Perbandingan Total Emisi Tiap Skenario	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 - Kuesioner Bank Sampah	71
Lampiran 2 - Kuesioner untuk Pengepul.....	75

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Kulon Progo merupakan Kabupaten yang terus berkembang sejak lahirnya sampai saat ini. Ditinjau dari segi kewilayahan, Kabupaten Kulon Progo mengalami perkembangan dari waktu ke waktu. Jumlah penduduk Kabupaten Kulon Progo tahun 2022 adalah 451.342 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk paling tinggi di Daerah Istimewa Yogyakarta yaitu 2,11%, seiring bertambahnya penduduk dan pembangunan yang dilaksanakan tentunya membawa dampak positif maupun dampak negatif bagi lingkungan. Salah satunya yaitu peningkatan pola konsumsi masyarakat yang menyebabkan meningkatnya jumlah volume sampah. Timbulan sampah akan terus bertambah hal ini dipengaruhi oleh jumlah penduduk yang terus meningkat dan aktivitas manusia yang tidak pernah berhenti (Purwanti dkk., 2015).

Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional jumlah timbulan sampah per hari pada tahun 2022 adalah 177,34 ton/hari atau 64.730,71 ton/tahun yang bersumber dari beberapa sektor seperti pemukiman, sekolah, industri, pasar, dan lain-lain. Dari masalah timbulan sampah di Kabupaten Kulon Progo, maka sampah perlu dikelola melalui kebijakan undang-undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah yang di mana pemerintah pusat maupun daerah berkewajiban dalam melaksanakan pengelolaan sampah dengan sistem yang baik, meningkatkan kesadaran masyarakat serta memberikan sarana prasarana pengelolaan sampah.

Salah satu inisiatif untuk mengurangi timbulan sampah yaitu dengan program bank sampah yang dibentuk oleh Pemerintah Provinsi Yogyakarta sebagai salah satu strategi penerapan 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) dalam pengelolaan sampah dari sumbernya. Kabupaten Kulon Progo merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang telah menerapkan bank sampah sebagai upaya pengelolaan sampah yang berkelanjutan dengan prinsip mengajak masyarakat memilah sampah dari sumber. Pelaksanaan bank sampah dapat memberikan hasil yang konkret bagi

masyarakat yaitu berupa tabungan. Terdapat 97 bank sampah unit dan 1 bank sampah induk di Kabupaten Kulon Progo (Kementerian Lingkungan Hidup, 2011).

Namun masih terdapat beberapa aktivitas di bank sampah yang menghasilkan gas rumah kaca khususnya pada kegiatan pengolahan dan pengangkutan sampah dari bank sampah ke pemanfaat yang umumnya menggunakan kendaraan berbahan bakar fosil. Penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber energi penggerak mesin akan menghasilkan beberapa jenis gas rumah kaca. Dari pembakaran bahan bakar fosil pada kendaraan, akan menghasilkan gas rumah kaca berupa karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4) dan dinitrogen oksida (N_2O).

Gas rumah kaca adalah gas-gas yang terdapat di atmosfer bumi dan memiliki kemampuan untuk menyerap dan memancarkan radiasi panas dari matahari. Hal ini menyebabkan efek rumah kaca, yaitu peningkatan suhu di permukaan bumi. Namun, hingga saat ini belum ada penelitian yang secara komprehensif menganalisis emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas operasional bank sampah di wilayah Kabupaten Kulon Progo (Sinthiya dan Kusnadi, 2018).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari operasional bank sampah di Kabupaten Kulon Progo. Data emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari setiap aktivitas tersebut akan dihitung dengan menggunakan faktor emisi yang telah terstandarisasi dari Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Kementerian Lingkungan Hidup 2012.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana aktivitas bank sampah yang menghasilkan emisi gas rumah kaca di Kabupaten Kulon Progo?
2. Berapa potensi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari bank sampah di Kabupaten Kulon Progo?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi aktivitas bank sampah yang menghasilkan emisi gas rumah kaca di Kabupaten Kulon Progo.
2. Menghitung dan menganalisis potensi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari bank sampah di Kabupaten Kulon Progo.
3. Menghitung skenario pengelolaan sampah untuk dibandingkan emisi gas rumah kacanya dengan kondisi eksisting aktivitas bank sampah untuk mencari yang terbaik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengidentifikasi aktivitas yang menghasilkan emisi gas rumah kaca dari bank sampah di Kabupaten Kulon Progo.
2. Memberikan informasi mengenai adanya emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh aktivitas bank sampah.
3. Memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang kontribusi bank sampah terhadap emisi gas rumah kaca di Kabupaten Kulon Progo.
4. Sebagai informasi untuk solusi-solusi baru yang telah didapat dari penelitian ini sehingga dapat membantu mengatasi permasalahan yang ada.
5. Mengetahui pengelolaan sampah yang efektif.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Lokasi penelitian dilakukan pada 15 bank sampah di wilayah Kabupaten Kulon Progo.
2. Penentuan titik sampling bank sampah dilakukan dengan *stratified random sampling*.
3. Emisi Gas Rumah Kaca yang dihitung yaitu karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄) dan dinitrogen oksida (N₂O).
4. Metode perhitungan untuk emisi gas rumah kaca menggunakan acuan pada pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Volume

1 dari Kementerian Lingkungan Hidup 2012 yang merujuk pada IPCC *Guidelines* 2006.

5. Data Primer diambil dengan menggunakan kuesioner wawancara tertulis ke pihak bank sampah dan pengepul.
6. Bahan bakar kendaraan jenis mesin bensin diasumsikan menggunakan pertamax RON 92.
7. Bahan bakar kendaraan jenis mesin diesel diasumsikan menggunakan solar.
8. Nasabah aktif merupakan nasabah yang secara pribadi berpartisipasi menyetorkan sampah ke bank sampah selama 3 bulan terakhir.
9. Semua nasabah diasumsikan menggunakan kendaraan sepeda motor.
10. Emisi gas rumah kaca yang dihitung mencakup aktivitas pengumpulan sampah dari rumah nasabah menuju ke bank sampah dan bank sampah hingga ke gudang pengepul.
11. jarak rata-rata rumah nasabah menuju bank sampah diklasterkan berdasarkan rukun warga (RW).
12. Skenario yang menjadi pembanding dengan kondisi eksisting bank sampah adalah skenario pembakaran dan *landfilling* berupa sampah yang terkelola selama satu tahun.
13. Pada skenario *landfilling* emisi yang diperhitungkan adalah aktivitas pengangkutan dari rumah nasabah ke bank sampah, lalu menuju TPA, dan penimbunan sampah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

Pengertian sampah dapat diartikan sebagai material yang berasal dari bahan produksi untuk pasar yang sudah tidak digunakan lagi oleh pembuatnya atau konsumennya sendiri (United Nations, 2016). Pada Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 Bab 1 Pasal 1 sampah adalah sisa yang dihasilkan dari kegiatan atau aktivitas sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Sampah yang dihasilkan adalah limbah yang bersifat padat terdiri dari bahan organik dan anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan (SNI 19-2452-2002).

2.2 Pengelolaan Sampah

Pengelolaan sampah adalah semua kegiatan yang dilakukan untuk menangani sampah sejak ditimbulkan sampai dengan pembuangan akhir (Sudarwanto, 2010). Pengelolaan sampah dilakukan secara menyeluruh, mulai dari tahap awal pembuatan produk yang berpotensi menjadi sampah hingga tahap hilir, di mana produk sudah digunakan dan dikembalikan ke lingkungan secara aman. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat. Untuk mewujudkan tujuan tersebut maka dalam penjelasan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, pemerintah membuat pengelolaan sampah secara berkelanjutan, hal ini dilakukan dengan menggunakan metode dan teknik yang ramah lingkungan sehingga tidak menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan.

Maka dari itu Pengelolaan sampah berbasis masyarakat sangat penting, karena kegiatan tersebut dilakukan oleh masyarakat sekitar atau anggota komunitas itu sendiri. Sementara itu menurut Koesrimardiyati (2011) menyatakan bahwa pendekatan pengelolaan sampah 3R membuka pandangan dan wawasan baru dalam mengelola sampah bagi masyarakat jika warga mulai mengelola sampah secara

mandiri, disertai dengan pengorganisasian masyarakat, salah satunya adalah Rukun Warga. Dengan demikian, kegiatan pengelolaan sampah berbasis masyarakat dapat berlanjut. Sampah akan tidak lagi dianggap sebagai barang tidak berguna dengan menggunakan pendekatan 3R, sampah dapat diubah menjadi sesuatu yang memiliki nilai tambahan. Oleh karena itu, sangat penting bagi masyarakat untuk berpartisipasi dalam kegiatan daur ulang, baik sebagai produsen maupun sebagai anggota masyarakat penghasil sampah. Jika sampah berada dalam jumlah mencukupi untuk diproses menjadi barang ekonomi, seperti bahan baku (daur ulang), maka sampah akan memiliki nilai ekonomis.

2.3 Bank Sampah

Bank sampah merupakan konsep pengumpulan sampah kering secara kolektif yang dimana sistemnya mirip dengan bank, tetapi bukan uang yang ditabung, melainkan sampah. Nasabah bank sampah akan mendapatkan bayaran sesuai dengan banyaknya sampah yang disetorkan (Asteria, 2016). Bank sampah memiliki fungsi untuk mengelola sampah dengan menampung, memilah dan mendistribusikan sampah ke tempat pengolahan sampah yang lain atau kepada pihak yang membutuhkan.

Merujuk pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2021 tentang Bank Sampah, disebutkan bahwa bank sampah adalah tempat untuk pemilahan, pengumpulan sampah yang dapat didaur ulang, dan diguna ulang yang memiliki nilai ekonomi. Bank sampah juga dapat dimaknai sebagai suatu sistem pengelolaan sampah kering secara kolektif yang mendorong masyarakat untuk berperan serta aktif didalamnya. Sistem ini akan menampung, memilah dan menyalurkan sampah bernilai ekonomi pada pasar sehingga masyarakat mendapat keuntungan ekonomi dari menabung sampah (Utami, 2014).

2.4 Mekanisme Bank Sampah

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 14 tahun 2021 tentang pengelolaan sampah pada bank sampah mekanisme bank

sampah dilakukan melalui kegiatan pemanfaatan kembali Sampah, sementara kegiatan penanganan, dilakukan melalui kegiatan pemilahan, pengangkutan, dan pengolahan Sampah. Bentuk kegiatan pengurangan dan penanganan Sampah tersebut disesuaikan dengan jenis Sampah yang dikelola oleh bank sampah. Berikut mekanisme sistem bank sampah:

2.4.1 Pemilahan sampah rumah tangga

Nasabah perlu melakukan pemilahan sampah sebelum menyerahkannya ke bank sampah. Pemilahan sampah bergantung pada kesepakatan yang dibuat saat bank sampah didirikan. Pemilahan sampah dapat dilakukan di rumah tangga, perkantoran, kawasan komersial, atau di lokasi lain yang menjadi sumber sampah. Selain itu, pemilahan sampah juga dapat dilakukan di bank sampah, ketika sampah telah dipindahkan atau diangkut dari tempat asal sampah menuju fasilitas pemilahan di bank sampah.

2.4.2 Pengumpulan sampah ke bank sampah

Kegiatan pengumpulan sampah dilakukan untuk memindahkan sampah dari sumbernya, dalam hal ini rumah tangga, ke lokasi pengumpulan di bank sampah. Terdapat dua cara dalam pengumpulan sampah yaitu nasabah dapat mengangkut sampah ke bank sampah, atau pengelola bank sampah melakukan pengangkutan sampah dari rumah tangga ke bank sampah.

Alat angkut yang digunakan saat kegiatan pengumpulan sampah adalah motor roda 2 dan motor roda 3. Biasanya, terdapat jadwal penyetoran sampah yang telah disepakati sebelumnya. Penjadwalan ini bertujuan untuk menyesuaikan waktu penyetoran oleh nasabah dan pengangkutan oleh pihak pengepul. Tujuannya adalah agar sampah tidak menumpuk di lokasi bank sampah.

2.4.3 Penimbangan

Sampah yang telah disetor ke bank sampah kemudian ditimbang. Saat jadwal penimbangan, nasabah dapat membawa

sampah yang akan ditabung, yang kemudian ditimbang sesuai dengan jenis sampah yang sudah dipilah. Pada kesepakatan sebelumnya pihak bank sampah sudah menetapkan untuk berat dan harga sampah.

2.4.4 Pencatatan

Setelah dilakukan proses penimbangan, petugas akan mencatat jenis dan berat sampah yang telah ditimbang. Hasil timbangan tersebut kemudian diubah menjadi uang rupiah, yang selanjutnya dicatat dalam buku tabungan.

2.4.5 Pengelolaan sampah

Pengolahan sampah adalah proses mengubah karakteristik, komposisi, dan volume sampah. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengurangi jumlah sampah yang harus dibawa ke fasilitas pemrosesan akhir, sehingga hanya sisa-sisa residu hasil pengolahan sampah yang dibawa. Pengolahan sampah dapat dilakukan melalui beberapa metode yaitu pengomposan, daur ulang materi, dan daur ulang energi.

2.4.6 Pengangkutan

Bank sampah telah bekerjasama dengan pengepul yang telah ditunjuk dan disepakati. Setelah sampah terkumpul, dilakukan penimbangan dan pencatatan, dan kemudian langsung diangkut ke gudang pengepul atau lokasi pengolahan sampah berikutnya. Dengan demikian, tidak ada penumpukan sampah di area bank sampah

2.5 Emisi Gas Rumah Kaca

Gas rumah kaca adalah gas yang terkandung dalam atmosfer karena faktor alami dan antropogenik (kegiatan manusia), yang menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah. Sebagian dari radiasi gelombang pendek matahari yang diterima permukaan bumi dipancarkan kembali ke atmosfer dalam bentuk radiasi gelombang panjang yang disebut radiasi infra merah. Efek rumah kaca terjadi

ketika radiasi gelombang panjang dipancarkan oleh gas rumah kaca pada lapisan atmosfer bawah dekat dengan permukaan bumi (Sinthiya dan Kusnadi 2018).

Jenis gas yang digolongkan sebagai gas rumah kaca yaitu karbon dioksida (CO₂), dinitrogen oksida (N₂O), metana (CH₄), sulfur Heksafleurida (SF₆), perflorokarbon (PFC), dan hidrofleurokarbon (HFC). Dari semua jenis gas tersebut, GRK utama adalah CO₂, CH₄, dan N₂O. Dari ketiga jenis gas ini, yang paling banyak kandungannya di atmosfer ialah CO₂ sedangkan yang lainnya sedikit. Meskipun konsentrasi gas CH₄ dan N₂O sedikit, tetapi kemampuan potensi pemanasan global gas tersebut lebih tinggi (Purnamasari, 2019).

Berdasarkan laporan IPCC tahun 2006, sektor limbah (*waste sector*) turut menyumbang GRK ke atmosfer dimana khusus dari TPA-TPA sampah yang ada berkontribusi antara 3 – 4 % dari emisi GRK global. Walau terdapat banyak jenis GRK dari sektor persampahan ini, namun yang dianggap dominan dan harus ada dalam setiap laporan National *GHGs Inventory* adalah CO₂, CH₄ dan N₂O. Memiliki potensi yang besar dalam pemanasan global yang “potensi” nya diperhitungkan dalam potensi CO₂, atau dikenal sebagai *Global Warming Potential* (GWP). GWP adalah besaran efek radioaktif GRK dibandingkan terhadap CO₂, dengan kata lain, GWP adalah indikasi berapa ton emisi CO₂ setara dengan satu ton dari setiap GRK lainnya. GWP untuk gas CH₄ adalah 29,8 (relatif terhadap CO₂) sedangkan N₂O adalah 278, sesuai dengan Laporan *Assessment Report* IPCC 2021 (Purwanta, 2009).

2.6 Perhitungan Emisi GRK

IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) *Guideline for National Greenhouse Gas Inventories* merupakan pedoman yang dibuat secara spesifik dalam memperkirakan pertambahan dan pengurangan emisi dari gas rumah kaca. Berdasarkan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (2006), ketelitian penghitungan tingkat emisi gas dalam kegiatan inventarisasi dikelompokkan dalam 3 tingkat ketelitian.

Tingkat ketelitian perhitungan ini dikenal sebagai ‘Tier’ berdasarkan Faktor emisi yang sudah ditentukan. Faktor emisi merupakan koefisien yang digunakan

untuk mengestimasi jumlah emisi polutan tertentu yang dihasilkan oleh suatu kegiatan atau sumber emisi. Faktor ini menyediakan perkiraan atau perkiraan kuantitatif tentang seberapa banyak polutan yang dihasilkan per unit aktivitas, volume produksi, jarak tempuh, atau parameter tertentu (US EPA, 2022). Perhitungan terkait tingkat ketelitian dan metode perhitungan yang digunakan pada kegiatan sumber bergerak, pembakaran terbuka (*open burning*), dan penimbunan sampah di TPA dijelaskan sebagai berikut:

1. Tier 1

Untuk estimasi tingkat emisi GRK tier 1, sebagian besar menggunakan data aktivitas dan parameter *default* IPCC 2006.

2. Tier 2

Estimasi didasarkan dengan data aktivitas yang lebih akurat atau faktor emisi spesifik suatu negara/ suatu pabrik (*country specific/plant specific*).

3. Tier 3

Estimasi berdasarkan metoda spesifik suatu negara dengan data aktivitas yang lebih akurat (pengukuran langsung) dan faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific*).

Penentuan Tier dalam inventarisasi gas rumah kaca ditentukan oleh ketersediaan data dan tingkat kemajuan penelitian suatu negara. Penelitian tersebut berfungsi untuk menyusun metodologi atau menentukan faktor emisi yang spesifik dan berlaku bagi negara tersebut. Dalam menentukan faktor emisi khususnya CH₄ dan N₂O yang berlaku bagi Indonesia pada inventarisasi GRK menggunakan Tier-1 berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi default IPCC, hal ini dikelompokkan menurut jenis bahan bakar untuk masing-masing kategori sumber emisi (transportasi).

Namun, menurut IPCC 2006 *Guideline*, emisi CO₂ yang berasal dari proses pengolahan limbah secara biologis tidak dimasukkan dalam perhitungan emisi gas rumah kaca dari penimbunan sampah di TPA karena dianggap berasal dari sumber biogenik dan dihitung sebagai *net emission* dari AFOLU. Gas-gas lainnya juga dianggap tidak signifikan dalam inventarisasi karena jumlahnya yang kecil (KLH 2012).

2.8 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

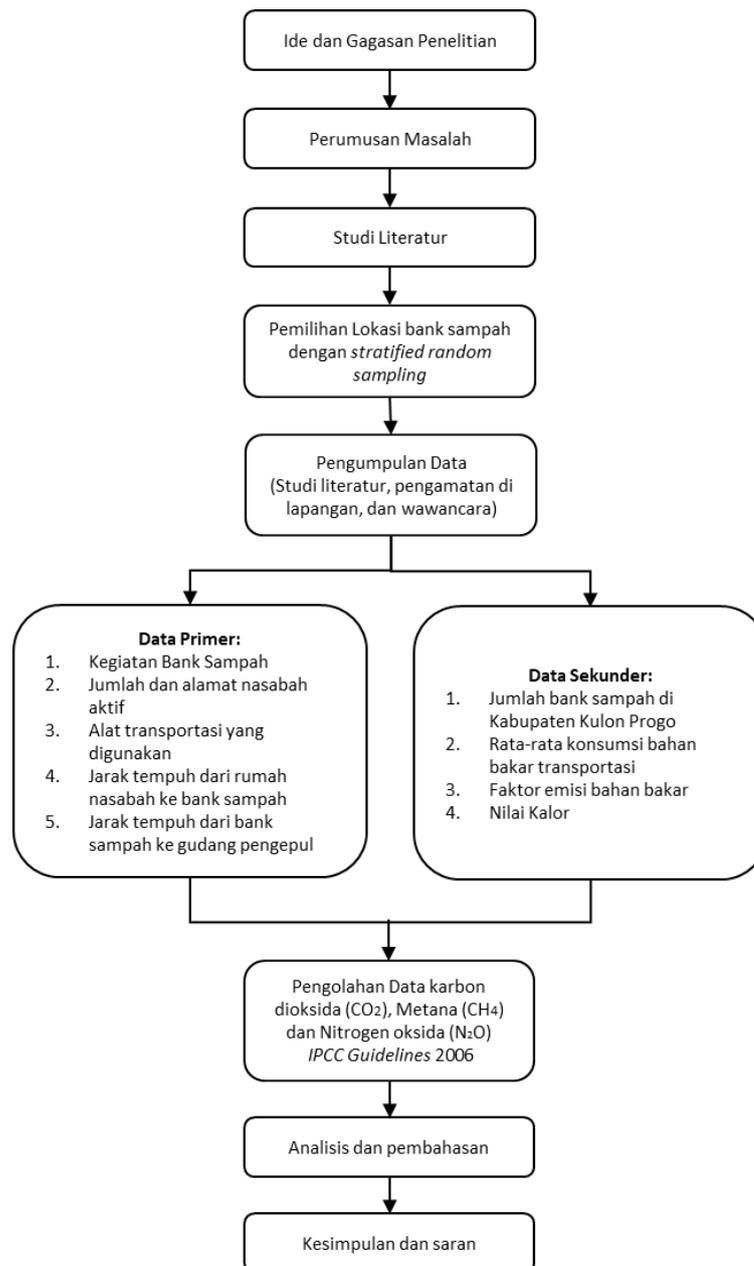
No	Nama Peneliti	Judul	Hasil
1	Madden, B. et al. 2022	<i>Estimating emissions from household organic waste collection and transportation: The case of Sydney and surrounding areas, Australia</i>	Emisi gas rumah kaca untuk pengangkutan dan pengumpulan sampah organik diperkirakan sekitar 43.700 t CO ₂ -e, setara dengan kira-kira 2% dari seluruh emisi transportasi jalan raya di wilayah studi. Sedangkan untuk pengumpulan <i>kerbside</i> adalah kontributor terbesar untuk keseluruhan emisi transportasi, terhitung sekitar 89%.
2	Verma, R. L., Borongan, G. 2022	<i>Emissions of Greenhouse Gases from Municipal Solid Waste Management System in Ho Chi Minh City of Viet Nam</i>	Sebagian besar truk pengangkutan besar menggunakan bahan bakar mengonsumsi sekitar 148.000 L solar per hari dan mengangkut 6481 ton <i>MSW</i> per hari di Kota Ho Chi Minh. estimasi emisi GRK dari pengangkutan <i>MSW</i> adalah 6,15 kg CO ₂ -eq. per ton limbah.
3	Thayyibah,. Dyah, S. 2022	<i>Estimation of the Global Warming Potential (GWP) in the Scenario of Domestic Waste Management in Sukabumi City</i>	Dalam analisis potensi GRK akibat pengumpulan transportasi disebutkan hasil gas emisi rumah kaca dari pengangkutan skenario 2 yang dimana terdapat perencanaan bank sampah adalah $5,35 \times 10^{-6}$ kg CO ₂ -eq dari 33 desa bank sampah di kota Sukabumi dengan total distribusi sampah 109.99 ton/hari.
4	Quintili, A., Castellani, B. 2020	<i>The Energy and Carbon Footprint of an Urban Waste Collection Fleet: A Case Study in Central Italy</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa transportasi mobil pribadi menghasilkan pengurangan emisi CO ₂ (± 2675 kg CO ₂ eq) selama 8 bulan dengan mengganti bahan bakar bensin menjadi <i>Compressed Natural Gas</i> (CNG) dan untuk

No	Nama Peneliti	Judul	Hasil
			kendaraan <i>pick up</i> menghasilkan pengurangan emisi CO ₂ ($\pm 2470 \text{kgCO}_2\text{eq}$) dengan mengganti bahan bakar bensin menjadi <i>Liquefied Petroleum Gas</i> (LPG).
5	Syafrudin., Budihardjo, M., et al. 2021	<i>Assessment of Greenhouse Gases Emission from Integrated Solid Waste Management in Semarang City, Central Java, Indonesia</i>	Truk pengangkutan sampah Kota Semarang menggunakan 170 <i>arm-roll</i> dan 41 <i>dump truck</i> untuk pengangkutan sampah. Setiap kendaraan menempuh jarak rata-rata 17,77 km dan total jarak 12.566,58 km. Jenis bahan bakar yang digunakan adalah biodiesel. Setiap unit armada membutuhkan total bahan bakar sebanyak 1.222,87 l/hari untuk <i>arm-roll</i> dan 347,93 l/bulan, sehingga total konsumsi solar per tahun sebesar 1.507,79 dan konsumsi energi bahan bakar sebesar 20,23 TJ/tahun. Estimasi emisi yang dihitung untuk gas CO ₂ , CH ₄ , dan N ₂ O dari kegiatan pengangkutan sampah adalah $1,52 \times 10^3$ TCO ₂ eq/tahun.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

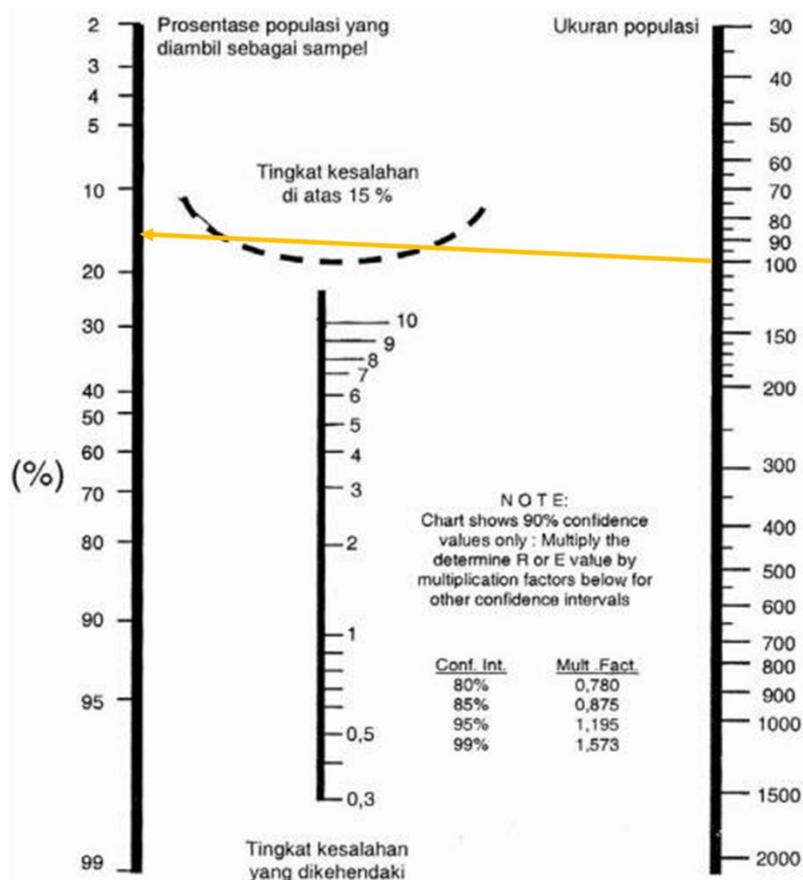
Tahapan penelitian dalam bentuk diagram alir yang ditunjukkan pada gambar 3.1



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di bank sampah wilayah Kabupaten Kulon Progo di Daerah Istimewa Yogyakarta. Teknik pengambilan sampel bank sampah di Kabupaten Kulon Progo menggunakan *stratified random sampling* berdasarkan jumlah sampah yang masuk dan jumlah sampah yang terkelola maka didapatkan 15 sampel bank sampah dengan menggunakan metode nomogram Harry King dari 97 bank sampah unit dan 1 bank sampah induk yang hasilnya digunakan sebagai representasi bank sampah Kabupaten Kulon Progo. Jumlah populasi dari penelitian ini adalah 98 bank sampah, pengukuran sampel menggunakan nomogram Harry King yang dimana populasi masih dibawah 2000. Dalam penentuan sampel taraf kesalahan yang digunakan adalah 15% maka persentase populasi yang diambil sebagai sampel dengan menarik garis dari ukuran populasi adalah 18% dengan *confident level* 85% yang dimana nilai *multi facts* 0,875.



Gambar 3. 2 Nomogram Harry King

Berikut merupakan rumus mencari jumlah sampel:

$$\begin{aligned} \text{Sampel} &= \text{Persentase populasi (\%)} \times \text{Faktor pengali (multi facts)} \times \text{Populasi} \\ &= 18\% \times 0,875 \times 98 \\ &= 15 \end{aligned}$$

(Sugiono, 2007)

Tabel 3. 1 Alamat pengambilan sampel bank sampah berdasarkan kelompok besar

Bank sampah Kelompok Besar				
No	Nama Fasilitas	Alamat	Kelurahan	Kecamatan
1	Melati	Kembang RT 16 RW 8	Margosari	Pengasih
2	Berkah Mandiri	Jl. Nakula Sadewa Rt 01/01	Gesikan	Panjatan
3	Dhuawar Sejahtera	Kroco RT 21 RW 12	Sendangsari	Pengasih
4	Bunda Mandiri	Banyunganti Kidul RT 30	Kaliagung	Sentolo
5	Flamboyan	RT 03 RW 16, Sebokarang	Triharjo	Wates

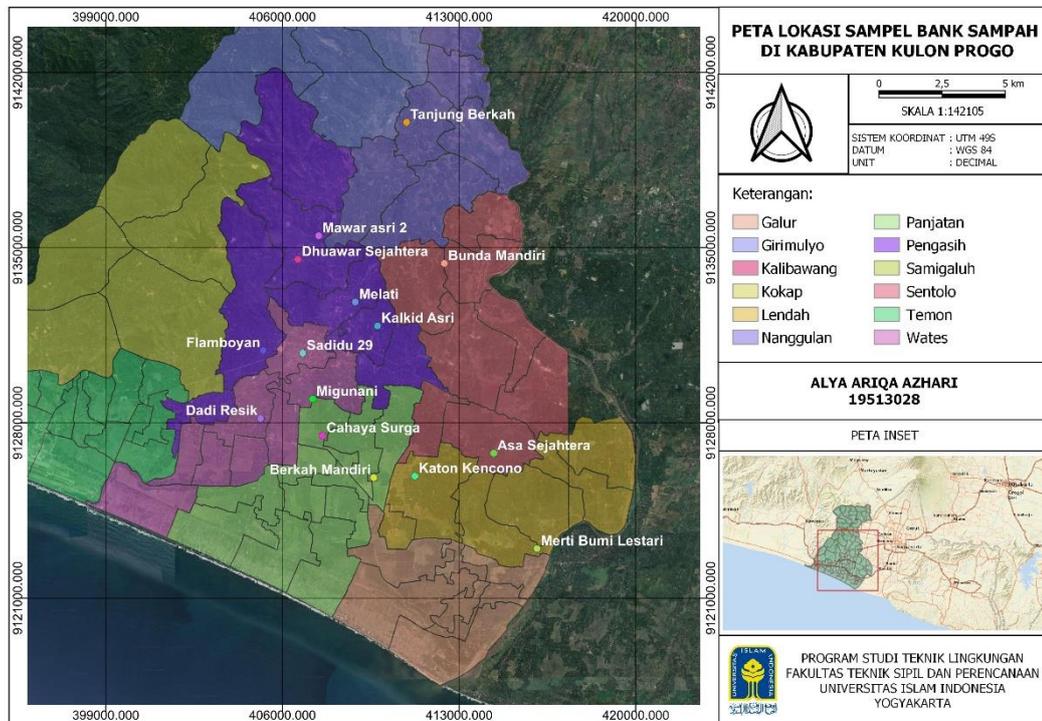
Tabel 3. 2 Alamat pengambilan sampel bank sampah berdasarkan kelompok sedang

Bank Sampah Kelompok Sedang				
No	Nama Fasilitas	Alamat	Kelurahan	Kecamatan
1	Cahaya Surga	Pedukuhan 3 RT 12 RW 06	Gotakan	Panjatan
2	Katon Kencono	Dukuh Bumirejo	Bumirejo	Lendah
3	Merti Bumi Lestari	Kutan, RT03 RW01	Brosot	Galur
4	Dadi Resik	Kularan RT 02 RW 01	Triharjo	Wates
5	Kalkid Asri	Kalipetir Kidul RT 30 RW 15	Margosari	Pengasih

Tabel 3. 3 Alamat pengambilan sampel bank sampah berdasarkan kelompok kecil

Bank Sampah Kelompok Kecil				
No	Nama Fasilitas	Alamat	Kelurahan	Kecamatan
1	Migunani	Dobangsan RT 19 RW 09	Giripeni	Wates
2	Sadidu 29	Wonosidi Lor RT 03 RW12	Wates	Wates
3	Mawar asri 2	Gegunung RT 33 RW18	Sendangsari	Pengasih
4	Tanjung Berkah	Tanjunggunung RT 26 RW09	Tanjung Harjo	Nanggulan
5	Asa Sejahtera	Pergiwatu Wetan	Srikayangan	Sentolo

Letak lokasi pengambilan sampel 15 bank sampah di Kabupaten Kulon Progo bisa dilihat dari gambar 3.3



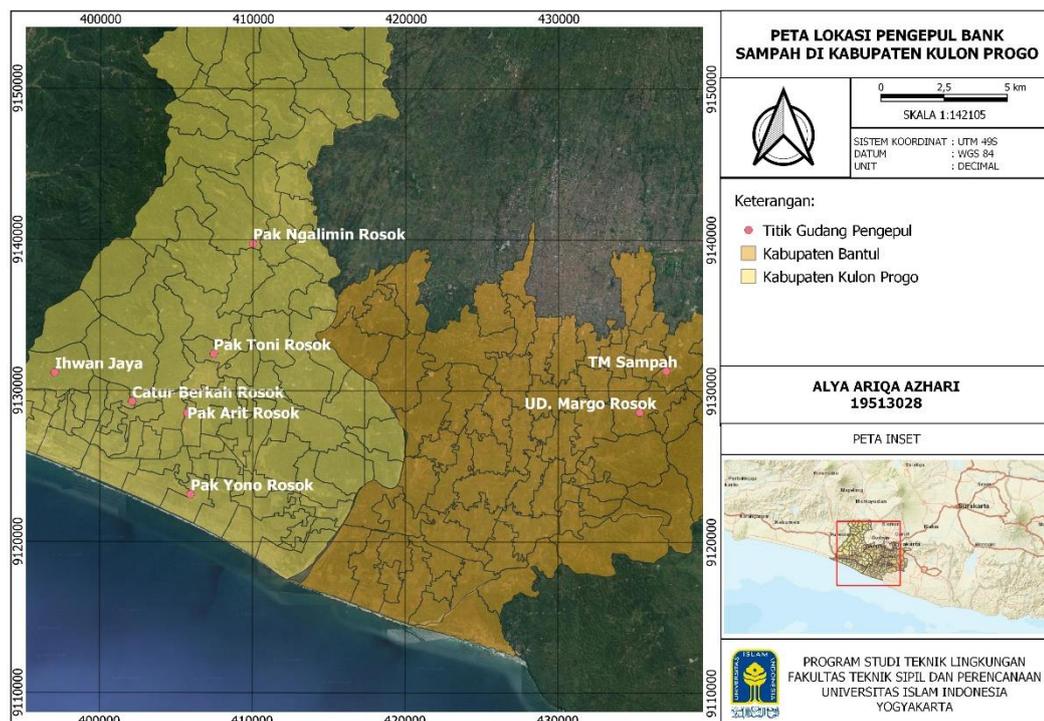
Gambar 3. 3 Peta Lokasi Sampel Bank Sampah

Aktivitas bank sampah juga melibatkan pengepul, yang mana pihak bank sampah menyetorkan sampahnya ke pengepul. Sampel pengepul yang diambil merupakan pengepul yang bekerja sama dengan dengan 15 sampel bank sampah dari hasil wawancara dari pihak bank sampah. Tabel 3.4 dan Gambar 3.4 menunjukkan lokasi pengepul.

Tabel 3. 4 Alamat Sampel Gudang Pengepul

No	Nama Bank Sampah	Nama Pengepul	Alamat Gudang Pengepul
1	Dhuawar sejahtera	UD. Margo Rosok	Srumbung, Segosari, Pleret, Bantul
2	Berkah Mandiri		
3	Merti Bumi Lestari		
4	Katon Kencono		
5	Kalkid Asri		
6	Mawar Asri 2		
7	Asa Sejahtera		
8	Flamboyan	Bapak Ikhwannudin	

No	Nama Bank Sampah	Nama Pengepul	Alamat Gudang Pengepul
9	Migunani		Tonobakal RT 60 RW 18, Hargomulyo, Kokap, Kulon Progo
10	Bunda Mandiri	TM Sampah	Jl. Samirono, Jambon Bawuran, Kec. Pleret, Bantul
11	Dadi Resik	Mas Arit	Bendungan, Wates, Kulon Progo
12	Tanjung Berkah	Bapak Ngalimin	Dsn Ngangin Angin, Banguroto, Nanggulan, Kulon Progo
13	Sadidu 29	Pak Priyo (Catur Berkah Rosok)	Jln Kyai Ronggo, Jombokan, Tawangsari, Pengasih, Kulon Progo
14	Melati	Toni Sampah	Barat UNY Wates, Kulon Progo
15	Cahaya Surga	Bapak Yono	Pleret, Panjatan, Kulon Progo



Gambar 3. 4 Peta Lokasi Sampel Pengepul

3.3 Metode Pengumpulan Data

3.3.1 Pengumpulan Data Primer

Pengambilan data primer dilakukan dengan menggunakan alat kuesioner serta survei langsung untuk mendapatkan data yang diperoleh melalui kuesioner. Kebutuhan data primer di lapangan meliputi:

Tabel 3. 5 Kebutuhan Data Primer

No	Jenis Data	Sumber
1	Jumlah Nasabah	Wawancara ke pengurus bank sampah
2	Alamat Nasabah (Meliputi RW, Padukuhan, Kepanewon)	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)
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

3.3.2 Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder merupakan data hasil penelitian atau survei yang pernah dilakukan sebelumnya meliputi:

Tabel 3. 6 Kebutuhan Data Sekunder

No	Jenis Data	Sumber Data
1	Jumlah bank sampah di Kabupaten Kulon Progo	Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional 2023
2	Jumlah sampah masuk dan terkelola di bank sampah Kabupaten Kulon Progo	Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional 2023
3	Faktor Emisi	Puslitbang Lemigas, 2019
		Puslitbang Lemigas, 2018
		IPCC, 2006
4	Nilai Kalor	KLHK, 2012
5	Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar	Lestari, 2017
6	Nilai Angka Default Dry Matter, MCF, DOC, dan OX	IPCC, 2006
7	Global Warming Potential (GWP)	AR6 IPCC, 2021

3.4 Metode Identifikasi Aktivitas Operasional Bank Sampah

Metode identifikasi aktivitas operasional bank sampah di Kulon Progo yang menghasilkan gas rumah kaca dapat ditinjau dengan literatur yang ada dengan mencari literatur atau penelitian terkait yang telah dilakukan dalam bidang pengelolaan sampah. Berikut adalah Langkah-langkah untuk mengidentifikasi aktivitas operasional di bank sampah Kulon Progo untuk penelitian gas rumah kaca.

1. Tinjauan literatur, dengan melakukan pengumpulan informasi tentang jumlah bank sampah di Kulon Progo beserta lokasi geografisnya, dan identifikasi aktivitas operasional yang umum dilakukan di bank sampah, seperti pengumpulan, pemilahan, pengolahan, dan pengangkutan sampah sesuai dengan pedoman atau regulasi yang terkait dengan pengelolaan sampah di Kulon Progo.
2. Pembuatan Kuesioner, Identifikasi yang mencakup pertanyaan terkait aktivitas operasional bank sampah dan faktor-faktor yang mempengaruhi emisi gas rumah kaca untuk pengukuran emisi gas rumah kaca, seperti volume sampah yang diolah, jenis pengolahan sampah (misalnya kompos, daur ulang, atau pembakaran), dan penggunaan bahan bakar.
3. Pengumpulan data yaitu melakukan survei tentang aktivitas operasional seperti jenis dan volume sampah yang diterima, metode pemilahan dan pengolahan di setiap bank sampah di Kulon Progo dengan menggunakan kuesioner atau daftar periksa yang telah disiapkan sebelumnya.

Tujuan dari identifikasi aktivitas operasional bank sampah yang menghasilkan gas rumah kaca adalah untuk memahami praktik-praktik yang berkontribusi pada emisi gas rumah kaca di bank sampah tersebut. Dengan mengidentifikasi aktivitas-aktivitas tersebut peneliti dapat mengukur dan menganalisis emisi gas rumah kaca yang dihasilkan, sehingga dapat diambil langkah-langkah pengelolaan yang lebih berkelanjutan dan upaya pengurangan emisi yang efektif.



Gambar 3. 5 Survei dan Wawancara Bank Sampah



Gambar 3. 6 Survei dan Wawancara Pengepul

3.5 Perhitungan Potensi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Operasional Bank Sampah

3.5.1 Perhitungan Emisi dari sumber bergerak

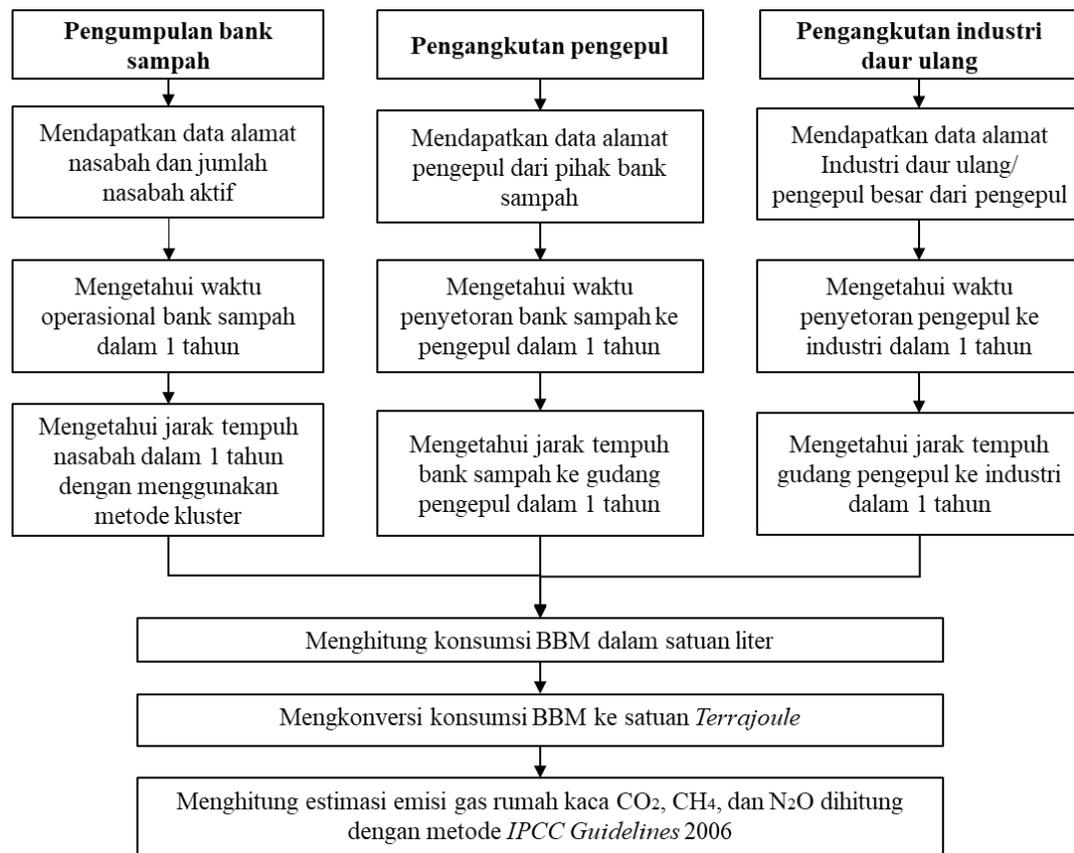
Dalam hal ini dari hasil identifikasi aktivitas bank sampah yang berpotensi yang berkontribusi terhadap penghasil gas rumah kaca adalah pengumpulan dan pengangkutan sampah dari rumah nasabah ke bank sampah dan bank sampah menuju pengepul dengan menggunakan transportasi bahan bakar minyak, karena emisi karbon yang dihasilkannya menjadi salah satu penyumbang GRK pembakaran bahan bakar di sektor transportasi yaitu CO_2 , CH_4 dan N_2O .

Model dasar penghitungan emisi GRK yang paling sederhana yaitu menggunakan metode perhitungan berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi, tabel 3.7 merupakan metode perhitungan untuk masing-masing senyawa emisi gas rumah kaca.

Tabel 3. 7 Metode perhitungan senyawa emisi GRK

<i>Senyawa Emisi Gas Rumah Kaca</i>	<i>Metode Perhitungan</i>
CO ₂	IPCC 2006 Tier-2
CH ₄	IPCC 2006 Tier-1
N ₂ O	IPCC 2006 Tier-1

Analisa data dihitung menggunakan pedoman penyelenggaraan inventarisasi gas rumah kaca nasional yang mengacu pada IPCC *Guidelines* 2006 tentang pembakaran bahan bakar pada sumber bergerak. Tahapan perhitungan emisi GRK pada aktivitas bank sampah dapat dilihat dalam gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Skema perhitungan emisi GRK pada aktivitas bank sampah

Estimasi perhitungan emisi CO₂ menggunakan Tier-2 dikarenakan Kementerian ESDM sudah menetapkan faktor emisi CO₂ di Indonesia yang mana lebih relevan dan sesuai dengan karakteristik bahan bakar dan sumber energi yang digunakan di Indonesia. Sedangkan untuk perhitungan gas CH₄ dan N₂O masih menggunakan metode Tier-1 dikarenakan belum tersedia faktor emisi untuk kedua jenis gas tersebut di Indonesia. Persamaan umum yang digunakan untuk estimasi emisi GRK dari aktivitas operasional bank sampah adalah sebagai berikut:

- **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:

$$\text{Konsumsi Transportasi (BBa)} = \frac{\text{Jarak tempuh (km)}}{\text{Efisiensi Bahan Bakar (km/l)}} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

- Konsumsi Transportasi : jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh kendaraan dalam satuan volume
- Jarak Tempuh : jarak yang ditempuh oleh kendaraan (km)
- Efisiensi Bahan Bakar : jumlah jarak yang dapat ditempuh kendaraan dengan satu satuan volume bahan bakar (km/l)

Untuk menentukan jarak tempuh aktivitas pengumpulan dari rumah nasabah ke bank sampah menggunakan metode kluster 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 jarak yang digunakan adalah jarak tempuh pulang pergi dari gudang pengepul ke bank sampah.

Untuk menghitung rata-rata berapa banyak bahan bakar yang digunakan oleh kendaraan setiap tahunnya, jarak tempuh kendaraan dalam setahun akan dibagi dengan rata-rata konsumsi bahan bakar kendaraan yang biasa digunakan oleh kendaraan tersebut. Dalam perhitungan ini memakai beberapa asumsi mengenai konsumsi bahan bakar. Untuk asumsi konsumsi bahan bakar rata-rata yang digunakan adalah:

- a. Mobil penumpang = 7,8 km/liter Bensin
- b. Sepeda Motor = 21,5 km/liter Bensin
- c. 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.

Konsumsi Energi (Tj)

$$= \text{Bahan Bakar Dikonsumsi (liter)} \times \text{Nilai Kalor} \left(\frac{\text{Tj}}{\text{Liter}} \right) \dots\dots\dots (3.2)$$

(Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

Berbagai jenis bahan bakar yang digunakan di Indonesia berikut nilai kalor dari masing-masing bahan bakar diperlihatkan pada Tabel 3.8.

Tabel 3. 8 Nilai Kalor Bahan Bakar

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: High Speed Diesel
ADO: Automotive Diesel Oil
IDO: Industrial Diesel Oil

Sumber: (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

- **Analisis Emisi CO₂**

Berbagai jenis bahan bakar yang digunakan di Indonesia berikut faktor emisi dari masing-masing bahan bakar diperlihatkan pada Tabel 3.9

Tabel 3. 9 Faktor Emisi Bahan Bakar Tier-2

<i>Jenis Bahan Bakar</i>	<i>Tier 2 (Kg CO₂/TJ)</i>
<i>Bensin RON 92</i>	72.600
<i>Bensin RON 88</i>	72.967
<i>Avtur</i>	73.333
<i>Minyak Tanah</i>	73.700
<i>Automotive Diesel Oil (ADO)</i>	74.433
<i>Industrial Diesel Oil (IDO)</i>	74.067

Sumber: - Puslitbang Lemigas, 2017

- Puslitbang Tekmira, 2016

Berdasarkan Tier-2, persamaan yang digunakan untuk estimasi emisi CO₂ untuk kendaraan jalan raya (sumber bergerak) adalah sebagai berikut:

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum_a \frac{\text{Konsumsi Energi}_a}{\text{Faktor Emisi}_a} \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan:

- Emisi : Emisi CO₂
- Konsumsi BB_a : Bahan Bakar dikonsumsi (TJ/tahun)
- Faktor Emisi_a : Faktor Emisi CO₂ Tier-2 (Kg gas/TJ)
- a : Jenis bahan bakar (premium, solar)

(Kementerian LHK, 2012)

- **Analisis Emisi CH₄ dan N₂O**

Analisis emisi dengan perhitungan tier-2 terbatas digunakan pada gas CO₂, sedangkan gas CH₄ dan N₂O masih menggunakan metode perhitungan tier-1 dikarenakan belum terdapat pengembangan faktor emisi untuk kedua jenis gas tersebut di Indonesia, sehingga estimasi emisi untuk gas CH₄ dan N₂O berdasarkan faktor emisi default IPCC 2006 yang ditampilkan pada tabel 3.10

Tabel 3. 10 Faktor Emisi Bahan Bakar Tier-1

<i>Jenis Bahan Bakar</i>	<i>FE Default IPCC 2006 sumber Bergerak, Kg/Tj</i>	
	CH₄	N₂O
<i>Gas Bumi / BBG</i>	92	3
<i>Premium (dengan katalis)</i>	25	8
<i>Diesel (IDO/ADO)</i>	3,9	3,9

Sumber : IPCC Guidelines, 2006

Persamaan Tier-1 Emisi untuk CH₄, dan N₂O hasil pembakaran bahan bakar bergerak adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \text{Emisi CH}_4 \text{ atau N}_2\text{O} \\ & = \sum_b \text{Konsumsi Energi}_b \times \text{Faktor Emisi}_b \dots\dots\dots (3.4) \end{aligned}$$

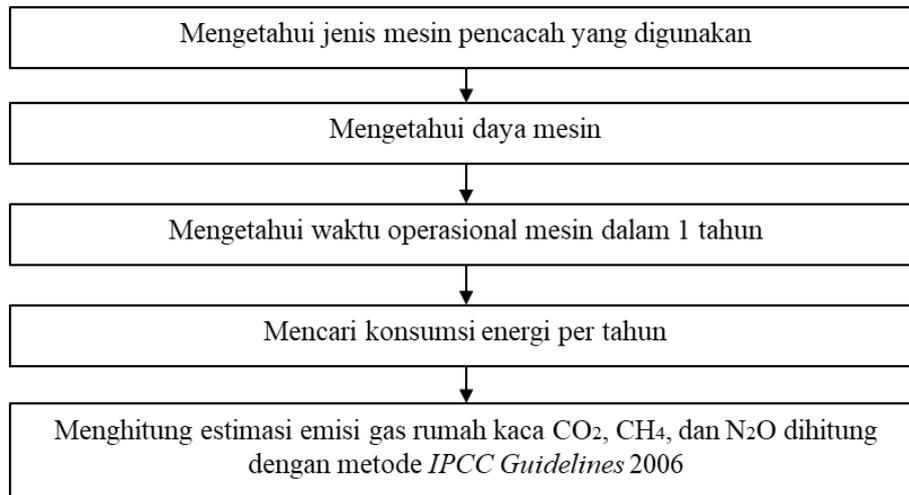
Keterangan:

- Emisi b : Emisi CH₄ atau N₂O (kg/tahun)
- Konsumsi BB_b : Bahan Bakar dikonsumsi (TJ/tahun)
- Faktor Emisi_b : Faktor Emisi CH₄, dan N₂O Tier-1, menurut jenis bahan bakar (Kg gas/TJ)
- b : Jenis bahan bakar (premium, solar)

(Kementerian LHK. 2012)

3.5.2 Perhitungan Emisi Pada Kegiatan Pengelolaan Sampah

Dalam aktivitas di bank sampah, saat memproses sampah dengan menggunakan listrik, hal ini dapat menghasilkan gas rumah kaca. Sumber gas rumah kaca ini berasal dari energi listrik yang digunakan dalam proses pengolahan sampah tersebut. Perhitungan emisi dari pengelolaan sampah mesin pencacah melibatkan beberapa faktor kunci terkait konsumsi energi dan bahan bakar yang digunakan oleh mesin pencacah. Gambar 3.8 ini adalah skema perhitungan emisi untuk pengelolaan sampah dengan mesin pencacah.



Gambar 3. 8 Skema Perhitungan Emisi GRK pada Mesin Pencacah

Emisi GRK (ton/tahun)

$$= \text{Konsumsi Energi (kWh)} \times \text{EF (kg/kWh)} \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan:

Emisi Gas Rumah Kaca = Emisi yang dihasilkan (CO₂, N₂O, CH₄)

Konsumsi Eenergi = Konsumsi energi listrik

EF = Faktor emisi (CO₂, N₂O, CH₄)

(KLH, 2012)

Berdasarkan persamaan diatas, nilai dari faktor emisi dari tiap gas dapat dilihat pada tabel 3.11.

Tabel 3. 11 Faktor Emisi Konsumsi Energi Listrik

CO ₂ (kg CO ₂ /kWh)	CH ₄ (kg CH ₄ /kWh)	N ₂ O (kg N ₂ O/kWh)
0.774388897	0.00001594341	0.00000876813

Sumber: Ecometrica, 2011

3.6 Skema Skenario Pengolahan Sampah

Setelah diketahui total emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄, N₂O) dari aktivitas operasional bank sampah, akan dilakukan perbandingan dengan emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄, N₂O) dengan tiga skenario yaitu apabila sampah yang dikelola oleh

ke-15 sampel bank sampah dilakukan pembakaran secara terbuka dan langsung dibuang *landfill*. Pembakaran terbuka sering ditemukan di berbagai daerah, termasuk di Kabupaten Kulon Progo, sebagai metode yang mudah untuk menghilangkan sampah. Sementara itu, TPA juga merupakan metode umum dalam pengelolaan sampah di Indonesia, termasuk di Kabupaten Kulon Progo. Tujuan membandingkan hasil eksisting dengan skenario 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 dapat dilihat dari gambar 3.9 hingga 3.11.



Gambar 3. 9 Skenario 1 Kondisi Eksisting Aktivitas Bank Sampah



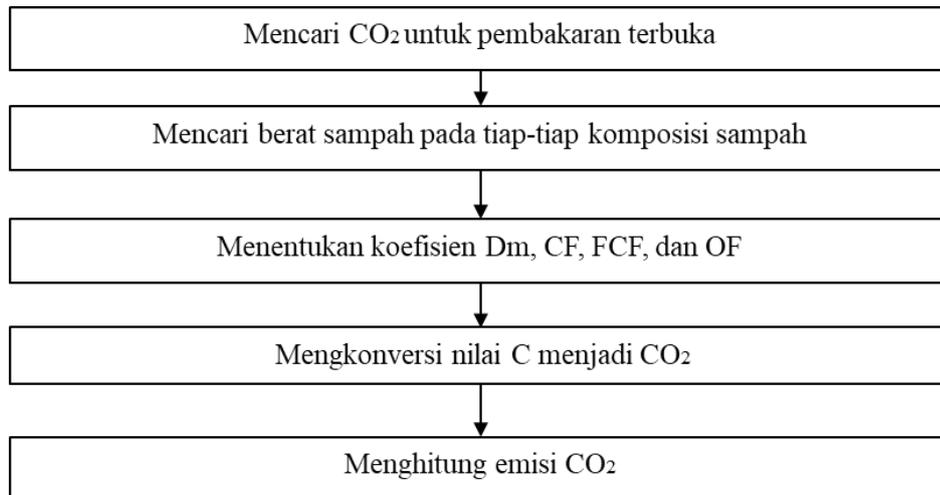
Gambar 3. 10 Skenario 2 Pembakaran Terbuka



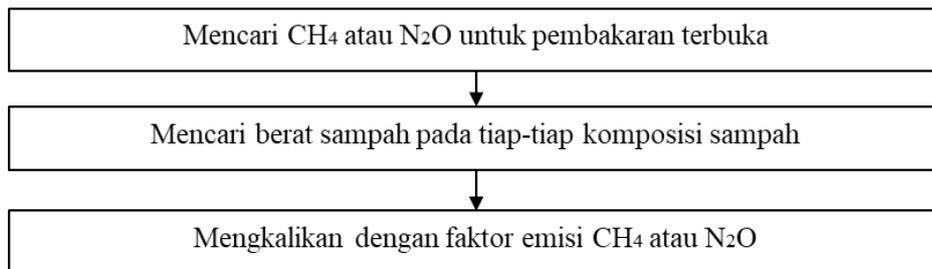
Gambar 3. 11 Skenario 3 Penimbunan di TPA

3.6.1 Perhitungan Emisi Pada Sampah Dari *Open Burning* (Pembakaran Terbuka)

Perhitungan emisi dari skenario pembakaran terbuka (*open burning*) sampah dapat melibatkan beberapa parameter yang memperhitungkan jenis sampah yang dibakar, volumenya, dan faktor-faktor emisi polutan. Gambar 3.12 dan Gambar 3.13 merupakan skema perhitungan emisi CO₂, CH₄, dan N₂O untuk skenario pengelolaan sampah melalui *open burning*.



Gambar 3. 12 Skema Perhitungan CO₂ pada Skenario *Open Burning*



Gambar 3. 13 Skema Perhitungan CH₄ dan N₂O pada Skenario *Open Burning*

Berdasarkan IPCC 2006 *Guidelines*, rumus emisi gas rumah kaca pembakaran limbah pada dengan pembakaran terbuka adalah:

Tabel 3. 12 Angka Default *Dry Matter* Sampah Kota

Komposisi	Dry matter content (% berat basah)	Total kandungan karbon dalam % berat kering	Fraksi karbon fossil dalam % total karbon	Faktor Oksidasi (OF) %
	Default	Default	Default	Default
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	

- **Emisi CO₂**

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

Dimana:

- 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).

- **Emisi CH₄**

Emisi CH₄ yang timbul dari pembakaran terbuka merupakan akibat dari pembakaran yang tidak sempurna. Pada pembakaran terbuka, fraksi karbon yang tidak teroksidasi cukup besar. Untuk pembakaran limbah secara terbuka, faktor emisi CH₄ adalah 6500 Kg CH₄/Gg MSW berat basah. Nilai ini ditetapkan sebagai faktor emisi CH₄.

$$\text{Emisi CH}_4 = \sum_i (I\text{Wi} \times E\text{Fi}) \times 10^{-6} \dots\dots\dots (3.7)$$

Keterangan:

- 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

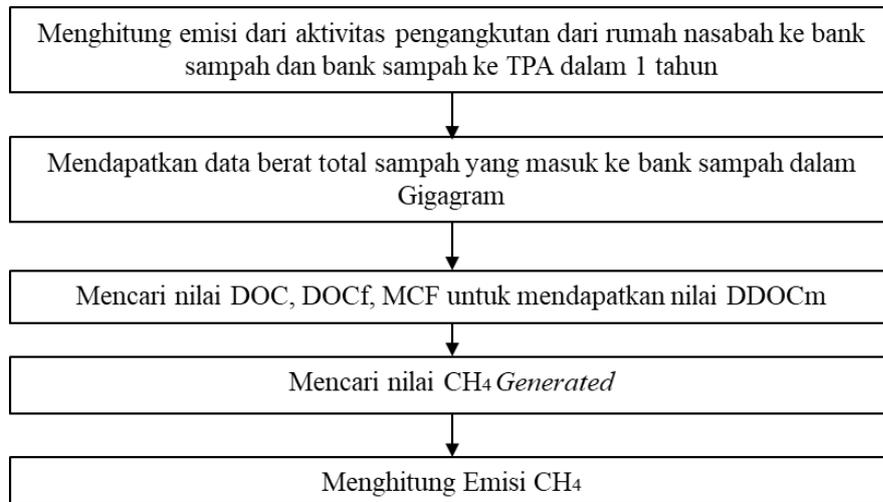
$$\text{Emisi N}_2\text{O} = \sum_i (IWi \times Efi) \times 10^{-6} \dots\dots\dots (3.8)$$

Keterangan:

- 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.

3.6.2 Perhitungan Emisi pada Penimbunan Sampah di TPA

Perhitungan emisi pada penimbunan sampah di TPA melibatkan aktivitas pengangkutan dari rumah nasabah ke bank sampah dan bank sampah ke TPA. Untuk metode perhitungan pengangkutan ini sama dengan pengangkutan aktivitas di bank sampah yaitu menggunakan persamaan 3.2. untuk skema Perhitungan emisi GRK pada skenario TPA dapat dilihat pada gambar 3.14



Gambar 3. 14 Skema Perhitungan Emisi GRK pada Skenario TPA

Berdasarkan IPCC 2006 dalam Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional oleh KemenLHK, dalam menghitung emisi GRK dari TPA dapat menggunakan persamaan berikut:

- **Emisi CH₄**

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

Keterangan:

- $\sum \text{CH}_4 \text{ generated}_{x,T}$ = 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

Oxidation Factor (OX) atau faktor oksidasi menggambarkan jumlah CH₄ dari TPA yang teroksidasi di tanah atau material yang menutupi sampah lainnya. Nilai OX bervariasi dari yang dapat diabaikan (0,0) sampai 0,1. Nilai faktor oksidasi dapat dilihat pada Tabel 3.13. Angka default yang digunakan adalah 0,1 dikarenakan Jenis

TPA pada TPA Banyuroto Kulon Progo adalah (managed berpenutup bahan yang mengoksidasi CH₄ seperti tanah/ kompos) (Suyatmi dan Mulasari 2015).

Tabel 3. 13 Faktor Oksidasi (OX) Gas CH₄ pada Penutup Timbunan Sampah di 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

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

Keterangan:

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

$$\text{DDOCm} = W \times \text{DOC} \times \text{DOCf} \times \text{MCF} \dots\dots\dots (3.11)$$

Keterangan:

- DDOCm = Massa DOC yang terdeposisi, Ggram
- W = Massa limbah yang terdeposisi, Ggram
- DOC = Fraksi degradable karbon organik pada tahun deposisi sampah, Gg C/Gg waste
- DOCf = 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 3.14. TPA Banyuroto tergolong tipe TPA *managed semi aerobic*, hal ini dapat disimpulkan adanya fasilitas pengolahan lindi dan sistem gas *landfill* (Aryani, 2017).

Tabel 3. 14 *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 permeable, 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

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

Dimana:

- 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 3.15

Tabel 3. 15 Angka *Default* DOC Masing - Masing Komponen Sampah

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

Sumber: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006

Setelah memperoleh data emisi gas rumah kaca, langkah berikutnya adalah mengubahnya menjadi satuan GWP. Satuan GWP (*Global Warming Potential*) adalah cara untuk mengukur dan membandingkan pengaruh berbagai jenis gas rumah kaca terhadap pemanasan global. 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. 16 Konversi GWP

Emisi Gas Rumah Kaca	Periode 100 tahun			Periode 20 tahun		
	AR4 (2007)	AR5 (2014)	AR6 (2021)	AR4 (2007)	AR5 (2014)	AR6 (2021)
CO ₂	1	1	1	1	1	1
CH ₄ (fossil)	25	28	29,8	72	84	82,5
CH ₄ (non-fossil)			27,2			80,8
N ₂ O	298	265	273	289	264	273

Sumber: IPCC, 2021

Berdasarkan analisis data gas emisi rumah kaca di atas dapat ditarik kesimpulan, bahwa:

1. Hasil analisis data digunakan untuk memahami tingkat emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh aktivitas operasional bank sampah di Kabupaten Kulon Progo selama satu tahun.
2. Hasil analisis data akan dibandingkan dengan hasil emisi gas rumah kaca jika sampah yang masuk ke bank sampah dilakukan pengolahan limbah

padat secara *open burning* (pembakaran terbuka) dan penimbunan limbah padat di tempat pembuangan akhir (TPA) atau *landfill*.

3. Diketahui jenis emisi gas rumah kaca yang berkontribusi secara signifikan dari aktivitas operasional bank sampah di Kabupaten Kulon Progo.
4. Dapat diketahui faktor-faktor penentu dari aktivitas operasional bank sampah yang dapat mempengaruhi tingginya hasil gas emisi rumah kaca, apakah faktor tersebut dihasilkan dari berat sampah, pengolahan sampah, dan penggunaan energi.
5. Dari penarikan kesimpulan di atas dapat digunakan sebagai dasar untuk memahami praktik-praktik yang berkontribusi pada emisi gas rumah kaca di bank sampah, sehingga dapat diambil langkah-langkah pengelolaan yang lebih berkelanjutan dan upaya pengurangan emisi yang efektif di bank sampah Kabupaten Kulon Progo dalam penelitian selanjutnya.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Identifikasi aktivitas operasional bank sampah di Kabupaten Kulon Progo yang diambil dari 15 sampel bank sampah bertujuan untuk memberi informasi dan pemahaman dalam mekanisme pelaksanaan pengelolaan bank sampah yang terjadi di lapangan. Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara tertulis untuk jumlah nasabah berkisar antara 15 – 240 nasabah dengan luas cakupan wilayah pelayanan rata-rata bank sampah di Kulon Progo hanya melayani di sekitar wilayah padukuhan. Namun ada beberapa juga bank sampah yang melayani nasabah dari luar wilayah seperti dari Kapanewon lain, Kalurahan lain, hingga Kabupaten lain. Untuk syarat menjadi nasabah di bank sampah calon nasabah hanya diminta untuk membawa sampah yang sudah dipilah, dan terdapat 1 bank sampah yang diminta membayar Rp 10.000 sebagai biaya administrasi.

Aktivitas pemilahan sampah rata-rata dilakukan oleh nasabah sebelum nasabah menyetor sampahnya ke bank sampah, jenis sampah yang dipilah oleh nasabah sudah ditentukan dari pihak bank sampah. Secara umum sampah yang diterima oleh bank sampah adalah sampah anorganik yang berupa kertas/karton, plastik, logam, karet, kaca. Sementara untuk sampah organik masih belum diterima oleh bank sampah kecuali minyak jelantah. Dari 15 sampel bank sampah pengelolaan sampah organik masih dilakukan oleh masing-masing warga dan pengelolaannya dibakar, ditaruh di jugangan, dan diolah menjadi pakan ternak.

Pada hasil proses pengumpulan dan penerimaan sampah dilakukan secara rutin dan terjadwal, mulai dari sebulan sekali, tiga bulan sekali, hingga seminggu sekali. Setiap sampel bank sampah memiliki sistem pengangkutan yang beragam seperti pengantaran sampah yang dilakukan oleh nasabah langsung ke bank sampah, pengumpulan sampah yang dilakukan di tiap Rukun Tetangga (RT) yang nantinya akan dijemput oleh pihak bank sampah, dan penjemputan sampah oleh pihak bank sampah rumah - rumah. Adapun alat transportasi yang digunakan dalam aktivitas pengumpulan sampah yakni berbeda-beda, biasanya nasabah dalam

mengantarkan sampahnya ke bank sampah menggunakan kendaraan sepeda motor, sedangkan pihak bank sampah dalam menjemput sampah ke rumah nasabah menggunakan kendaraan motor roda tiga. Selama kegiatan pengumpulan sampah, selanjutnya sampah yang disetor ke bank sampah akan langsung ditimbang per masing-masing jenis serta berat sampah, lalu dicatat ke dalam buku tabungan nasabah.

Selanjutnya, setelah hasil sampah terkumpul kemudian dari pihak bank sampah akan melakukan pemilahan secara lebih detail dikarenakan dari pihak nasabah masih ada beberapa sampah yang masih tercampur. Setiap bank sampah memiliki kategori pemilahan jenis sampah berdasarkan permintaan pengepul, misalnya seperti pemisahan antara tutup botol dengan badan botol plastik, pemisahan antara gelas aqua bersih dengan yang kotor, dan membagi kategori berbagai macam kertas. Pemilahan yang dilakukan oleh pihak bank sampah ini juga menambah nilai jual sampah, sehingga pihak bank sampah mendapatkan keuntungan dari hasil penjualan sampah yang sudah dipilah.

Proses pengelolaan sampah di bank sampah hanya terdapat proses pemilahan saja, Sebagian bank sampah melakukan proses daur ulang seperti pembuatan kerajinan dari plastik menjadi hiasan bunga, tas keranjang, dan kertas menjadi topeng. Namun kegiatan ini tidak dilakukan secara rutin, biasanya kegiatan ini dilakukan di waktu-waktu tertentu seperti perlombaan antar bank sampah dan acara festival desa.

Sampah yang sudah terpilah akan disimpan terdahulu di gudang bank sampah. Lama penyimpanan sampah di gudang bank sampah berkisar antara 1 - 3 bulan, hal ini juga tergantung dari kapasitas gudang bank sampah, jika kemungkinan gudang sudah penuh maka akan langsung diangkut oleh pengepul. Namun beberapa bank sampah masih ada yang berlokasi di rumah warga tidak melakukan penyimpanan sementara karena tidak tersedianya tempat penyimpanan sampah, biasanya sampah yang masuk akan langsung diangkut oleh pengepul di saat hari itu juga. Rata-rata pengepul yang menjemput sampah ke bank sampah menggunakan alat transportasi motor roda 3, *pick up*, dan truk.

Informasi lebih lanjut mengenai aktivitas operasional di 15 sampel bank sampah di Kabupaten Kulon Progo bisa dilihat pada tabel 4.1 hingga 4.3.

Tabel 4. 1 Informasi aktivitas operasional bank sampah kategori besar

Nama Bank Sampah	Dhuawar Sejahtera	Flamboyan	Bunda Mandiri	Berkah Mandiri	Berkah Melati
Jumlah Nasabah Aktif	163	63	170	50	240
Cakupan Pelayanan	Padukuhan	Padukuhan	Pedukuhan	Pedukuhan	Pedukuhan
Jadwal Operasional	Sebulan sekali pada minggu ke-2	Setiap minggu pada hari sabtu/minggu	Setiap hari (nasabah melakukan penimbangan secara mandiri)	Sebulan sekali pada minggu ke-1	Setiap hari (dijaga oleh pengurus)
Jenis Sampah yang diterima	Kertas/Karton, Plastik, Logam, Kain, Karet	Kertas/Karton, Plastik, Logam	Kertas/Karton, Plastik, Logam, Kain, Karet, Kulit, Minyak Jelantah	Kertas/Karton, Plastik, Logam, Karet, Kaca, Minyak Jelantah	Kertas/Karton, Plastik, Logam, Karet, Kaca
Banyak sampah yang diterima (3 bulan terakhir)	786,5 kg	2612,5 Kg	226,45 Kg	225,2 Kg	4777,1 Kg
Metode pengolahan	Pemilahan dan pencacahan	Pemilahan	Pemilahan dan pembuatan eco enzyme	Pemilahan	Pemilahan

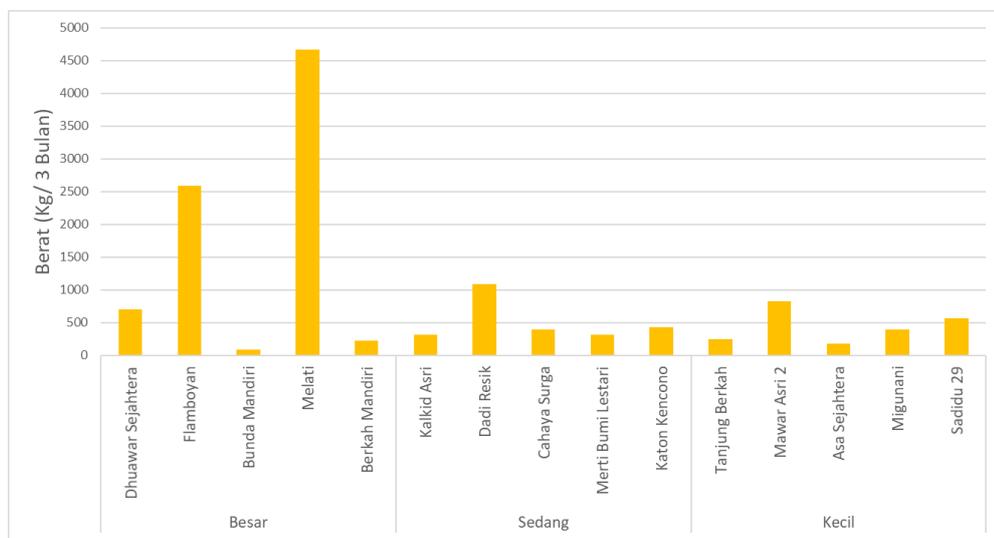
Tabel 4. 2 Informasi aktivitas operasional bank sampah kategori sedang

Nama Bank Sampah	Cahaya Surga	Merti Bumi Lestari	Katon Kencono	Kalkid Asri	Dadi Resik
Jumlah Nasabah Aktif	46	19	19	15	50
Cakupan Pelayanan	Rukun Warga (RW)				
Jadwal Operasional	setiap minggu sekali	sebulan sekali	sebulan sekali	sebulan sekali	sebulan dua kali
Jenis Sampah yang diterima	Kertas/ Karton, Logam, Plastik, Kaca				
Banyak sampah yang diterima (3 bulan terakhir)	297,98 Kg	316,4 Kg	236,5 Kg	308 Kg	1085,9 Kg
Metode pengolahan	Pemilahan	Pemilahan	Pemilahan	Pemilahan	Pemilahan

Tabel 4. 3 Informasi aktivitas operasional bank sampah kategori kecil

Nama Bank Sampah	Mawar Asri 2	Tanjung Berkah	Asa Sejahtera	Sadidu 29	Migunani
Jumlah Nasabah Aktif	42	45	52	42	30
Cakupan Pelayanan	Rukun Warga (RW)				
Jadwal Operasional	sebulan sekali	sebulan sekali	tiga bulan sekali	seminggu dua kali	sebulan sekali
Jenis Sampah yang diterima	Kertas/ Karton, Logam, Plastik, Kaca				
Banyak sampah yang diterima (3 bulan terakhir)	826,345 Kg	242,06 Kg	177,2 Kg	564,65 Kg	391,1
Metode pengolahan	pemilahan	pemilahan	pemilahan	Pemilahan	pemilahan

Berat dan komposisi sampah di bank sampah dilakukan dengan melakukan pengambilan data di 15 lokasi bank sampah untuk mengetahui pengaruh berat sampah terhadap aktivitas gas rumah kaca yang dihasilkan. Pengambilan data dilakukan dengan wawancara dan catatan timbangan 3 bulan terakhir di masing-masing bank sampah. Kemudian dari data berat sampah yang diperoleh akan digunakan untuk menyusun diagram batang mengenai total berat per bank sampah (Gambar 4.1).



Gambar 4. 1 Berat Total Sampah per Bank Sampah

Jumlah berat sampah di Bank Sampah berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh area pelayanan, jumlah nasabah dan keaktifan nasabah dalam menabung. Area pelayanan yang luas menyebabkan peningkatan jumlah sampah yang dihasilkan. Ini disebabkan oleh banyaknya nasabah dalam wilayah layanan yang luas, yang berkontribusi pada peningkatan berat sampah. Situasi ini juga diperkuat oleh partisipasi aktif dari para nasabah bank sampah.

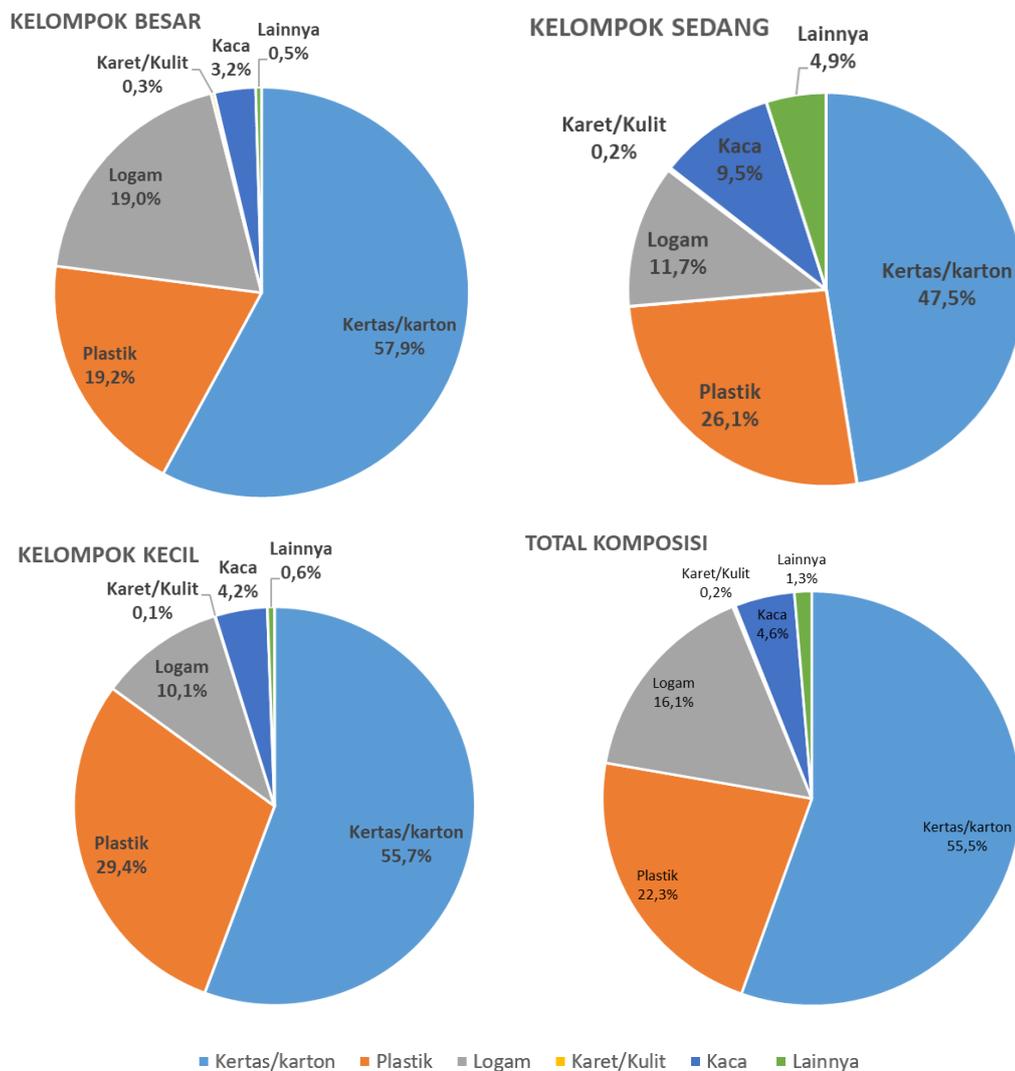
Analisa mengenai komposisi sampah di 15 bank sampah dilakukan dengan pengambilan catatan data pemilahan sampah yang disetorkan oleh nasabah, pemilahan dilakukan berdasarkan jenis-jenis sampah yang akan diterima oleh pengepul. Jenis-jenis sampah yang dihasilkan yaitu berupa kertas/karton, plastik, logam, karet/kulit, kaca, dan lainnya. Komposisi sampah dinyatakan dalam

persentase (%) berat, rumus dalam menentukan persentase komposisi sampah dapat dilihat dari persamaan 4.1.

Komposisi Sampah (%)

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

Gambaran persentase komposisi sampah rumah tangga yang diterima dan dikelola oleh semua 15 bank sampah yang menjadi sampel di Kabupaten Kulon Progo dapat dilihat pada Gambar 4.2.

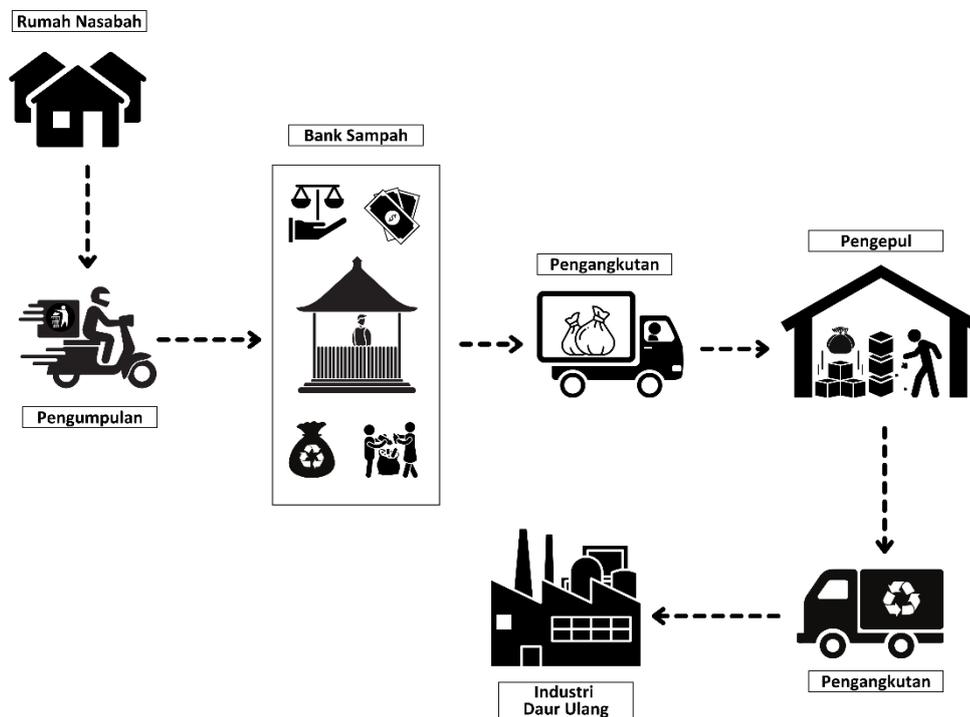


Gambar 4. 2. Komposisi sampah berdasarkan jenis sampah

Dapat dilihat dari gambar 4.2 komposisi sampah terbanyak yang masuk ke dalam bank sampah adalah kertas/karton yaitu sebesar 55,5%, sedangkan komposisi sampah terkecil yang masuk ke dalam bank sampah adalah karet/kulit yaitu sebesar 0,2%. Komposisi sampah kertas/karton yang dihasilkan didominasi oleh sampah duplek atau bungkus karton, hal ini dikarenakan warga di sekitar bank sampah menggunakan karton sebagai bungkus makanan, minuman, dan lain-lain saat terdapat acara. Pernyataan ini juga didukung menurut (Radityaningrum dkk., 2017) sampah yang dihasilkan pada bank sampah terbesar adalah kertas yang mana sampah kertas ini disebabkan oleh nasabah yang mempunyai tumpukan buku pelajaran, majalah, dan koran.

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 di Bank Sampah

Dari hasil wawancara aktivitas operasional 15 bank sampah di Kulon Progo, diasumsikan kegiatan pengumpulan dari rumah nasabah ke bank sampah dilakukan menggunakan transportasi motor roda 2 yang menggunakan bahan bakar bensin (RON 92). Penggunaan kendaraan ini menghasilkan emisi gas rumah kaca selama proses aktivitas pengumpulan, yang berdampak pada tingkat emisi karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄) dan dinitrogen oksida (N₂O).

Bahan bakar seperti bensin terdiri dari hidrokarbon yang terbakar dalam mesin kendaraan. Proses pembakaran ini menghasilkan emisi gas rumah kaca, seperti karbon dioksida (CO₂) dan gas lainnya. Emisi ini terjadi karena pembakaran tidak sempurna atau efisiensi mesin yang tidak optimal, di mana sebagian energi dari bahan bakar tidak sepenuhnya dikonversi menjadi gerakan kendaraan, tetapi dilepaskan sebagai panas atau emisi gas (Ismayati, 2014).

Kegiatan pengangkutan sampah dari bank sampah merupakan tahap penting dalam operasional bank sampah di Kabupaten Kulon Progo. Data yang dikumpulkan melalui wawancara tertulis dan pengamatan langsung di gudang pengepul menunjukkan bahwa kegiatan pengangkutan sampah ke gudang pengepul menggunakan kendaraan bermotor seperti motor roda 3, mobil pick up dan truk. Kendaraan ini menggunakan bahan bakar fosil berupa bensin RON 92 dan solar sebagai sarana transportasi untuk mengangkut sampah hal ini juga berpotensi menghasilkan emisi gas rumah kaca.

Sebagai informasi tambahan sampah yang tiba di gudang pengepul, akan dilakukan pemilahan untuk memisahkan sampah menjadi berbagai jenis sesuai dengan kategorinya. Pemilahan sampah ini dilakukan dengan tujuan mengoptimalkan proses daur ulang dan memaksimalkan penggunaan kembali material yang dapat didaur ulang. Rata-rata proses pemilahan yang dilakukan pengepul masih menggunakan tenaga manual, sehingga tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca.

Setelah proses pemilahan, sampah yang telah terpilah kemudian disetor oleh pengepul ke pengepul yang lebih besar atau pabrik daur ulang. Penyetoran sampah ini dilakukan dengan menggunakan sarana transportasi seperti truk atau kendaraan khusus yang telah disiapkan untuk pengangkutan sampah. Tabel 4.4 merupakan

tabel informasi mengenai bagaimana metode proses pemilahan dan kemana sampah dari bank sampah ini berakhir.

Tabel 4. 4 Informasi Aktivitas Pengepul pada 15 Bank Sampah di Kabupaten Kulon Progo

No	Nama Bank Sampah	Nama Pengepul	Metode Pengolahan	Tujuan Penyetoran	jenis sampah yang disetorkan
1	Dhuawar sejahtera	UD. Margo Rosok	Pemilahan	Prajimantoro, Wonogiri	Semua jenis plastik
2	Berkah Mandiri				
3	Merti Bumi Lestari				
4	Katon Kencono				
5	Kalkid Asri			Solo	Plastik
6	Mawar Asri 2				
7	Asa Sejahtera				
8	Flamboyan	Bapak Ikhwannudin	Pemilahan	Bapak Tegalagang, Srandakan,	Plastik
9	Migunani			Bapak Sugiman (Imogiri, Bantul)	Besi dan kertas
10	Bunda Mandiri	TM Sampah	Pemilahan	Pabrik Kertas Jakarta	Kertas
				Pabrik Daur Ulang Surabaya	Plastik
				Pabrik Peleburan Logam Klaten	Logam
11	Dadi Resik	Mas Arit	Pemilahan	Kulon Progo	Plastik dan Besi
				Bantul	Kertas
12	Tanjung Berkah	Bapak Ngalimin	Pemilahan	Srandakan, Bantul	Botol Aqua
				Jatisarano	Logam, Plastik, Kaca
13	Sadidu 29	Pak Priyo (Catur Berkah Rosok)	Pemilahan	Bantul	Kertas/ Karton, Logam, Plastik, Kaca

No	Nama Bank Sampah	Nama Pengepul	Metode Pengolahan	Tujuan Penyetoran	jenis sampah yang disetorkan
14	Melati	Toni Sampah	Pemilahan	Jl. Pleret, Bantul	Kertas/ Karton, Logam, Plastik. Kaca
15	Cahaya Surga	Bapak Yono	Pemilahan	Bantul	Kertas/ Karton, Logam, Plastik. Kaca

4.3 Potensi Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Bank Sampah

4.3.1 Nasabah ke Bank Sampah

a. Perhitungan CO₂

Perhitungan yang digunakan adalah rumus persamaan *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2006* untuk menghitung emisi gas rumah kaca dari kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil pertamax (RON 92). Dari 15 sampel bank sampah sebagai salah satu contoh perhitungan penulis mengambil di bank sampah Dhuawar Sejahtera yang di mana emisi CO₂ yang dihasilkan sebesar 150,36 kg CO₂e/tahun dengan jumlah nasabah aktif berjumlah 163 nasabah dan beroperasi 1 bulan sekali.

Sebelum digunakan persamaan (3.1) data yang dicari harus terlebih dulu diketahui adalah mencari jarak tempuh kendaraan tahunan dengan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Jarak tempuh 1 tahun} &= 12 \text{ nasabah} \times 12 \times 1,8 \text{ km} \\ &= 259,2 \text{ km} \end{aligned}$$

Tabel 4. 5 Tabel Perhitungan jarak tempuh tahunan

Alamat Nasabah	Jumlah Nasabah Aktif	Waktu Operasional dalam 1 tahun	Jarak Tempuh PP (Km)
RT 18	12	12	1,8
RT 19	32	12	1,3

Alamat Nasabah	Jumlah Nasabah Aktif	Waktu Operasional dalam 1 tahun	Jarak Tempuh PP (Km)
RT 20 (sampah dikumpulkan di satu tempat dan diambil pengurus)	47	12	0,55
RT 21	50	12	0,6
RT 22	22	12	0,85
Total			5,1

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi BBM Dusun Kroco RT 18 (liter)} &= 259,2 \text{ km} \times 21,5 \text{ km/l} \\ &= 12,05 \text{ liter} \end{aligned}$$

Karena faktor emisinya menggunakan *Terajoule* (TJ) maka perlu dilakukan konversi liter ke *terajoule* dengan menggunakan persamaan 3.2 maka:

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi BBM (TJ)} &= 12,05 \text{ liter} \times (33 \times 10^{-6}) \\ &= 0,0003978 \text{ TJ} \end{aligned}$$

Tabel 4. 6 Tabel Perhitungan konsumsi BBM di bank sampah Dhuawar Sejahtera

Alamat Nasabah	Konsumsi BBM (liter)	Konsumsi BBM (TJ)
RT 18	12,055	0,00039
RT 19	23,218	0,00076
RT 20 (sampah dikumpulkan di satu tempat dan diambil pengurus)	0,306	0,000010
RT 21	16,744	0,00055
RT 22	10,437	0,00034
Total	62,762	0,002

Contoh perhitungan emisi CO₂ pada bank sampah Dhuawar Sejahtera:

Diketahui:

- Rata-rata konsumsi bahan bakar di RT 18 Dusun Kroco = 39×10^{-4} TJ
- Faktor emisi = 72600 CO₂ (Kg/TJ)

Perhitungan:

Emisi CO₂ = rata

$$\begin{aligned} & - \text{rata konsumsi bahan bakar (l)} \times \text{Faktor emisi (Kg/Tj)} \\ & = 39 \times 10^{-4} \text{ Tj} \times 72600 \text{ (kg/Tj)} \\ & = 28,8 \text{ Kg CO}_2 \\ & = 28,8 \text{ Kg CO}_2\text{e/tahun} \end{aligned}$$

Tabel 4. 7 Tabel Perhitungan emisi CO₂ di bank sampah Dhuawar Sejahtera

Alamat Nasabah	CO ₂ (Kg CO ₂ e/tahun)
RT 18	28,883
RT 19	55,627
RT 20 (sampah dikumpulkan di satu tempat dan diambil pengurus)	0,735
RT 21	40,115
RT 22	25,005
Total	150,367

b. Perhitungan 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 *default* IPCC untuk pertamax RON 92 yaitu 25 kg CH₄/TJ. Dari 15 sampel bank sampah sebagai contoh perhitungan emisi CH₄ di Bank Sampah Dhuawar Sejahtera dari kegiatan pengumpulan sebesar 1,543 CO₂(eq)/tahun. Berikut contoh perhitungan emisi CH₄ pada kegiatan pengumpulan di Bank Sampah Dhuawar Sejahtera:

- Rata-rata konsumsi bahan bakar di RT 18 Dusun Kroco = 39×10^{-4} TJ
- Faktor emisi = 25 CH₄ (Kg/TJ)

Perhitungan:

Emisi CH₄ = rata

$$\begin{aligned} & - \text{rata konsumsi bahan bakar (TJ)} \times \text{Faktor emisi (Kg/Tj)} \\ & = 39 \times 10^{-4} \text{ TJ} \times 25 \text{ (kg/Tj)} \\ & = 0,00994 \text{ Kg CH}_4 \\ & = 0,2963 \text{ Kg g CO}_2\text{(eq)/tahun} \end{aligned}$$

Tabel 4. 8 Tabel Perhitungan emisi CH₄ di bank sampah Dhuawar Sejahtera

Alamat Nasabah	CH ₄ (Kg CO ₂ e/tahun)
RT 18	0,296
RT 19	0,570
RT 20 (sampah dikumpulkan di satu tempat dan diambil pengurus)	0,007
RT 21	0,411
RT 22	0,256
Total	1,543

C. Perhitungan N₂O

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 pertamax (RON 92) yaitu 8 kg N₂O/TJ. Dari 15 sampel bank sampah sebagai contoh perhitungan emisi N₂O di Bank Sampah Dhuawar Sejahtera dari kegiatan pengumpulan sebesar 0,868 kg N₂Oe/tahun. Berikut contoh perhitungan emisi N₂O pada kegiatan pengumpulan di Bank Sampah Dhuawar Sejahtera:

- Rata-rata konsumsi bahan bakar di RT 18 Dusun Kroco = 0,0007957 TJ
- Faktor emisi = 8 N₂O (Kg/TJ)

Perhitungan:

Emisi N₂O = rata

$$\begin{aligned}
 & - \text{rata konsumsi bahan bakar (TJ)} \times \text{Faktor emisi (Kg/Tj)} \\
 & = 39 \times 10^{-4} \text{ TJ} \times 8 \text{ (kg/Tj)} \\
 & = 0,0031 \text{ Kg N}_2\text{O} \\
 & = 0,868 \text{ Kg CO}_2\text{(eq)/tahun}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 9 Tabel Perhitungan Emisi N₂O di bank sampah Dhuawar Sejahtera

Alamat Nasabah	N ₂ O (Kg CO ₂ e/tahun)
RT 18	0,868

Alamat Nasabah	N ₂ O (Kg CO ₂ e/tahun)
RT 19	1,673
RT 20 (sampah dikumpulkan di satu tempat dan diambil pengurus)	0,022
RT 21	1,206
RT 22	0,752
Total	1,543

Tabel 4. 10 Total Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengangkutan sampah dari Nasabah ke Bank Sampah

No	Kategori	Nama Bank Sampah	Emisi (kg CO ₂ (eq)/ tahun)		
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1	Besar	Dhuawar Sejahtera	150,367	1,543	4,523
2		Flamboyan	228,927	2,349	6,887
3		Bunda Mandiri	151,816	1,558	4,567
4		Melati	858,454	8,809	25,825
5		Berkah Mandiri	158,390	1,625	4,765
6	Sedang	Cahaya Surga	47,069	0,483	1,416
7		Merti Bumi Lestari	1,872	0,019	0,056
8		Katon Kencono	24,203	0,248	0,728
9		Kalkid Asri	8,491	0,087	0,255
10		Dadi Resik	5,349	0,055	0,161
11	Kecil	Mawar Asri 2	18,186	0,082	0,241
12		Tanjung Berkah	31,691	0,325	0,953
13		Asa Sejahtera	61,885	0,635	1,862
14		Sadidu 29	63,383	0,650	1,907
15		Migunani	26,075	0,268	0,784
Total			1836,159	18,738	54,931

4.3.2 Pengolahan

Dari 15 bank sampah di Kulon Progo terdapat 1 bank sampah yang melakukan aktivitas pencacahan terhadap sampah plastik yaitu bank sampah Dhuawar Sejahtera. mesin pencacah plastik yang menggunakan listrik juga dapat

menghasilkan emisi gas rumah kaca, meskipun emisinya biasanya lebih rendah dibandingkan dengan mesin yang menggunakan bahan bakar fosil seperti bensin atau diesel. Emisi gas rumah kaca dari mesin yang menggunakan listrik biasanya terkait dengan sumber energi listrik yang digunakan untuk mengoperasikan mesin tersebut.

Diasumsikan, mesin pencacah plastik memiliki daya 4 kW dan digunakan selama 2 jam. Faktor emisi CO₂ dari listrik yang digunakan adalah 0,774388897 kg CO₂/kWh, CH₄ adalah 0,00001594341 kg CH₄/kWh, dan 0,00000876813 kg N₂O/kWh. Maka untuk perhitungan emisi gas CO₂, CH₄, dan N₂O.

Diketahui:

- Konsumsi Energi = 4 kW
- Energi Total: 4 kW × 2 jam = 8 kWh
- Konsumsi Energi per Tahun (KE) = 32 kWh
- **CO₂**

$$\text{Emisi CO}_2 = 32 \times 0,774388897 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} \times 1$$

$$\text{Emisi CO}_2 = 24,78 \text{ Kg CO}_2\text{e}$$
- **CH₄**

$$\text{Emisi CH}_4 = 32 \times 0,00001594341 \text{ kg CH}_4/\text{kWh} \times 29,8$$

$$\text{Emisi CH}_4 = 0,01520 \text{ Kg CO}_2\text{e}$$
- **N₂O**

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = 32 \times 0,00000876813 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} \times 273$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = 0,76598 \text{ Kg CO}_2\text{e}$$

Tabel 4. 11 Total Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengolahan di Bank Sampah

Jenis Mesin	Emisi (kg CO ₂ e/tahun)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Pencacah Plastik Kresek (listrik)	24,780	0,015	0,076

4.3.3 Bank Sampah ke Pengepul

Metode perhitungan emisi gas rumah kaca dari aktivitas pengangkutan sampah dari gudang bank sampah ke gudang pengepul sama dengan metode yang digunakan pada kegiatan pengumpulan. Perhitungan ini didasarkan pada kendaraan yang digunakan dan jarak tempuh rata-ratanya untuk menentukan tingkat emisi dari transportasi berdasarkan konsumsi bahan bakar kendaraan yang tersedia. Seperti pada kegiatan pengumpulan, pengangkutan ini juga melibatkan kendaraan bermotor, seperti motor roda tiga, mobil pick-up dan truk, sebagai sarana transportasi pengangkutan.

Tabel 4. 12 Total Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengangkutan sampah dari Bank Sampah ke Pengepul

No	Kategori	Nama Bank Sampah	Emisi (kg CO ₂ e/tahun)		
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1	Besar	Dhuawar Sejahtera	331,726	3,404	9,979
2		Flamboyan	72,243	0,741	2,173
3		Bunda Mandiri	643,101	1,004	9,199
4		Melati	22,115	0,227	0,665
5		Berkah Mandiri	243,266	2,496	7,318
6	Sedang	Cahaya Surga	74,883	0,768	2,253
7		Merti Bumi Lestari	184,292	1,891	5,544
8		Katon Kencono	243,266	2,496	7,318
9		Kalkid Asri	316,983	3,253	9,536
10		Dadi Resik	5,081	0,052	0,153
11	Kecil	Mawar Asri 2	339,098	3,480	10,201
12		Tanjung Berkah	5,349	0,055	0,161
13		Asa Sejahtera	157,263	1,614	4,731
14		Sadidu 29	6,020	0,062	0,181
15		Migunani	103,204	1,059	3,105
Total			2747,889	22,603	72,517

4.3.4 Pengepul ke Industri

Pada bagian ini, akan dilakukan perhitungan emisi gas rumah kaca yang terkait dengan aktivitas pengangkutan sampah dari pengepul hingga industri daur ulang atau pengepul dengan skala besar menggunakan transportasi berupa truk. Dengan menggunakan data mengenai konsumsi bahan bakar truk, jarak tempuh, dan faktor emisi yang ada. Hasil perhitungan total emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄, N₂O) dapat dilihat pada tabel 4.12.

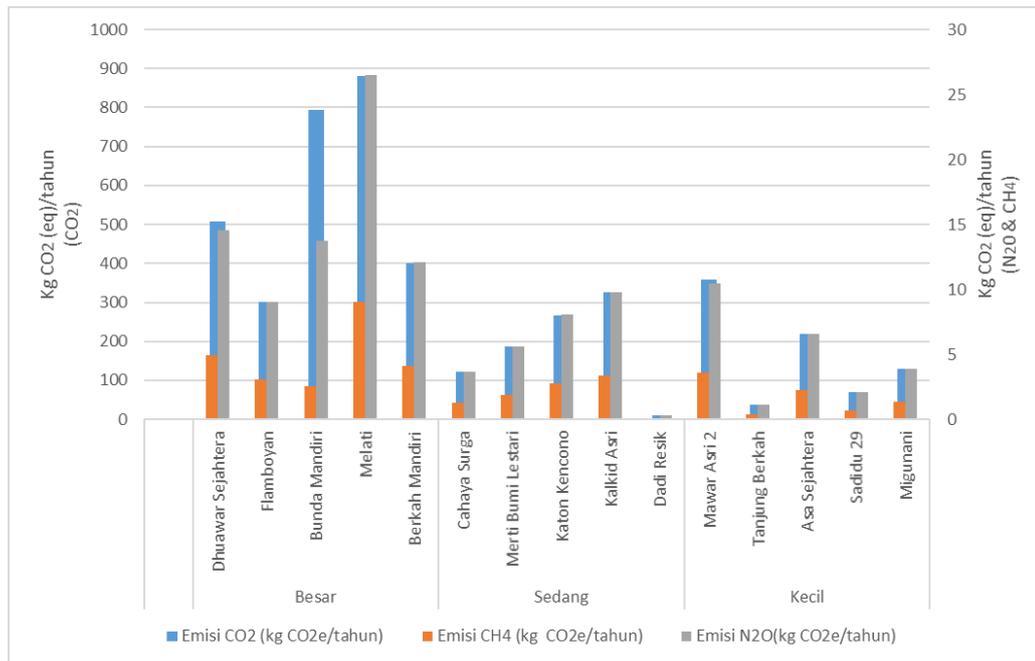
Tabel 4. 13 Total Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengangkutan Sampah dari Pengepul ke Industri

Nama Pengepul	Emisi (kg CO ₂ e/tahun)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
UD. Margo Rosok	3885,998	6,068	55,586
Ikhwan Jaya	2198,453	3,433	31,447
Mas Arit Rosok	692,048	1,081	9,899
Ngalimin Rosok	238,662	0,373	3,414
TM Sampah	3044,012	4,753	43,542
Catur Berkah Rosok	221,513	0,346	3,169
Toni Sampah	264,386	0,413	3,782
Yono Rosok	178,639	0,279	2,555
Total	10.723,711	16,744	153,393

4.3.5 Total Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Operasional Bank Sampah

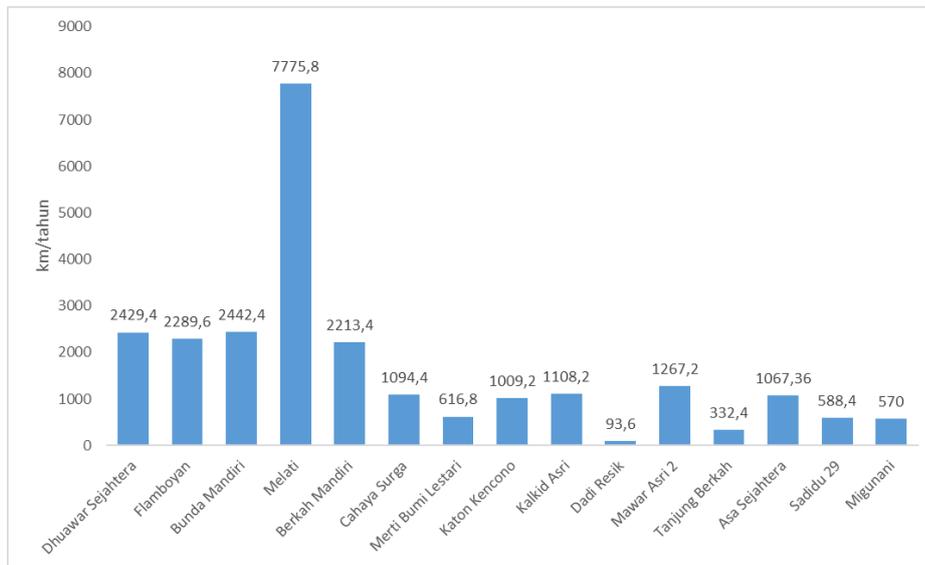
a. Total Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengumpulan, Pengolahan, dan Pengangkutan Pengepul

Diagram batang (Gambar 4.4) menyajikan perbandingan emisi gas rumah kaca antara aktivitas pengumpulan, pengolahan, dan pengangkutan. Melalui hasil diagram ini, dapat diidentifikasi bahwa bank sampah yang memiliki kontribusi menghasilkan gas emisi paling tinggi adalah bank sampah Melati. CO₂ dihasilkan sebanyak 880,56 CO₂(eq)/tahun, CH₄ sebanyak 9 CO₂(eq)/tahun, dan N₂O sebanyak 26,49 CO₂(eq)/tahun. Hal ini disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu, jumlah nasabah yang mencapai 240 dan waktu operasional yang dilakukan setiap hari. Karena itu, nasabah bank sampah melati mengantarkan sampah lebih sering dibanding bank sampah lainnya.

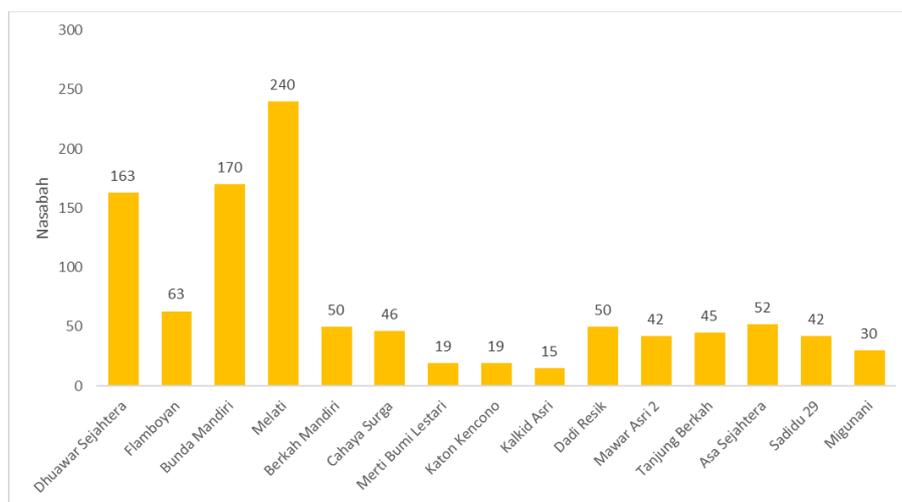


Gambar 4. 4 Diagram Batang Total Emisi Aktivitas Bank Sampah Pengumpulan, Pengolahan, dan Pengangkutan

Di sisi lain, bank sampah Dadi Resik menghasilkan emisi gas rumah kaca terendah untuk CO₂ didapatkan total emisi 10,4 CO₂(eq)/tahun, CH₄ 0,107 CO₂(eq)/tahun, dan N₂O 0,314 CO₂(eq)/tahun . Faktor ini dapat ditentukan dari adanya hanya satu kendaraan yang digunakan oleh pengurus bank sampah tersebut dan cakupan nasabah hanya terdiri dari dua RT. Sehingga penggunaan kendaraan yang terbatas, frekuensi perjalanan penjemputan sampah juga hanya dilakukan dua kali dalam sebulan. Hal ini mengakibatkan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan menjadi lebih sedikit.



Gambar 4. 5 Diagram Batang Total Jarak Tempuh Aktivitas Bank Sampah Pengumpulan, Pengolahan, dan Pengangkutan

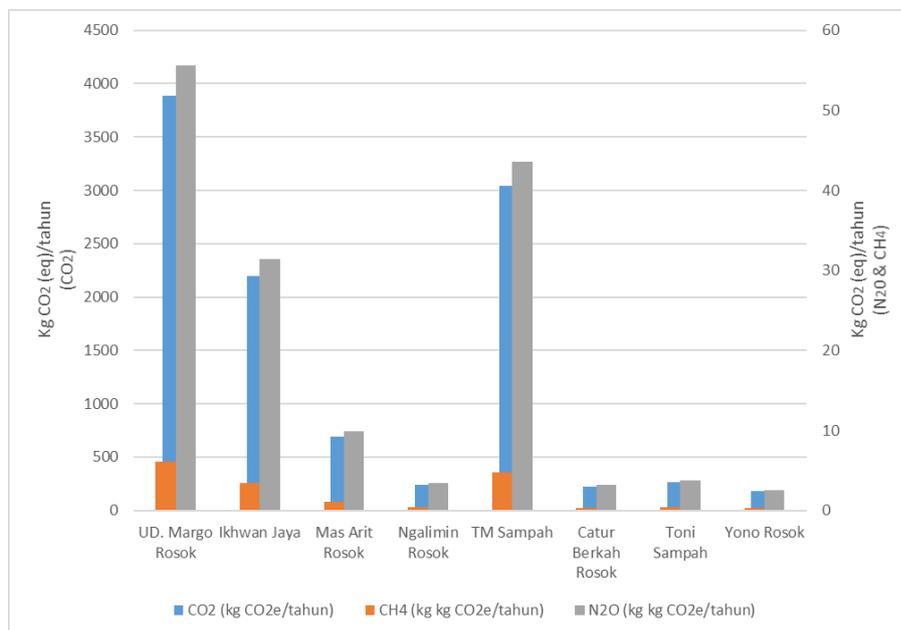


Gambar 4. 6 Diagram Batang Total Nasabah Bank Sampah

Gambar 4.5 adalah diagram batang total jarak tempuh aktivitas bank sampah, bahwa terdapat korelasi antara total jarak tempuh kendaraan dan emisi yang dihasilkan. Dalam gambar di atas untuk bank sampah melati menempuh jarak 7775,8 km per tahun sedangkan bank sampah dadi resik hanya menempuh jarak 93,6 km per tahunnya. Artinya, semakin jauh jarak tempuh kendaraan, semakin tinggi pula tingkat emisi yang dihasilkan. Bukan hanya itu saja, namun terdapat korelasi antara jumlah jarak tempuh dan jumlah nasabah, Gambar 4.6 adalah diagram total jumlah nasabah bank sampah menunjukkan bahwa semakin tinggi

jumlah nasabah, maka semakin jauh juga jarak yang harus ditempuh. Hal ini dapat terjadi karena area pelayanan yang luas akan cenderung memiliki lebih banyak nasabah di sekitarnya. Sebagai hasilnya, daerah yang hanya memiliki area pelayanan yang terbatas umumnya memiliki tingkat emisi gas rumah kaca yang lebih rendah, karena jarak perjalanan yang lebih pendek.

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

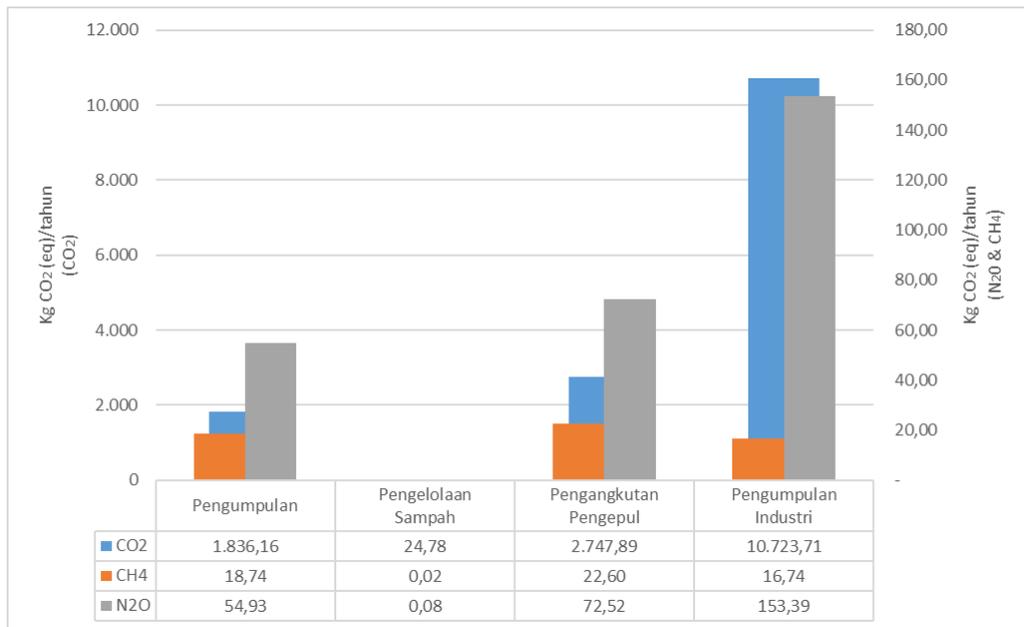


Gambar 4. 7 Diagram Batang Total Emisi Aktivitas Pengangkutan Pengepul ke Industri

Diagram batang (Gambar 4.7) menggambarkan perbandingan emisi gas rumah kaca antara aktivitas pengangkutan dari para pengepul menuju industri daur ulang. Jika dilihat dari diagram, pengepul UD. Margo Rosok menghasilkan gas emisi rumah kaca paling tinggi yaitu emisi CO₂ 3886 CO₂(eq)/tahun, N₂O 6,07 CO₂(eq)/tahun, dan CH₄ 55,6 CO₂(eq)/tahun. Sementara pengepul Yono Rosok memiliki emisi terendah. Perbedaan ini disebabkan oleh frekuensi pengantaran sampah dan jarak yang harus ditempuh oleh truk pengangkut dari gudang pengepul hingga industri daur ulang. Pengepul UD. Margo Rosok memiliki frekuensi pengantar satu minggu sekali dan menempuh jarak yang lebih jauh yaitu pabrik daur ulang di Surabaya, Solo, dan Magelang sehingga menghasilkan lebih banyak

emisi gas rumah kaca akibat waktu dan bahan bakar yang lebih banyak digunakan dalam perjalanan. Di sisi lain, pengepul Yono Rosok memiliki jarak yang lebih dekat, sehingga emisi gas rumah kaca yang dihasilkan lebih sedikit.

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



Gambar 4. 8 Diagram Batang Perbandingan Total Emisi Aktivitas Bank Sampah
 Diagram batang (Gambar 4.8) menunjukkan perbandingan total emisi gas rumah kaca dari berbagai aktivitas, termasuk pengumpulan, pengolahan sampah, pengangkutan pengepul, dan pengumpulan industri. Dalam analisis ini, terlihat bahwa emisi gas rumah kaca dari pengumpulan industri ternyata lebih tinggi, karena aktivitas ini melibatkan pengangkutan dengan jarak tempuh yang lebih jauh dibandingkan dengan aktivitas lainnya.

Jumlah total emisi yang telah dihitung akan digunakan untuk memperkirakan rata-rata emisi yang timbul dari setiap aktivitas operasional bank sampah. Rata-rata emisi gas rumah kaca ini dapat ditemukan dalam Tabel 4.13. lalu dapat mengidentifikasi jumlah emisi yang dihasilkan oleh setiap bank sampah di Kabupaten Kulon Progo , dan dari situ, kita dapat menentukan perkiraan total emisi untuk keseluruhan populasi bank sampah yang ada di Kabupaten Kulon Progo.

Tabel 4. 14 Rerata Emisi Gas Rumah Kaca tiap Aktivitas Bank Sampah Kabupaten Kulon Progo

Aktivitas	GWP (Kg CO ₂ eq/tahun)			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Pengumpulan	122,411	1,249	3,662	127,322
Pengelolaan Sampah	1,652	0,001	0,005	1,658
Pengangkutan Pengepul	183,193	1,507	4,834	189,534
Pengangkutan Industri	714,914	1,116	10,226	726,257
Total	1022,169	3,873	18,728	1044,770

Oleh karena itu, emisi yang dihasilkan dari total populasi bank sampah di Kabupaten Kulon Progo berdasarkan rata-rata tabel 4.13. adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Emisi Populasi} &= \text{Jumlah populasi bank sampah} \times \text{Total rerata emisi} \\
 &= 98 \times 1044,77 \text{ Kg CO}_2(\text{eq})/\text{tahun} \\
 &= 102.387,5 \text{ Kg CO}_2(\text{eq})/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

4.4 Perbandingan Aktivitas Diluar Bank Sampah

4.4.1 Pembakaran

Pembakaran sampah secara terbuka mencakup pembakaran sampah yang dilakukan secara terbuka dimana 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 gas rumah kaca jika t sampah di bank sampah dibakar secara terbuka adalah sebagai berikut:

Diketahui:

Tabel 4. 15 Berat Sampah per Komposisi dari 15 Bank Sampah Kulon Progo dalam 1 tahun

Total berat sampah dari bank sampah (Gg/tahun)		
Jenis	Komposisi	Berat sampah (Gg/tahun)
kertas/karton	55,50%	0,0289
Plastik	22,30%	0,0116
Logam	16,10%	0,0084
Karet/kulit	0,20%	0,0001
Kaca	4,60%	0,0024
Lainnya (minyak jelantah	1,30%	0,0007
total (Gg/tahun)		0,0520

- **Emisi CO₂**

Perhitungan emisi CO₂ aktivitas pembakaran secara terbuka dilakukan dengan persamaan:

Diketahui:

- MSW = 0,052 Gg/tahun
- D_{mj} = 90%
- CF_j = 46%
- FCF_j = 0,01
- OF_j = 58% (nilai default IPCC)
- 44/12 = Faktor Konversi C ke CO₂
- j = Kertas/ karton

Perhitungan:

$$Emisi CO_2 = MSW \times \sum_j (WF_j \times dm_j \times CF_j \times FCF_j \times OF_j) \times \frac{44}{12}$$

$$Emisi CO_2 = 0,052 Gg$$

$$/thn \sum_i (0,55 \times 0,9 \times 0,46 \times 0,01 \times 0,58) \times 44/12$$

$$Emisi CO_2 = 0,00025424 Gg CO_2$$

$$Emisi CO_2 = 254,245 Kg CO_2$$

$$Emisi CO_2 = 254,245 Kg CO_2e/tahun$$

- **Emisi CH₄**

Perhitungan emisi CH₄ aktivitas pembakaran secara terbuka dilakukan dengan persamaan

Diketahui:

- I_{wi} = 0,052 Gg/tahun
- E_{Fi} = 6500 g/ton (nilai default IPCC)

Perhitungan:

$$Emisi CH_4 = \sum_i (I_{Wi} \times E_{Fi}) \times 10^{-6}$$

$$Emisi CH_4 = \sum total\ berat\ sampah\ (0,052 \times 6500) \times 10^{-6}$$

$$Emisi CH_4 = 0,000338\ Gg\ CH_4$$

$$Emisi CH_4 = 338,17\ Kg\ CH_4/tahun$$

$$Emisi CH_4 = 9198,2\ Kg\ CO_2e/tahun$$

- **Emisi N₂O**

Perhitungan emisi N₂O aktivitas pembakaran secara terbuka dilakukan dengan persamaan

Diketahui :

$$IW_i = 0,052\ Gg/tahun$$

$$EF_i = 150\ Kg/Gg$$

Perhitungan:

$$Emisi\ N_2O = \sum i\ (IW_i \times EF_i) \times 10^{-6}$$

$$Emisi\ N_2O = \sum Total\ berat\ sampah\ (0,052\ Gg/tahun \times 150) \times 10^{-6}$$

$$Emisi\ N_2O = 0,000008\ Gg\ N_2O$$

$$Emisi\ N_2O = 7,803903\ Kg\ N_2O/tahun$$

$$Emisi\ N_2O = 2130,47\ Kg\ CO_2e/tahun$$

4.4.2 Penimbunan TPA

Perhitungan emisi penimbunan sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA), disertakan dengan kegiatan pengangkutan sampah dari sumbernya (bank sampah) ke TPA Banyuroto yang beralamatkan di Dlingo, Banyuroto, Kec. Nanggulan, Kabupaten Kulon Progo. Kegiatan pengangkutan sampah diasumsikan dengan menggunakan jenis kendaraan mobil *pick up*. Setiap kendaraan yang digunakan dalam pengangkutan sampah memiliki emisi yang berasal dari proses pembakaran bahan bakar, yang biasanya berupa bensin atau solar.

Berdasarkan data yang telah dihitung, rata-rata jarak bank sampah ke TPA Banyuroto jarak yang ditempuh adalah sekitar 11,1 km. Dari analisis tersebut, total

emisi yang dihasilkan akibat perjalanan menuju TPA adalah CO₂ 1337,35 kg CO₂(eq) per tahun, CH₄ 13,72 kg CO₂ (eq) per tahun, N₂O 43 kg CO₂(eq) per tahun.

Selanjutnya melakukan perhitungan untuk gas emisi yang dihasilkan dari sampah yang ditimbun di TPA. Berdasarkan IPCC 2006 dalam Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional oleh KemenLHK, dalam menghitung emisi GRK dari *landfill* dapat menggunakan persamaan.

- **Emisi CH₄**

Berikut ini adalah contoh perhitungan emisi CH₄ dari penimbunan kertas/karton:

Diketahui:

$$W_i = 55,5\%$$

$$\begin{aligned} W &= 55,5\% \times \text{jumlah sampah} \\ &= 55,5\% \times 0,052 \\ &= 0,0289 \text{ Gg} \end{aligned}$$

$$DOC_i = 40\%$$

$$\begin{aligned} DOC &= DOC_i \times W_i \\ &= 40\% \times 55,5\% \\ &= 0,222 \text{ Gg C/Gg sampah} \end{aligned}$$

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

$$MCF = 0,5$$

$$\begin{aligned} DDOC_m &= \text{massa DOC yang dapat terdekomposisi} \\ &= W \times DOC \times DOC_F \times MCF \\ &= 0,0289 \text{ Gg} \times 0,222 \text{ Gg C/Gg} \times 0,5 \times 0,5 \\ &= 0,0016 \text{ Gg/tahun} \end{aligned}$$

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

$$OX = 0,1$$

$$\begin{aligned} CH_4 \text{ Generated} &= \text{potensi pembentukan gas CH}_4 \\ &= DDOC_m \times F \times 16/12 \\ &= 0,0016 \text{ Gg/tahun} \times 0,5 \times 16/12 \end{aligned}$$

$$= 0,001068354 \text{ Gg/tahun}$$

Emisi CH₄ pada tahun T, Gigagram

$$= \left[\sum_x CH_4 \text{ generated}_{x,T} - R_T \right] \times (1 - OX_T)$$

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ pada tahun T, Gigagram} = [0,001068 - 0] \times (1 - 0,1)$$

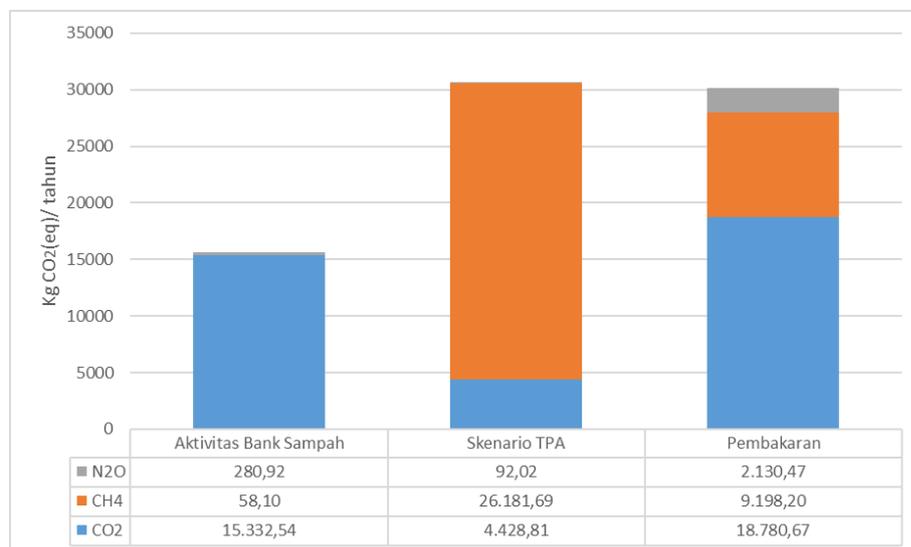
$$\text{Emisi CH}_4 \text{ pada tahun T, Gigagram} = [0,001068] \times (0,9)$$

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ pada tahun T, Gigagram} = 0,000961 \text{ Gg/tahun}$$

$$\text{Total Emisi CH}_4, \text{ Kg/tahun} = 961,518 \text{ Kg/tahun}$$

$$\text{Total Emisi CH}_4, \text{ Kg/tahun} = 26.195,69 \text{ Kg CO}_2(\text{eq})/\text{tahun}$$

4.4.3 Perbandingan Emisi Tiap Skenario



Gambar 4. 9 Perbandingan Total Emisi Tiap Skenario

Dalam diagram batang (Gambar 4.9) terlihat bahwa penimbunan sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) menghasilkan lebih banyak emisi gas rumah kaca dibandingkan dengan aktivitas bank sampah dan pembakaran sampah. Total gas emisi yang dihasilkan akibat kegiatan penimbunan sampah di TPA dari 15 sampel bank sampah di Kulon Progo yaitu sebesar 30.702,51 Kg CO₂(eq)/tahun. Komposisi sampah yang mendominasi dari 15 sampel bank sampah di Kulon Progo adalah kertas/karton sebanyak 55,5% dengan berat 28.874,41 Kg/tahun. Proses dekomposisi anaerobik dari sampah organik termasuk sampah kertas/karton di dalam tumpukan sampah menghasilkan produksi gas metana (CH₄) yang signifikan yaitu sebanyak 26.181,69 Kg CO₂(eq)/tahun. Hal ini disebabkan oleh dekomposisi

lambat dan kurangnya sirkulasi udara di dalam tumpukan sampah di TPA (Hutagalung dkk., 2020).

Dalam membandingkan tiga skenario pengelolaan sampah yang berbeda, yaitu penimbunan sampah di TPA, pembakaran sampah terbuka, dan bank sampah, dalam konteks pengurangan emisi gas rumah kaca, total emisi GRK yang dihasilkan dari aktivitas operasional 15 sampel bank sampah di Kulon Progo adalah 15.671,55 Kg CO₂(eq)/tahun. Dalam hasil perbandingan ini, ditemukan bahwa jika sampah dari 15 sampel bank sampah dibakar secara terbuka akan menghasilkan total emisi 30.109,34 Kg CO₂(eq)/tahun, bank sampah mampu mengurangi emisi GRK dari skenario pembakaran hingga 48%. Sementara jika sampah ditimbun di TPA akan menghasilkan total emisi 30.702,51 Kg CO₂(eq)/tahun, bank sampah mampu mereduksi 49%.

Terlebih lagi, kondisi eksisting aktivitas operasional bank sampah pada pengangkutan industri menghasilkan emisi gas rumah kaca tertinggi diantara kegiatan yang lain. Hal ini terjadi akibat jarak tempuh pabrik daur ulang dan pengepul besar yang jauh, di mana beberapa lokasinya terdapat di Surabaya, Solo, dan Magelang. Dengan demikian perlu solusi untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dari aktivitas bank sampah, ada beberapa solusi yang dapat dipertimbangkan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) yaitu:

1. Pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) dalam aktivitas pengumpulan sampah dapat menerapkan pengangkutan jemput bola daripada meminta nasabah mengantar sampah mereka dengan kendaraan bermotor. Proses jemput bola sampah biasanya dilakukan secara terjadwal dan rutin, dengan merencanakan rute yang lebih singkat dan efisien, metode ini dapat mengurangi jarak tempuh dan konsumsi bahan bakar, yang bisa berkontribusi pada pengurangan emisi GRK dalam bank sampah.
2. Bekerja sama dengan RT RW setempat untuk menerapkan pengumpulan wadah sampah komunal. Dalam penerapan ini, nasabah bank sampah dapat membawa sampah mereka sendiri ke titik pengumpulan sampah terdekat. Dengan adanya penyediaan tempat pengumpulan sampah di

sekitar RT atau RW tersebut maka nasabah tidak perlu melibatkan penggunaan kendaraan bermotor, sehingga ini merupakan langkah yang baik untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK).

3. Membangun sebuah pabrik daur ulang di Yogyakarta. Dengan adanya pabrik daur ulang ini, kendaraan-kendaraan tersebut tidak perlu lagi menempuh jarak yang jauh untuk mengirimkan sampah daur ulang ke pabrik yang lebih jauh. Hal ini akan membantu mengurangi emisi GRK karena akan mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang kendaraan.

Dapat disimpulkan bahwa bank sampah bukan hanya mendukung upaya pelestarian lingkungan dengan solusi pengelolaan sampah yang lebih berkelanjutan tetapi juga merupakan solusi mengurangi emisi gas rumah kaca secara signifikan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Aktivitas operasional bank sampah yang berpotensi menghasilkan emisi gas rumah kaca berupa CO₂, CH₄, N₂O adalah:
 - Pengumpulan sampah dari nasabah ke bank sampah
 - Pengolahan sampah menggunakan mesin pencacah
 - Pengangkutan dari bank sampah ke gudang pengepul
 - Pengangkutan dari gudang pengepul ke industri daur ulang

Hal tersebut disebabkan oleh penggunaan kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil, selain itu mesin pencacah yang menggunakan energi listrik di mana memiliki faktor emisi gas rumah kaca.

2. Hasil estimasi emisi gas rumah kaca dari aktivitas operasional 15 bank sampah di Kabupaten Kulon Progo pada masing-masing aktivitas pengumpulan CO₂ sebesar 1836,15 kg CO₂(eq)/tahun, CH₄ sebesar 18,74 kg CO₂(eq)/tahun, N₂O sebesar 54,9 kg CO₂(eq)/tahun. Pengolahan sampah sebesar CO₂ sebesar 24,78 kg CO₂(eq)/tahun, CH₄ sebesar 0,015 kg CO₂(eq)/tahun, N₂O sebesar 0,077 kg CO₂(eq)/tahun. Pengangkutan pengepul CO₂ sebesar 2747,89 kg CO₂(eq)/tahun, CH₄ sebesar 22,6 kg CO₂(eq)/tahun, N₂O sebesar 72,52 kg CO₂(eq)/tahun. Pengumpulan Industri CO₂ sebesar 10.938 kg CO₂(eq)/tahun, CH₄ sebesar 17,08 kg CO₂(eq)/tahun, N₂O sebesar 156,46 kg CO₂(eq)/tahun.
3. Skenario TPA menghasilkan emisi sebesar 30.702 CO₂(eq)/tahun. Skenario kondisi eksisting (bank sampah) menghasilkan emisi 15.889 CO₂(eq)/tahun. Skenario pembakaran sampah secara terbuka menghasilkan emisi 30.109 CO₂(eq)/tahun. Berdasarkan hasil perbandingan estimasi emisi GRK dari masing-masing skenario, yaitu skenario TPA menghasilkan emisi GRK paling tinggi dibandingkan dengan kondisi eksisting (aktivitas bank sampah) dan skenario pembakaran sampah secara terbuka. Dikarenakan

adanya proses dekomposisi anaerobik dari sampah organik termasuk sampah kertas/karton. Oleh karena itu sistem pengelolaan sampah yang paling minim untuk menghasilkan emisi GRK adalah dengan program bank sampah.

5.2 Saran

1. Studi ini menunjukkan dampak positif dari kegiatan bank sampah dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dibandingkan dengan skenario pengelolaan sampah lainnya. Disarankan bagi pihak berwenang dan pemerintah untuk lebih mendukung dan memperkuat program-program bank sampah sebagai solusi pengelolaan sampah yang berkelanjutan.
2. Penelitian lebih lanjut bisa berfokus pada optimalisasi operasi bank sampah untuk mengurangi emisi dari aktivitas operasional bank sampah. Upaya ini dapat menghasilkan strategi, teknologi, dan praktik terbaik yang inovatif, yang berkontribusi pada penurunan emisi gas rumah kaca yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryani, F. D. (2017). Kualitas Air Tanah di Sekitar Lokasi Tempat Pembuangan Akhir untuk Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih (Studi Kasus: TPA Banyuroto dan TPA Piyungan). *Journal Student UNY*. 1047-1052
- Asteria, D., Heruman, H. (2016). Bank Sampah sebagai Alternatif Strategi Pengelolaan Sampah Berbasis Masyarakat di Tasikmalaya. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, Vol. 23, No.1, Hal. 136-141.
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dalam Angka 2023*. Badan Pusat Statistik Provinsi D.I Yogyakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2010). *SNI 19-2454-2002 tentang Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan*.
- Ben, M., Nick, F., Steve, M., Damien, G. (2022). *Estimating emissions from household organic waste collection and transportation: The case of Sydney and surrounding areas, Australia*. Institute for Sustainable Futures. University of Technology Sydney Australia.
- Hutagalung, W. L. C., Sakinah, A., & Rinaldi. (2020). Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca pada Pengelolaan Sampah Domestik dengan Metode IPCC 2006 di TPA Talang Gulo Kota Jambi. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(1), 59-68.
- 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.

- 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. (2021). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2021 Tentang Pengelolaan Sampah Pada Bank Sampah*. Jakarta
- Koesrimardiyati, A. (2011). *Keberlanjutan Pengelolaan Sampah Berbasis Masyarakat*. Jakarta. Universitas Indonesia
- Lal, R., Bo, G. (2022). *Emissions of Greenhouse Gases from Municipal Solid Waste Management System in Ho Chi Minh City of Viet Nam*. Regional Resource Centre for Asia and the Pacific, Asian Institute of Technology. Thailand
- 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.
- Maw, M. Tn., Juchelková, D. (2019). Estimation of greenhouse gas emissions: An alternative approach to waste management for reducing the environmental impacts in Myanmar. *Environ. Eng. Res.* 24(4): 618-629
- Menteri Lingkungan Hidup. *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional Fasilitas Bank Sampah Kabupaten Kulon Progo*. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/home/fasilitas/bsu>. Diakses pada tanggal 18 mei 2022
- Presiden Republik Indonesia. (2008). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah*. Jakarta
- Purnamasari, E. (2019). *Strategi Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca pada Budidaya Padi di Kabupaten Boyolali*. Semarang: Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, Universitas Diponegoro.
- Purwanta, W. (2009). *Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari Sektor Sampah Perkotaan di Indonesia*. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 10(1), 01-08.
- Purwanti W, S., Sumartono, Haryono, B. S. (2015). Perencanaan Bank Sampah Dalam Rangka Pemberdayaan masyarakat di Kecamatan Kepanjen kabupaten Malang. *REFORMASI*, 5(1), 149–159.
- 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, A. D., Caroline, J., & Restianti, K. (2017). Potensi Reduce, Reuse, Recycle (3R) Sampah pada Bank Sampah 'Bank Junk for Surabaya Clean (BJSC)'. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(1), 1-11
- Rizaldi B, Retno G, et al. (2012). *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Buku II – Volume 1 Metodologi Perhitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup
- Sinthiya, I.A., dan Kusnadi, D. (2018). Analisis Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dan Pemetaan Zona Emisi Menggunakan GIS (Geospasial Information System) Di Kabupaten Pringsewu, Lampung. *Jurnal Sistem Informasi dan Telematika*. ISSN 2087-2062
- Sudarwanto, S. 2010. Peran Strategis Perempuan Dalam Pengelolaan Limbah Padat Bernilai Ekonomi. *Jurnal EKOSAINS*, 2(1): 65-74
- Sugiyono. (2007). *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: CV Alfabeta
- Suyatami dan Mulasari, S. A. (2015). Perbandingan Sistem Pengelolaan Sampah di TPA Wukisari Gunungkidul dan TPA Banyuroto Kulon Progo. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 1(4). 107-111
- Syafrudin., Budihardjo, M., et al. (2021). Assessment of Greenhouse Gases Emission from Integrated Solid Waste Management in Semarang City, Central Java, Indonesia. *Journal of Novel Carbon Resource Sciences & Green Asia Strategy*. Universitas Diponegoro
- United Nations. 2016. Environment Glossary: Waste. <https://unstats.un.org/unsd/environmentgl/gesform.asp?getitem=1178#:~:text=Waste,he%2Fshe%20wants%20to%20dispose>. Diakses pada tanggal 10 Maret 2022
- US EPA. (2022). *Air Emissions Factors and Quantification: What is an Emissions Factor*. <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/basic-information-air-emissions-factors-and-quantification#About%20Emissions%20Factors>. Diakses pada tanggal 19 Juni 2023
- Utami, E. (2013). *Buku Panduan Sistem Bank Sampah dan 10 Kisah Sukses*. Jakarta: Yayasan Unilever

Wening Nurani. et al. (2020). Contribution of waste bank in reducing greenhouse gas emissions in Bandung Regency. *E3S Web of Conferences*. volume 200, 1-5

LAMPIRAN

Lampiran 1 - Kuesioner Bank Sampah

KUESIONER DATA OBSERVASI AKTIVITAS DI BANK SAMPAH

KABUPATEN KULON PROGO

A. Identitas Bank Sampah		
Lokasi Observasi	Nama Bank Sampah	
	Alamat	
	No. Telp	
	Jenis Bank Sampah	
	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 makanan	Kayu / ranting	Kertas/ karton	Plastik	Logam	Kain	Karet/ Kulit	Kaca	Lainnya
	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)	

Lampiran 2 - Kuesioner untuk Pengepul

**KUESIONER OBSERVASI AKTIVITAS DI BANK SAMPAH KABUPATEN
KULON PROGO UNTUK PENGEFUL**

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: - 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 Purworejo, Jawa Tengah, 27 Juni 2001 dari pasangan bapak Purwanto dan Bu Yunik Setyowati. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menempuh Pendidikan di SD Nasional KPS pada tahun 2007 – 2013 di Kota Balikpapan, Kalimantan Timur. Kemudian melanjutkan Pendidikan di SMP Nasional KPS di Kota Balikpapan, Kalimantan Timur pada tahun 2013 – 2016 dan menempuh pendidikan di SMAN 5 Balikpapan pada tahun 2016 – 2019 di Kota Balikpapan, Kalimantan Timur. 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 tugas besar Mata Kuliah Pengelolaan Sampah dan Drainase dan *Sewerage* pada semester 7. Penulis melaksanakan Kerja Praktek pada bulan Mei 2022 di PT. Geo Dipa Energi (Persero) dengan topik pembahasan yaitu Evaluasi Pelaksanaan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Dalam kegiatan non akademik, penulis mengikuti kepanitiaan dalam acara Lintas Lingkungan 2020 bertugas menjadi pantia dekorasi dan dokumentasi. Selain itu, penulis menjadi Ketua Sekretaris dan Bendahara *Enviro English Community* Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan UII periode 2021. Pada bulan Maret 2023 – Agustus 2023 penulis melakukan penelitian terkait Studi Emisi Gas Rumah Kaca pada Aktivitas Operasional Bank Sampah di Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta sebagai syarat menyelesaikan studi strata 1 di Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.