

TUGAS AKHIR
STUDI EMISI GAS RUMAH KACA (GRK) PADA
AKTIVITAS OPERASIONAL TPS 3R DI KABUPATEN
SLEMAN, YOGYAKARTA

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



WIDYA PUTRI NOVITA SARI

19513161

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 TPS 3R DI KABUPATEN
SLEMAN, YOGYAKARTA

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



Disusun Oleh:

WIDYA PUTRI NOVITA SARI

19513161

Disetujui,

Pembimbing 1

Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng.
NIK. 095130404

Tanggal : 17/10 '23

Pembimbing 2

Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.
NIK. 155131304

Tanggal : 18/10 '23



Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliati, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D.
NIK. 045130401

Tanggal : 20/10 '23

HALAMAN PENGESAHAN
STUDI EMISI GAS RUMAH KACA (GRK) PADA
AKTIVITAS OPERASIONAL TPS 3R DI KABUPATEN
SLEMAN, YOGYAKARTA

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin

Tanggal : 09 Oktober 2023

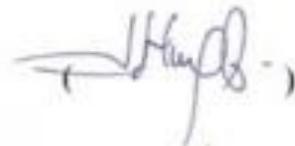
Disusun Oleh :

WIDYA PUTRI NOVITA SARI

19513161

Tim Penguji :

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



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



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



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 diperguruan 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* computer 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,
23 Oktober 2023
Yang membuat pernyataan,



Widya Putri Novita Sari

NIM : 19513161

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatuallahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur dipanjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **Studi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) pada Aktivitas Operasional TPS 3R di Kabupaten Sleman, Yogyakarta**. Tugas akhir ini dilaksanakan dari bulan Maret 2023 hingga bulan Juli 2023. Penyusunan laporan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik mendapatkan gelar Sarjana Teknik Strata Satu (S1) dari Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis turut mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang membantu dan memberikan semangat, dukungan, dorongan, serta bimbingan dalam menyelesaikan laporan ini. Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, kelancaran, ilmu pengetahuan dan Rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir.
2. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Sriyono dan Ibu Ririn Sulistyarini, serta abang penulis Eka Putra Dewangga dan kakak penulis Retno Wahyu W.
3. Bapak Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing pertama tugas akhir.
4. Bapak Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing kedua tugas akhir.
5. Seluruh dosen, staff dan keluarga besar Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII.
6. Bapak Heriyanto, A.Md. dan Ibu Ratna Widiastuti, S.Kom. selaku admin Program Studi Teknik Lingkungan UII.
7. Seluruh pihak TPS 3R Brama Muda, TPS 3R Bumdes Amarta, TPS 3R Cambahan Maju, TPS 3R Gambir Asri, TPS 3R GIAAAAAT, TPS 3R

Kenanga Merdiko, TPS 3R Mexicana, TPS 3R Randu Alas, Pengepul Bapak Harno Makaryo dan Pengepul Bapak Yanto.

8. Teman – teman Angkatan 2019 Program Studi Teknik Lingkungan.
9. Teman seperjuangan Emisi Gas Rumah Kaca TPS 3R dan Bank Sampah dalam proses pengerjaan tugas akhir.
10. Sahabat Penulis Ailsyah Meydina Sahda, Ali Ilham, Arbiatun Nurlaili As-Syifa, Deta Rahmadona, Dyah Rahmawati Berliet, Feby Ayu Lestari, Fira Anggraini, Kiki Maulina dan Ulima Laleirsya Kara Dewani.
11. Sahabat penulis sejak semester 1 kuliah, yaitu Fathia Rahma, Hanifah Aulia Maharani, Mega Nurul Dzikrillah, Raisa Muthia Azra dan Tasya Aisyarah Nabigha. Terima kasih sudah selalu ada dalam suka dan duka.
12. Seluruh Sahabat Jarene yang turut memberikan dukungan dan keseruan dalam menjalani perkuliahan.
13. Reni Apriyanti yang turut memberikan dukungan, dorongan dalam menyelesaikan laporan tugas akhir.
14. Arden Arya Pratama yang telah memberikan dukungan, dorongan, keseruan dalam menjalani perkuliahan serta terima kasih telah membantu dalam hal apapun.
15. Semua pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan laporan tugas akhir.

Penulis menyadari kekurangan yang terdapat di dalam laporan tugas akhir ini serta keterbatasan ilmu pengetahuan dari penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kemajuan penulis. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Yogyakarta, 23 Oktober 2023

Penulis,



(Widya Putri Novita Sari)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRACT

WIDYA PUTRI NOVITA SARI. *Study of Greenhouse Gas (GHG) Emission in TPS 3R Operational Activities in Sleman Regency, Yogyakarta. Mentored by Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng. dan Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.*

The greenhouse gas (GHG) emissions are increasing over time and causing global warming. Waste management at TPS 3R is one sector that produces GHG emissions, a contributing factor found in waste collection or transportation vehicles, processing and composting machines. This study aims to identify activities carried out by TPS 3R in Sleman Regency so as to produce GHG emissions such as CO₂, CH₄, N₂O and to analyze the amount of GHG emissions resulting from activities at TPS 3R Sleman Regency, as well as create the most effective scenario for waste management at reducing the amount of emissions produced.

The results of this study show that operational activities at TPS 3R Sleman Regency that have the potential to produce GHG emissions are in transportation using vehicles and processing machines that use fuel. In addition, there are activities outside TPS 3R that contribute to GHG emissions, such as burning and landfilling. The calculation of GHG emissions uses approach from IPCC 2006.

The calculation results of this study show that operational activities at TPS 3R Sleman Regency produce GHG emissions of 90.587,769 (Kg CO₂eq/Year). The second scenario, namely open burning of waste generation, produces GHG emissions of 111.825.145,576 (Kg CO₂eq/Year). The third scenario, namely landfilling, produces GHG emissions of 212.089.785,174 (Kg CO₂eq/Year). Based on the third scenario, the largest contribution to emissions is the landfill scenario, because the composition of the waste produced is highest in organic waste, which results in a high contribution to CH₄ emissions from landfill activities. The conclusion of this research is the most effective scenario for reducing GHG emissions with processing at TPS 3R.

Keywords: (CO₂, CH₄, N₂O), Emission, Greenhouse Gas, GWP, TPS 3R

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

WIDYA PUTRI NOVITA SARI. *Studi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK). Pada Aktivitas Operasional TPS 3R Di Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Dibimbing oleh Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng. dan Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.*

Emisi gas rumah kaca (GRK) semakin meningkat seiring berjalannya waktu dan menyebabkan pemanasan global. Pengelolaan sampah di TPS 3R merupakan salah satu sektor yang menghasilkan emisi GRK, faktor yang menyumbang terdapat pada kendaraan pengumpulan atau pengangkutan sampah, mesin pengolahan dan pengomposan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi aktivitas yang dilakukan oleh TPS 3R Kabupaten Sleman sehingga menghasilkan emisi GRK seperti CO₂, CH₄, N₂O dan menganalisis jumlah emisi GRK yang dihasilkan dari kegiatan di TPS 3R Kabupaten Sleman, serta membuat skenario yang paling efektif untuk pengelolaan sampah pada pengurangan jumlah emisi yang dihasilkan.

Hasil dari penelitian ini, menunjukkan bahwa aktivitas operasional di TPS 3R Kabupaten Sleman yang berpotensi menghasilkan emisi GRK terdapat pada pengangkutan yang menggunakan kendaraan dan mesin pengolahan yang menggunakan bahan bakar. Selain itu, terdapat aktivitas di luar TPS 3R yang menyumbang emisi GRK, seperti pembakaran dan penimbunan. Perhitungan emisi GRK menggunakan pendekatan dari IPCC 2006.

Hasil perhitungan menunjukkan aktivitas di TPS 3R Kabupaten Sleman menghasilkan emisi GRK sebesar 90.587,769 (Kg CO₂eq/Tahun). Skenario kedua, yaitu pembakaran timbulan sampah secara terbuka menghasilkan emisi GRK 111.825.145,576 (Kg CO₂eq/Tahun). Skenario ketiga, yaitu penimbunan timbulan sampah menghasilkan emisi GRK 212.089.785,174 (Kg CO₂eq/Tahun). Berdasarkan skenario ketiganya, yang menyumbang emisi terbesar pada skenario penimbunan, karena komposisi sampah yang dihasilkan paling tinggi terdapat pada sampah organik yang mengakibatkan penyumbangan tingginya emisi CH₄ dari aktivitas penimbunan sampah. Kesimpulan dari penelitian ini adalah skenario yang paling efektif untuk pengurangan emisi GRK dengan pengolahan di TPS 3R.

Kata Kunci: Emisi, Gas Rumah Kaca, GWP, TPS 3R

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	viii
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Sampah.....	6
2.2 Timbulan Sampah.....	8
2.3 Komposisi Sampah.....	9
2.4 Tempat Pengolahan Sampah – <i>Reduce Reuce Recycle</i> (TPS 3R).....	10
2.5 Emisi Gas Rumah Kaca.....	13
2.6 Pembakaran.....	16
2.7 Penimbunan.....	16
2.8 Perhitungan Emisi GRK.....	17
2.8 Studi Terdahulu.....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Tahapan Penelitian.....	21
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	21
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	25
3.4 Metode Analisis Data.....	26

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1. Gambaran Umum TPS 3R di Kabupaten Sleman	35
4.2. Aktivitas Operasional TPS 3R di Kabupaten Sleman	37
4.3. Potensi Gas Rumah Kaca (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) dari Aktivitas Sumber ke TPS 3R Kabupaten Sleman.....	39
4.3.1 Aktivitas Pengumpulan	39
4.3.2 Aktivitas Operasional Mesin	52
4.3.3 Aktivitas Pengomposan.....	61
4.3.4 Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke TPA	68
4.4. Potensi Gas Rumah Kaca (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) dari Aktivitas Pengepul.....	78
4.4.1 Pengangkutan TPS 3R ke Pengepul	78
4.4.2 Pengangkutan Pengepul ke Pabrik Industri atau Supplier	89
4.4.3 Total Emisi Gas Rumah Kaca Aktivitas Pengepul	92
4.5. Total Emisi Gas Rumah Kaca	94
4.5.1 Total Emisi Gas Rumah Kaca di TPS 3R.....	94
4.5.2 Rata-Rata Per Aktivitas dan Jumlah Seluruh Emisi 23 TPS 3R di Kabupaten Sleman	96
4.6. Perbandingan Aktivitas Diluar TPS 3R.....	99
4.6.1 Pembakaran	99
4.6.2 Penimbunan.....	107
4.6.3 Perbandingan Aktivitas TPS 3R, Pembakaran dan Pembuangan ke TPA (Penimbunan)	113
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	115
5.1 Kesimpulan	115
5.2 Saran.....	116
DAFTAR PUSTAKA	117
LAMPIRAN.....	123
RIWAYAT HIDUP	138

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Besaran Timbulan Sampah Berdasarkan Komponen-Komponen Sumber Sampah	8
Tabel 2. 2 Besaran Timbulan sampah Berdasarkan Klasifikasi Kota.....	9
Tabel 2. 3 Timbulan Sampah di Kabupaten Sleman, Yogyakarta Tahun 2022.....	9
Tabel 2. 4 Studi Terdahulu.....	18
Tabel 3. 1 Lokasi Penelitian TPS 3R di Kabupaten Sleman.....	23
Tabel 3. 2 Kebutuhan Data Sekunder	26
Tabel 3. 3 Nilai kalor Bahan Bakar Indonesia.....	27
Tabel 3. 4 Faktor Emisi.....	27
Tabel 3. 5 Nilai kalor Bahan Bakar Indonesia.....	28
Tabel 3. 6 Faktor Emisi CO ₂	28
Tabel 3. 7 Faktor Emisi N ₂ O dan CH ₄	28
Tabel 3. 8 Asumsi Konsumsi Bahan Bakar rata-rata yang digunakan.....	29
Tabel 3. 9 Faktor Emisi (EF)	29
Tabel 4. 1 Profil Lokasi Penelitian TPS 3R Kabupaten Sleman	36
Tabel 4. 2 Profil Pengepul dari 8 sampel lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman	37
Tabel 4. 3 Nilai Emisi CO ₂ di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman.....	42
Tabel 4. 4 Nilai GWP Emisi CO ₂ di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman...	43
Tabel 4. 5 Nilai Emisi CO ₂ (Kg/Tahun) dan Nilai GWP CO ₂ (Kg CO ₂ eq/Tahun) dari Aktivitas Pengumpulan di TPS 3R Kabupaten Sleman	44
Tabel 4. 6 Nilai Emisi CH ₄ di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman.....	45
Tabel 4. 7 Nilai GWP Emisi CH ₄ di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman...	46
Tabel 4. 8 Nilai Emisi CH ₄ (Kg/Tahun) dan CH ₄ (Kg CO ₂ eq/Tahun) dari Aktivitas Pengumpulan di TPS 3R Kabupaten Sleman.....	46
Tabel 4. 9 Nilai Emisi N ₂ O di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman	48
Tabel 4. 10 Nilai GWP Emisi N ₂ O di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman.	49
Tabel 4. 11 Nilai Emisi N ₂ O (Kg/Tahun) dan GWP N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun) dari Aktivitas Pengumpulan di TPS 3R Kabupaten Sleman	49
Tabel 4. 12 Nilai GWP CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O dari Aktivitas Pengumpulan di 8 Titik Sampel Lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman	50
Tabel 4. 13 Emisi CO ₂ (Kg/Tahun) pada Operasional Mesin di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman.....	52
Tabel 4. 14 Nilai GWP (CO ₂)di TPS 3R GIAAAAAT	53
Tabel 4. 15 Nilai Emisi CO ₂ (Kg/Tahun) dan Nilai GWP CO ₂ (kg CO ₂ eq/tahun) pada Operasional Mesin di TPS 3R Kabupaten Sleman	54
Tabel 4. 16 Emisi CH ₄ (Kg/Tahun) dan Nilai GWP CO ₂ (kg CH ₄ eq/tahun) Operasional Mesin di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman.....	55

Tabel 4. 17 Nilai GWP CH ₄ di TPS 3R GIAAAAAT	56
Tabel 4. 18 Nilai Emisi CH ₄ (Kg/Tahun) dan Nilai GWP CH ₄ (kg CO ₂ eq/tahun) pada Operasional Mesin di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman	56
Tabel 4. 19 Emisi N ₂ O (Kg/Tahun) pada Operasional Mesin di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman.....	57
Tabel 4. 20 Nilai GWP N ₂ O di TPS 3R GIAAAAAT	58
Tabel 4. 21 Nilai Emisi N ₂ O (Kg/Tahun) dan Nilai GWP N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun) pada Operasional Mesin di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman	59
Tabel 4. 22 Nilai GWP CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O dari Kegiatan Operasional Mesin di 8 Titik Sampel Lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman	60
Tabel 4. 23 Timbulan Sampah (Gg/Tahun) & Emisi CO ₂ Pengomposan (Kg/Tahun)	62
Tabel 4. 24 Nilai GWP CO ₂ Pengomposan (Kg CO ₂ eq/Tahun).....	63
Tabel 4. 25 Timbulan Sampah (Gg/Tahun) & Emisi CH ₄ Pengomposan (Kg/Tahun).....	63
Tabel 4. 26 Nilai GWP CH ₄ Pengomposan (Kg CO ₂ eq/Tahun).....	64
Tabel 4. 27 Timbulan Sampah (Gg/Tahun) & Emisi N ₂ O Pengomposan (Gg/Tahun).....	65
Tabel 4. 28 Nilai GWP N ₂ O Pengomposan (Kg N ₂ Oeq/Tahun).....	66
Tabel 4. 29 Nilai GWP CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun) dari Pengomposan di 8 Titik Lokasi Sampel TPS 3R Kabupaten Sleman	66
Tabel 4. 30 Nilai Emisi CO ₂ dari aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke TPA	70
Tabel 4. 31 Nilai GWP CO ₂ dari Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke TPA.....	71
Tabel 4. 32 Nilai Emisi CO ₂ (Kg/Tahun) dan CO ₂ (Kg CO ₂ eq/Tahun) dari Kegiatan Pengangkutan TPS 3R ke TPA Kabupaten Sleman	71
Tabel 4. 33 Nilai Emisi CH ₄ dari Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke TPA.....	73
Tabel 4. 34 Nilai GWP CH ₄ dari Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke TPA.....	73
Tabel 4. 35 Nilai Emisi CH ₄ (Kg/Tahun) dan CH ₄ (Kg CO ₂ eq/Tahun) dari Kegiatan Pengangkutan TPS 3R ke TPA Kabupaten Sleman	74
Tabel 4. 36 Nilai Emisi N ₂ O dari Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke TPA	75
Tabel 4. 37 Nilai GWP N ₂ O dari Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke TPA.....	75
Tabel 4. 38 Nilai Emisi N ₂ O (Kg/Tahun) dan N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun) dari Kegiatan Pengangkutan TPS 3R ke TPA Kabupaten Sleman	76
Tabel 4. 39 Nilai GWP CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O dari Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke TPA di 8 Titik Sampel Lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman	77
Tabel 4. 40 Emisi CO ₂ (Kg/Tahun) pada Pengangkutan TPS 3R ke Pengepul di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman	81
Tabel 4. 41 Nilai GWP CO ₂ (Kg CO ₂ eq/Tahun) pada Pengangkutan TPS 3R GIAAAAAT ke Pengepul	82
Tabel 4. 42 Nilai Emisi CO ₂ (Kg/Tahun) dan GWP CO ₂ (Kg CO ₂ eq/Tahun) Pengangkutan TPS 3R ke Pengepul.....	83
Tabel 4. 43 Emisi CH ₄ (Kg/Tahun) pada Pengangkutan TPS 3R ke Pengepul di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman	83

Tabel 4. 44 Nilai GWP CH ₄ (Kg CO ₂ eq/Tahun) pada Pengangkutan TPS 3R GIAAAAAT ke Pengepul	84
Tabel 4. 45 Nilai emisi CH ₄ (Kg/Tahun) dan GWP CH ₄ (Kg CO ₂ eq/tahun) Pengangkutan TPS 3R ke Pengepul	85
Tabel 4. 46 Emisi N ₂ O (Kg/Tahun) pada Pengangkutan TPS 3R ke Pengepul di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman	85
Tabel 4. 47 Nilai Emisi N ₂ O (Kg/Tahun) dan GWP N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun) Pengangkutan TPS 3R ke Pengepul	86
Tabel 4. 48 Nilai GWP CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O dari Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke Pengepul di 8 Titik Sampel Lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman	87
Tabel 4. 49 Emisi (Kg/Tahun) CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O pada Pengangkutan Pengepul ke Pabrik Industri Daur Ulang/Supplier	89
Tabel 4. 50 Nilai GWP (Kg CO ₂ eq/Tahun) CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O pada Pengangkutan Pengepul ke Pabrik Industri Daur Ulang/Supplier	90
Tabel 4. 51 Total Emisi GWP (Kg CO ₂ eq/Tahun) dari Aktivitas Pengepul	92
Tabel 4. 52 Nilai total GWP CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun) di 8 sampel lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman	94
Tabel 4. 53 Total Emisi GWP Per Aktivitas di TPS 3R Kabupaten Sleman	96
Tabel 4. 54 Rata-rata Aktivitas per TPS 3R dan Total Emisi GWP di 23 TPS 3R Kabupaten Sleman	98
Tabel 4. 55 Timbulan Sampah pada 8 sampel lokasi TPS 3R di Kabupaten Sleman 1 Tahun	99
Tabel 4. 56 Pembakaran CO ₂ pada TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman... ..	100
Tabel 4. 57 Nilai GWP CO ₂ pada Pembakaran	102
Tabel 4. 58 Pembakaran CH ₄ pada TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman... ..	102
Tabel 4. 59 Nilai GWP CH ₄ pada TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman	103
Tabel 4. 60 Pembakaran N ₂ O pada TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman ..	103
Tabel 4. 61 Nilai GWP N ₂ O	105
Tabel 4. 62 Nilai GWP CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun) pada Pembakaran di 8 sampel lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman	105
Tabel 4. 63 Nilai GWP CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun) dari Aktivitas TPS 3R dengan Skenario Pembakaran	106
Tabel 4. 64 Emisi CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O (Kg/Tahun) pada Pengangkutan Sumber ke TPA.....	108
Tabel 4. 65 Nilai GWP CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun) dari Pengangkutan Sumber ke TPA di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman	109
Tabel 4. 66 Emisi CH ₄ (Kg/Tahun) pada Penimbunan sampah sumber dari TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman di Timbun.....	109
Tabel 4. 67 Nilai GWP CH ₄ (Kg CO ₂ eq/Tahun) pada Penimbunan di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman di Timbun	110
Tabel 4. 68 Emisi CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O (Kg/Tahun) dari aktivitas Pengangkutan ke TPA dan Penimbunan	111

Tabel 4. 69 Nilai GWP CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun) dari aktivitas Pengangkutan ke TPA dan Penimbunan.....	111
Tabel 4. 70 Nilai GWP CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun) pada Perbandingan Aktivitas TPS 3R dengan Skenario Pembuangan ke TPA	112
Tabel 4. 71 Perbandingan GWP CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O dari Aktivitas TPS 3R, Pembakaran dan Pembuangan ke TPA (Penimbunan)	113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 3. 2 Lokasi Penelitian	24
Gambar 4. 1 Aktivitas Operasional TPS 3R, Pengepul Sampai ke Pabrik Industri Daur Ulang di Kabupaten Sleman.....	37
Gambar 4. 2 Peta Contoh Jalur Pengumpulan di TPS 3R Gambir Asri Rute 1..	40
Gambar 4. 3 Peta Contoh Jalur Pengumpulan di TPS 3R Gambir Asri Rute 1 ...	41
Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Nilai GWP CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O dari Aktivitas Pengumpulan di 8 Titik Sampel Lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman	51
Gambar 4. 5 Total GWP (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) (Kg CO ₂ eq/Tahun) dari Aktivitas Pengumpulan di 8 TPS 3R Kabupaten Sleman.....	51
Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Nilai GWP CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun) pada Operasional Mesin di 8 Titik Sampel Lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman ..	60
Gambar 4. 7 Total GWP (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) (Kg CO ₂ eq/Tahun) dari Aktivitas Operasional Mesin di 8 TPS 3R Kabupaten Sleman	61
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Nilai GWP CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun) dari Pengomposan di 8 Titik Lokasi Sampel TPS 3R Kabupaten Sleman.....	67
Gambar 4. 9 Nilai Total GWP (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) (Kg eq/Tahun) dari Pengomposan di 8 Titik Lokasi Sampel TPS 3R Kabupaten Sleman	68
Gambar 4. 10 Peta Jalur Pengangkutan TPS 3R ke TPA Piyungan, Bantul	69
Gambar 4. 11 Grafik Nilai GWP CO ₂ , CH ₄ dan N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun) dari Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke TPA	77
Gambar 4. 12 Nilai Total GWP (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) (Kg CO ₂ eq/Tahun) dari Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke TPA	78
Gambar 4. 13 Peta Jalur Pengangkutan TPS 3R ke Pengepul	80
Gambar 4. 14 Grafik Perbandingan Nilai GWP CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O dari Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke Pengepul di 8 Titik Sampel Lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman.....	88
Gambar 4. 15 Total Nilai GWP (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) dari Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke Pengepul di 8 Titik Sampel Lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman	88
Gambar 4. 16 Grafik Perbandingan Nilai GWP CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun) pada Pengangkutan Pengepul ke Pabrik Industri Daur Ulang/Supplier	91
Gambar 4. 17 Total Nilai GWP (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) (Kg CO ₂ eq/Tahun) pada Pengangkutan Pengepul ke Pabrik Industri Daur Ulang/Supplier	91
Gambar 4. 18 Grafik Perbandingan Total Emisi GWP CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun) dari Aktivitas Pengepul	93
Gambar 4. 19 Total Emisi GWP (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) (Kg CO ₂ eq/Tahun) dari Seluruh Aktivitas Pengepul	93

Gambar 4. 20 Grafik perbandingan Total Emisi GWP CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun) di 8 sampel lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman.....	95
Gambar 4. 21 Total GWP CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun) di 8 sampel lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman.....	95
Gambar 4. 22 Emisi GWP (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) (Kg CO ₂ eq/Tahun) Per Aktivitas di 8 Lokasi Penelitian Kabupaten Sleman	97
Gambar 4. 23 Total GWP (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) (Kg CO ₂ eq/Tahun) Per Aktivitas di 8 Lokasi Penelitian Kabupaten Sleman	97
Gambar 4. 24 Grafik Perbandingan nilai GWP CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O pada Pembakaran di 8 sampel lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman	105
Gambar 4. 25 Total GWP (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) (Kg CO ₂ eq/Tahun) pada Pembakaran	106
Gambar 4. 26 Grafik perbandingan nilai GWP CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun) dari Aktivitas TPS 3R dengan Skenario Pembakaran	107
Gambar 4. 27 Grafik Perbandingan Emisi CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O dari Aktivitas TPS 3R dengan Skenario Penimbunan di TPA.....	112
Gambar 4. 28 Grafik Perbandingan Emisi CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O dari Aktivitas TPS 3R, Pembakaran dan Pembuangan ke TPA (Penimbunan)	113
Gambar 4. 29 Perbandingan Total (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) dari 3 Skenario	114

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Kuisisioner ke TPS 3R dan Pengepul.....	123
Lampiran 1. 2 Dokumentasi Wawancara dan Pengamatan Langsung ke TPS 3R	126
Lampiran 1. 3 Dokumentasi ke Pengepul	132
Lampiran 1. 4 Peta Lokasi Penelitian TPS 3R	134
Lampiran 1. 5 Peta Lokasi Penelitian Pengepul.....	134
Lampiran 1. 6 Peta contoh Jalur Pengumpulan Rute 1 TPS 3R Gambir Asri...	135
Lampiran 1. 7 Peta Situasi Pemukiman di daerah TPS 3R Gambir Asri	136
Lampiran 1. 8 Peta Jalur Pengangkutan TPS 3R ke TPA Piyungan, Bantul	136

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Yogyakarta merupakan kota dengan luas daerah 32,5 km² atau 1,02% dari Provinsi D.I. Yogyakarta (Badan Pusat Statistik Kota Yogyakarta, 2020). Salah satu Kabupaten yang terdapat di Yogyakarta yaitu Kabupaten Sleman, memiliki luas 574,8 km². Jumlah penduduk di Kabupaten Sleman pada tahun 2021 berdasarkan Kabupaten Sleman Dalam Angka 2022 yaitu 1.136.474 jiwa. Sehingga dengan adanya hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya peningkatan sampah yang tinggi dan timbulnya pencemaran lingkungan yang tinggi.

Sampah merupakan permasalahan lingkungan yang telah banyak menjadi perhatian. Berdasarkan Undang-Undang Pengelolaan Sampah No. 18 Tahun 2008 disebutkan bahwa sampah adalah sisa dari kegiatan sehari-hari manusia dan atau berasal dari proses alam, serta sampah dapat dikategorikan berdasarkan sifatnya yaitu terdiri dari sampah organik dan sampah anorganik. Berdasarkan data yang terdapat di Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) jumlah timbulan sampah tahun 2022 di Kabupaten Sleman sebanyak 269,628.46 ton dengan jumlah harian yang ditimbulkan sebanyak 738.71 ton per hari. Menurut Profil Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Yogyakarta Tahun 2013 dalam Asti (2016), menyebutkan bahwa sampah yang terangkut dari Kabupaten Sleman ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA), yaitu sebanyak 13,17% .

Sebelum dilakukan pembuangan sampah di titik akhir yaitu Tempat Pemrosesan Akhir (TPA), sampah-sampah tersebut dapat dilakukan upaya pengurangan melalui TPS 3R dan Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu (TPST). Pengurangan sampah tersebut dengan melakukan pemilahan, pemilahan berdasarkan jenis sampahnya organik atau anorganik, serta dari pemilahan tersebut dapat dilakukan pendauran ulang. Keterlibatan masyarakat Kabupaten Sleman dalam pengelolaan sampah melalui TPS 3R berdasarkan informasi dari Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Daerah Istimewa Yogyakarta telah dilakukan workshop pengelolaan

sampah di TPS 3R untuk lebih dapat mengetahui serta memanfaatkan fasilitas yang telah tersedia. Namun, berdasarkan informasi dari data SIPSN untuk sampah yang terkelola melalui TPS 3R masih terbilang minim dari sampah yang masuk. Melihat data tersebut dapat dikatakan bahwa keterlibatan masyarakat Kabupaten Sleman masih kecil dan kurang interaktif. Alur penanganan sampah ini pertama dengan pengumpulan - pewadahan - pengangkutan ke TPS 3R - pemilahan – pengolahan – pengangkutan ke TPST - pemrosesan akhir ke TPA.

Sampah dapat menimbulkan beberapa dampak, seperti mengeluarkan cairan lindi, bau atau tidak sedap dan gas rumah kaca. Sektor limbah padat perkotaan merupakan pemasok terbesar keempat untuk emisi global Gas Rumah Kaca (GRK) non-CO₂ yang berkontribusi terhadap pemanasan global dan perubahan iklim (IPCC, 2008). Gas Rumah Kaca merupakan gas-gas yang memiliki efek rumah kaca, seperti gas karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dinitrogen monoksida (N₂O), hidro fluorocarbon (HFCS), Sulfur Hexaflorida (SF₆) dan Perfluoro karbon (PFCS) (KLH, 2012). Emisi gas rumah kaca juga dihasilkan dari kegiatan pembakaran sampah (IPCC, 2006). Namun, beberapa di antara gas tersebut yang paling besar terhadap efek rumah kaca yaitu gas CH₄ memiliki efek 25 kali lebih besar dibandingkan dengan gas CO₂ (Solomon, dkk. 2007).

Adanya permasalahan tersebut, maka didirikan TPS 3R di Kabupaten Sleman, sebagai salah satu upaya untuk menangani permasalahan sampah yang timbul dan menumpuk. TPS 3R pertama di Kabupaten Sleman didirikan pada tahun 2013 di bawah naungan Dinas Lingkungan Hidup (DLH). Menurut kepala seksi Pengelolaan Persampahan DLH Sleman, TPS 3R yang ada di Kabupaten Sleman sampai dengan tahun 2020 terdapat 20 TPS 3R (Gusmawanti. Dkk, 2021).

Sampah selalu dianggap sebelah mata oleh kebanyakan masyarakat dengan alasan tidak dapat berguna kembali. Seiring bertambahnya jumlah penduduk di Kabupaten Sleman, maka sangat berpotensi munculnya permasalahan timbulnya sampah. Namun, nyatanya beberapa sampah masih dapat dimanfaatkan kembali dengan cara di daur ulang. Adanya permasalahan yang timbul akibat penumpukan sampah tersebut, maka dapat dilakukan upaya pengurangan dengan cara melakukan

kegiatan pengolahan di TPS 3R, bank sampah dan mendaur ulang. Peran masyarakat serta pemerintah dalam pengurangan sampah sangat penting, agar terselenggaranya pengelolaan sampah yang baik dan berwawasan lingkungan. Besarnya emisi CO₂, CH₄, N₂O didapatkan dari kegiatan pengumpulan, jarak pengangkutan, jenis bahan bakar, jumlah bahan bakar yang digunakan, pengomposan, dan mesin yang pengolahan yang digunakan.

Berdasarkan dari permasalahan yang ada di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui besarnya emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang dihasilkan dari aktivitas masing-masing dari pengelolaan sampah di TPS 3R di Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Hal tersebut dilakukan, agar dapat membantu dalam menentukan metode yang digunakan dalam pengurangan emisi gas rumah kaca. Selain itu, adanya penimbunan sampah dapat menghasilkan emisi GRK yang didominasi dengan emisi CH₄ dan berpotensi meningkatkan dampak perubahan iklim. Tidak hanya itu, pengelolaan sampah secara pembakaran terbuka juga akan menghasilkan emisi GRK CO₂, CH₄, N₂O. Adanya penurunan emisi gas rumah kaca, dapat mengurangi penyebab terjadinya pemanasan global. Pemanasan global merupakan suatu kejadian yang membuat temperature rata-rata di atmosfer meningkat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang sudah ada, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah aktivitas yang dilakukan oleh TPS 3R sehingga menghasilkan emisi gas rumah kaca?
2. Berapakah jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari kegiatan di TPS 3R?

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada diatas, maka tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Mengidentifikasi aktivitas yang dilakukan oleh TPS 3R sehingga menghasilkan emisi gas rumah kaca.
2. Menghitung dan menganalisis jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan di TPS 3R Sleman.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang didapatkan sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan dan pemahaman untuk peneliti atau mahasiswa dan masyarakat mengenai gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas di TPS 3R Kabupaten Sleman, Yogyakarta.
2. Membantu pemerintah dalam melakukan inventarisasi gas rumah kaca di TPS 3R Kabupaten Sleman, Yogyakarta

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian berada di TPS 3R Kabupaten Sleman, Yogyakarta.
2. Penentuan titik sampling TPS 3R di Kabupaten Sleman, Yogyakarta dilakukan dengan *stratified random sampling*.
3. Sumber emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas operasional di TPS 3R Kabupaten Sleman, Yogyakarta.
4. Emisi gas rumah kaca yang dihitung yaitu Karbon Dioksida (CO₂), Gas Metana (CH₄), dan Nitrogen Dioksida (N₂O) dari aktivitas di TPS 3R Kabupaten Sleman, Yogyakarta.
5. Perhitungan yang digunakan berdasarkan metode IPCC 2006 dari aktivitas di TPS 3R Kabupaten Sleman, Yogyakarta.
6. Data primer didapatkan dengan menggunakan kuisisioner wawancara tertulis kepada pihak TPS 3R dan pengepul.
7. Data sekunder didapatkan dari studi literatur dan web resmi pemerintah atau instansi yang berkaitan dengan penelitian ini.

8. Emisi gas rumah kaca yang dihitung mencakup aktivitas pengumpulan, mesin yang digunakan, pengomposan, pembakaran, pengangkutan sampah dari TPS 3R ke gudang pengepul, pengangkutan pengepul ke pabrik industri dan pengangkutan dari TPS 3R ke TPA Piyungan.
9. Penelitian dilakukan pada TPS 3R sampai ke pengepul yang mengambil di TPS 3R Kabupaten Sleman dan pengangkutan dari TPS 3R Kabupaten Sleman ke TPA Piyungan Yogyakarta.
10. Penelitian dilakukan pada bulan Maret – Juni 2023 di Kabupaten Sleman, Yogyakarta.
11. Metode perhitungan untuk emisi gas rumah kaca menggunakan acuan pada pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Buku II Volume 1, Kementerian Lingkungan Hidup 2012 yang merujuk pada IPCC *Guidelines* 2006.
12. Bahan bakar kendaraan pickup jenis bensin diasumsikan menggunakan pertamax RON 92.
13. Bahan bakar kendaraan truck dan bahan bakar jenis mesin diasumsikan menggunakan solar.
14. Asumsi konsumsi bahan bakar rata-rata menggunakan acuan Kementerian Perhubungan 2010 (Lestari, 2017).
15. Asumsi konsumsi bahan bakar kendaraan truck 4,5 km/liter, mobil 7,8 km/liter, dan sepeda motor 21,5 km/liter.
16. Aktivitas di TPS 3R, skenario pembakaran dan penimbunan di hitung dengan asumsi per satu (1) tahun.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

Berdasarkan dari Pemerintah Kabupaten Sleman (www.slemankab.go.id) total sampah yang ditimbulkan perharinya sebanyak 8.000 m³/hari dengan 60% nya adalah sampah plastik, jika dilihat dari data Badan Lingkungan Hidup (BLH) DIY. Timbulan sampah tersebut tidak hanya berasal dari penduduk lokal, namun dihasilkan juga dari para wisatawan. Pada lebaran tahun 2022, timbulan sampah yang ada di Kabupaten Sleman mengalami kenaikan. Berdasarkan dari wakil Bupati Sleman yaitu Danang Maharsa jumlah timbulan sampah yang dihasilkan di Kabupaten Sleman ketika hari biasa sekitar 706,77 ton/hari, namun ketika periode libur lebaran volume timbulan sampah naik mencapai 32% atau 230 ton/hari. Sehingga pada periode 29 April – 9 Mei 2022, timbulan sampah dapat meningkat hingga 32,47% atau menjadi 936,27 ton/hari.

Sampah merupakan salah satu permasalahan yang masih belum terselesaikan hingga saat ini. Pengertian sampah berdasarkan Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah yaitu hasil dari kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Sedangkan menurut *World Health Organization* (WHO) adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang yang berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya (Chandra, 2006). Menurut EPA, (2011) sampah merupakan faktor determinan dalam permasalahan ekologi kota, khususnya pada degradasi lingkungan kompleks perumahan. Permukiman kompleks perumahan yang bersifat perkotaan adalah produsen sampah perkotaan terbesar. Sampah-sampah yang dihasilkan akan menyebabkan timbulan sampah.

Sampah berdasarkan Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) dapat dikelompokkan berdasarkan komposisinya, misalnya sisa makanan, kayu-ranting, kertas- karton, plastik, logam, kain, karet-kulit, kaca dan lainnya.

Pengelompokkan komposisi tersebut dapat berguna untuk mengelompokkan berdasarkan sampah organik maupun anorganik. Menurut Neolaka (2008), komposisi sampah dapat dibagi menjadi 3 bagian, yaitu:

1. Sampah organik, yaitu sampah yang mudah membusuk seperti sisa daging, sisa sayuran, daun-daun, sampah kebun, dan sebagainya.
2. Sampah anorganik, yaitu sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan non hayati, baik berupa produk sintetik maupun hasil proses teknologi pengolahan bahan tambang. Sampah organik merupakan sampah yang tidak mudah membusuk, seperti kertas, plastik, logam, karet/kulit, kaca dan sebagainya.
3. Sampah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun), yaitu sampah yang terjadi dari zat kimia organik dan anorganik serta logam-logam berat yang umumnya berasal dari buangan industri. Pengelolaan sampah B3 tidak dapat dicampurkan dengan sampah organik maupun anorganik. Sampah B3 diolah sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Spesifikasi sumber sampah berdasarkan SNI 19-3983-1995 yaitu berasal dari:

1. Perumahan
 - Rumah permanen
 - Rumah semi permanen
 - Rumah non permanen
2. Non perumahan
 - Kantor
 - Toko/ruko
 - Pasar
 - Sekolah
 - Tempat ibadah
 - Jalan
 - Hotel
 - Restoran
 - Industri

- Rumah sakit
- Fasilitas umum lainnya

2.2 Timbulan Sampah

Timbulan sampah merupakan sejumlah sampah yang dihasilkan oleh suatu aktivitas dalam kurun waktu tertentu, atau banyaknya sampah yang dihasilkan dalam satuan berat (kilogram) gravimetri atau volume (liter) (Tchobanoglous, dkk. 1993). Timbulan sampah, diperkirakan baik untuk saat ini maupun di masa yang akan mendatang merupakan dasar dari perencanaan, perancangan, dan pengkajian sistem pengelolaan persampahan (Damanhuri dan Padmi, 2010). Satuan dalam timbulan sampah dapat dinyatakan sebagai berikut:

- a. Satuan berat : kg/orang/hari, kg/m²/hari, kg/bed/hari, dan sebagainya.
- b. Satuan volume : L/orang/hari, L/m²/hari, L/bed/hari dan sebagainya.

Data sekunder seperti timbulan, komposisi, dan karakteristik sampah dapat diukur secara langsung dengan survei lapangan maupun data statistik (Damanhuri dan Padmi, 2010).

Berdasarkan SNI 19-3983-1995 tentang spesifikasi timbulan sampah untuk kota kecil dan kota sedang di Indonesia, yaitu:

1. Kota sedang adalah kota yang jumlah penduduknya $100.000 < p < 500.000$;
2. Kota kecil adalah kota yang jumlah penduduknya < 100.000 ;

Tabel 2. 1 Besaran Timbulan Sampah Berdasarkan Komponen-Komponen Sumber Sampah

No	Komponen sumber sampah	Satuan	Volume (liter)	Berat (Kg)
1	Rumah permanen	Per orang/hari	2,25 – 2,50	0,350 – 0,400
2	Rumah semi permanen	Per orang/hari	2,00 – 2,25	0,300 – 0,350
3	Rumah non permanen	Per orang/hari	1,75 – 2,00	0,250 – 0,300
4	Kantor	Per pegawai/hari	0,50 – 0,75	0,025 – 0,100
5	Toko/ruko	Per petugas/hari	2,50 – 3,00	0,150 – 0,350
6	Sekolah	Per murid/hari	0,10 – 0,15	0,010 – 0,020
7	Jalan arteri sekunder	Per meter/hari	0,10 – 0,15	0,020 – 0,100
8	Jalan kolektor sekunder	Per meter/hari	0,10 – 0,15	0,010 – 0,050
9	Jalan lokal	Per meter/hari	0,05 – 0,1	0,005 – 0,025
10	Pasar	Per meter ² /hari	0, 20 – 0,60	0,1 – 0,3

Sumber: SNI 19-3983-1995

Tabel 2. 2 Besaran Timbulan sampah Berdasarkan Klasifikasi Kota

No	Klasifikasi Kota	Satuan	
		Volume (L/orang/hari)	Berat (KC/Orang/hari)
1	Kota sedang	2,75 – 3,25	0,70 – 0,80
2	Kota kecil	2,5 – 2,75	0,625 – 0,70

Sumber: SNI 19-3983-1995

Tabel 2. 3 Timbulan Sampah di Kabupaten Sleman, Yogyakarta Tahun 2022

Tahun	Provinsi	Kabupaten/ Kota	Timbulan Sampah Harian (Ton)	Timbulan Sampah Tahunan (Ton)
2022	D.I.Yogyakarta	Kab. Sleman	738,71	269.628,46

Sumber: SIPSN

2.3 Komposisi Sampah

Menurut SNI 19-3964-1995, komponen komposisi sampah adalah komponen fisik sampah seperti, sisa-sisa makanan, kertas-karton, kayu, kaintekstil, karet-kulit, plastik, logam besi-non besi, kaca dan lain-lain (misalnya tanah, pasir, batu dan keramik).

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

- Sampah Organik; yang dapat terdiri dari sisa makanan dan daun.
- Sampah Kertas; yang dapat berupa kardus, karton, kertas HVS, kertas Koran, dll.
- Sampah Plastik; baik berupa kantung plastik, botol plastik bekas kemasan, jerigen, dll.
- Sampah Kayu; baik berupa potongan kayu, furnitur bekas, dll.
- Sampah Karet; baik berupa ban bekas, lembaran karet, dll.
- Sampah Kulit; yang dapat berupa lembaran, potongan kulit dll.
- Sampah Kaca/beling; baik berupa potongan kaca, botol kaca, gelas kaca, dll.

- Sampah kain/perca; yang dapat berupa potongan kain, atau pakaian bekas/rusak,dll.
- Sampah lain-lain; yang dapat berupa pecahan keramik, dan sisa sampah yang tidak termasuk dalam kategori diatas.
- Sampah B3 rumah tangga; dapat berupa batu baterai bekas, kaleng bekas kemasan insektisida, lampu TL/Neon, kaleng bekas cat, hair spray, obat-obatan kedaluarsa, dan lain sebagainya.

2.4 Tempat Pengolahan Sampah – *Reduce Reuce Recycle* (TPS 3R)

TPS 3R di Kabupaten Sleman pertama didirikan pada tahun 2013 di bawah naungan Dinas Lingkungan Hidup (DLH). Menurut kepala seksi Pengelolaan Persampahan DLH Sleman, TPS 3R yang ada di Kabupaten Sleman sampai dengan tahun 2020 terdapat 20 TPS 3R (Gusmawanti. Dkk, 2021). Berdasarkan Kepala Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sleman dari media Indonesia pada tahun 2021, jumlah TPS 3R bertambah menjadi 23 unit, sehingga mampu mengurangi tumpukan sampah sebesar 22,48% dengan tonase 57,757 ton/perhari di Kabupaten Sleman.

Mengutip dari iNewYogya.id, TPS 3R di Sleman mampu mengurangi 22,48% tumpukan sampah yang ada di Sleman dengan tonase 57,757 ton/per hari (iNewYogya.id. 2023).

Pengelolaan skala Kawasan TPS 3R ini merupakan kegiatan dalam bentuk mengubah karakteristik, komposisi dan jumlah sampah. TPS 3R adalah tempat pengolahan sampah yang dilakukan berdasarkan dengan konsep 3R, yaitu *reduce* (mengurangi) , *reuse* (menggunakan kembali), dan *recycle* (daur ulang) seperti sampah organik yang dapat dijadikan kompos. Pemanfaatan ini sebagai pengurangan sampah yang berasal dari sumber awalnya, dan mengurangi di pembuangan selanjutnya. Penerapan 3R ini untuk menyadarkan kepada masyarakat agar tidak menimbulkan kerusakan lingkungan akibat dari sampah-sampah yang dihasilkan.

TPS 3R menjadi tempat pengolahan yang dapat membantu dalam pengurangan sampah yang akan diolah lebih lanjut di TPA (Tempat Pemrosesan

Akhir). TPS 3R sangat membutuhkan peranan penting masyarakat dan pemerintah. Maka perlu dilakukannya pemberdayaan masyarakat, agar sampah yang dihasilkan sudah dalam bentuk pemilahan berdasarkan jenisnya.

Sampah yang berasal dari sumbernya akan dilakukan pengambilan oleh petugas dan akan diangkut menuju TPS3R terdekat. Hal tersebut untuk dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum di angkut ke TPA. Pada pengambilan sampah ini dilakukan pengangkutan dengan menggunakan viar roda tiga.

Pengelolaan yang digunakan dalam perencanaan pengelolaan sampah ini mencakup 3 kegiatan utama, yaitu:

3. Pemilahan sampah

Pemilahan sampah yang dilaksanakan di TPS 3R sama seperti pemilahan sampah di sumber. Pemilahan dipilah berdasarkan jenisnya, yaitu sampah organik, sampah anorganik dan sampah lainnya yang tidak termasuk ke dalam sampah organik dan anorganik.

4. Pengelolaan organik

Pengelolaan sampah organik dilakukan dengan cara pengomposan. Pengomposan merupakan salah satu cara untuk mengelola sampah-sampah organik agar dapat dimanfaatkan kembali. Terdapat beberapa macam pengomposan, antara lain:

a. Drum komposter

Pengomposan dilakukan dengan metode drum komposter. Prinsip kerjanya, prinsip kerja drum komposter ini yaitu bersifat aerob. Drum dilubangi dan dipasang terlebih dahulu instalasi paralon didalamnya untuk pertukaran gas. Lalu pipa paralon yang muncul harus ditutup agar terhindar atau menghindari masuknya lalat ke dalam komposter.

b. *Windrow* Komposting

Pengomposan dengan sistem *windrow* merupakan metode yang cocok untuk di Indonesia karena tidak terlalu sulit atau fleksibel. Metode *windrow* memiliki keunggulan pada teknisnya karena tidak memerlukan sarana prasarana yang kompleks dan modern sehingga lebih mudah dan tepat guna untuk diterapkan. Selain itu, modal, biaya

operasional dan biaya pemeliharaan yang dibutuhkan tidak terlalu banyak atau relatif lebih rendah dari pada system lain dan sangat cocok pada iklim yang tropis (Wahyono, dkk. 2003).

Metode open *windrow* yaitu dengan membuat kompos ditempat terbuka beratap tanpa komposter dan menggunakan aerasi alamiah (Samudro. 2017). Aerasi dalam metode ini diperlukan oleh mikroorganisme sebagai mendekomposisikan bahan organik. Pengomposan ini yaitu dengan menumpuk sampah organik diatas aerator.

c. Bata Berongga

Pengomposan dengan metode ini menggunakan boks bata yang disusun secara zigzag dengan volume yang berbeda. oksigen yang dibutuhkan didapatkan dari lubang yang ada pada boks bata atau berasal dari pipa berlingkang yang dihubungkan pada blower.

d. Vermicomposting

Pengomposan dengan metode ini menggunakan bantuan pada cacing tanah. Cacing tanah yang cukup sering digunakan pada metode ini yaitu *Lumbricus rubellius*, karena mampu mendegradasikan sampah organik yang tinggi seperti sama dengan berat tubuh cacing itu sendiri.

e. Takakura

Pengomposan dengan metode ini yaitu menggunakan keranjang. Sampah yang dihasilkan setiap harinya, hanya dimasukkan ke dalam keranjang tersebut dan tidak perlu menambahkan bahan-bahan atau cairan lainnya. Metode ini ditemukan oleh Mr. Koji Takakura.

f. Komposter

Pengomposan pada metode ini melalui penguraian pada bahan organik dengan bantuan mikroba tanah (Puspawati, dkk. 2016). Namun, proses pada metode ini cukup lama. Sehingga seiring berjalannya waktu terdapat pengembangan menggunakan activator *effective microorganism* (EM4). EM4 memiliki kandungan mikroorganisme yang dapat bermanfaat dalam pengomposan.

5. Pengepakan bahan daur ulang

Kegiatan pengepakan bahan daur ulang sampah dilakukan dengan cara mendaur ulang sampah minimal kertas, plastik, kaca, kulit, kain dan logam karena masih memiliki nilai ekonomi yang tinggi.

Pengolahan sampah yang dilakukan pada TPS3R, menggunakan beberapa mesin sebagai teknologi untuk membantu dalam pengolahannya, antara lain:

- Mesin pencacah, perajang,
- Mesin pengayak kompos
- Mesin blender untuk mencacah sampah

Sampah yang menurut kebanyakan orang sudah tidak dapat digunakan kembali, namun ternyata sampah menyimpan energi yang dapat dimanfaatkan, antara lain:

- Menangkap gas bio hasil proses degradasi secara anaerobic pada sebuah reactor (*digestor*).
- Menangkap gas bio yang terbentuk dari sebuah *landfill*.
- Menangkap panas yang keluar akibat pembakaran, misalnya melalui insinerasi. Generasi terbaru dari teknologi ini dikenal sebagai *waste-to-energy* (Tuti, dkk. 2014).

Timbulan sampah yang terdapat pada TPS 3R menghasilkan emisi gas rumah kaca (GRK) seperti gas metan (CH_4), karbondioksida (CO_2) dan dinitroksida (N_2O) yang dilepas ke udara. Karbondioksida, gas metan dan dinitroksida yang diemisikan dari kegiatan transportasi dan proses operasi sampah perkotaan dianggap sebagai komponen penting yang berkontribusi pada pemanasan global (He, dkk. 2011).

2.5 Emisi Gas Rumah Kaca

Gas rumah kaca (GRK) merupakan gas-gas yang ada di atmosfer yang menyebabkan efek gas rumah kaca (GRK), karbondioksida (CO_2), metana (CH_4), dinitroksida (N_2O) dan chlorofluorocarbon (CFC). Gas-gas tersebut sebenarnya

muncul secara alami di lingkungan, tetapi juga timbul akibat aktivitas manusia. Gas rumah kaca dapat terbentuk secara alami maupun sebagai akibat pencemaran. Perubahan iklim menunjukkan adanya perubahan pada iklim yang disebabkan secara langsung maupun tidak langsung oleh kegiatan manusia yang mengubah komposisi atmosfer global (Rahmawati, 2013).

Menurut Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Buku II Volume I yang disusun oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, faktor emisi merupakan suatu koefisien yang menunjukkan banyaknya emisi per unit aktivitas. GRK bidang energi berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI Nomor 22 Tahun 2019 tentang Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi dan Mitigasi Gas Rumah Kaca Bidang Energi Pasal 4, yaitu karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan dinitro oksida (N₂O) (Data aktivitas yang digunakan di dalam perhitungan disesuaikan dengan kategori sumber emisi GRK. Sumber emisi GRK sektor energi dibagi menjadi tiga, yaitu:

1. Emisi hasil pembakaran bahan bakar.
2. Emisi fugitive pada kegiatan produksi dan penyediaan bahan bakar, dan
3. Emisi dari pengangkutan dan injeksi CO₂ pada kegiatan penyimpanan CO₂ di formasi geologi.

Kegiatan pembakaran bahan bakar yang dimaksud diatas yaitu oksidasi bahan bakar secara sengaja dalam suatu alat dengan tujuan menyediakan panas atau kerja mekanik kepada suatu proses. Emisi fugitive pada sektor energi merupakan emisi GRK yang secara tidak sengaja terlepas pada kegiatan produksi dan penyediaan energi. Sedangkan kegiatan penyimpanan CO₂ di farmasi geologi belum dilakukan di Indonesia, sehingga emisi GRK pada kategori sumber ini tidak dihitung.

Pengelolaan sampah merupakan salah satu sumber emisi gas rumah kaca (GRK). Pengelolaan sampah memberikan kontribusi sebesar 4% dari total emisi GRK dunia (Papageorgio, dkk. 2009). Di Indonesia emisi GRK yang dihasilkan dari sektor pengelolaan sampah dan limbah mencapai 3% dari total emisi GRK (Purwanta, 2009).

Sampah berperan sebagai penyumbang GRK berupa gas metana (CH₄) yang memiliki potensi pemanasan global 21 kali lebih besar dari pada gas karbondioksida (CO₂) (Rahmawati, 2013). Salah satu GRK yang dihasilkan dari tempat pembuangan sampah adalah gas metana. Sumber emisi GRK gas metana yang dihasilkan dari sektor persampahan dapat berasal dari penguraian sampah, penimbunan sampah, pengolahan sampah *anaerobic digester*, dan pengomposan. Sedangkan emisi GRK karbondioksida bersumber dari pembakaran sampah, penimbunan sampah dan pengolahan sampah secara biologis (Pemerintah Provinsi Sumatera Selatan, 2018).

Pada proses melakukan pengelolaan sampah menjadi salah satu faktor yang dapat menimbulkan GRK. Selain itu, timbulan sampah menjadi faktor yang sangat berpengaruh terhadap emisi GRK. Namun nyatanya timbulan sampah di Kota Yogyakarta terus meningkat. Menurut Bappenas, (2010) Peningkatan tersebut dapat diakibatkan dari pertumbuhan ekonomi, perubahan pola konsumsi dan peningkatan populasi. Secara nasional, emisi GRK dari sektor pengelolaan sampah terus mengalami peningkatan dan berbanding lurus dengan peningkatan timbulan sampah.

Emisi GRK digunakan oleh pihak pembuatan kebijakan sebagai penilaian kinerja sistem pengolahan sampah di suatu daerah. Apabila hasil emisi GRK semakin tinggi di sektor pengelolaan sampah, maka dikatakan sistem pengelolaan sampah tersebut belum berjalan dengan baik. Emisi GRK tersebut menunjukkan hanya sebagian saja material dari sampah yang dapat terambil dan dimanfaatkan (Bakas, dkk. 2017).

Kegiatan-kegiatan di TPS 3R yang dapat menimbulkan emisi gas rumah kaca, yaitu proses pengumpulan dan pengangkutan, pemilahan yang menggunakan alat mesin, pengomposan, dan daur ulang. Pada kegiatan di pemilahan dan pengangkutan ini emisi yang dihasilkan berasal dari jarak jalur pengangkutan, BBM yang digunakan. Sedangkan pada proses pemilahan emisi yang dihasilkan berasal dari mesin yang digunakan, namun untuk pemilahan manual tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca. Proses pengomposan, apabila dengan pembakaran dapat menyebabkan emisi gas rumah kaca, serta pada proses daur ulang. Adanya emisi

GRK juga dapat menimbulkan dampak terhadap kenaikan muka air laut, mencairnya gunung es yang berakibat pada persediaan air dan menurunnya keragaman hayati pada ekosistem (Maziya, 2017).

Peningkatan emisi GRK dapat diturunkan melalui pengurangan jumlah sampah yang timbul. Pengurangan tersebut dapat menggunakan cara 3R (*Reduce, Reuse, & Recycle*). Konsep 3R merupakan sebuah upaya dalam pengurangan sampah dengan cara mengurangi penggunaan barang sekali pakai (*reduce*), menggunakan kembali (*Reuse*), dan mendaur ulang kembali (*recycle*).

2.6 Pembakaran

Pengelolaan sampah menjadi salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca. Apabila sampah yang menumpuk dilakukan pengelolaan dengan cara pembakaran terbuka, maka akan semakin banyak menimbulkan emisi gas rumah kaca. Namun, pengelolaan sampah secara pembakaran terbuka memiliki kelebihan, yaitu mampu mengeliminasi sampah dalam jumlah yang besar dengan waktu yang relatif singkat. Apabila pembakaran terbuka terus dilakukan, maka dalam jangka panjang dapat memicu efek samping terjadinya penyakit kanker, penyakit jantung, keterbelakangan mental dan penyimpangan genetik (Jouhara, dkk. 2017).

Pembakaran sampah secara terbuka masih banyak ditemukan di daerah perdesaan. Selain itu, pengelolaan sampah secara pembakaran terbuka cukup mudah untuk dilakukan. Namun, pengelolaan sampah secara pembakaran terbuka dapat menyebabkan terjadinya emisi GRK dan menimbulkan pencemaran udara, sehingga memberikan dampak yang tidak baik bagi kesehatan dan lingkungan. Senyawa yang dapat ditimbulkan dari pembakaran secara terbuka, yaitu CO₂, CH₄, N₂O (Das, dkk. 2018). Gas CO₂, CH₄, dan N₂O merupakan emisi gas rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global.

2.7 Penimbunan

Timbulan sampah saat ini menjadi permasalahan yang cukup besar. Timbulan sampah yang ada semakin mengalami peningkatan yang cukup cepat dari tahun ke tahun akibat semakin banyaknya populasi serta pertumbuhan ekonomi.

Hal tersebut menyebabkan sampah yang semakin menumpuk di TPA. Sampah yang semakin menumpuk akan menyebabkan penimbunan sampah yang terus menerus.

Pengelolaan sampah dengan cara penimbunan dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca. Pada kondisi aerobik, timbunan sampah menghasilkan gas metana (CH₄) yang merupakan salah satu senyawa GRK. Sampah organik menjadi penghasil emisi gas rumah kaca CH₄ terbesar pada proses penimbunan.

2.8 Perhitungan Emisi GRK

Berdasarkan peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.73/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2017 tentang Pedoman Penyelenggaraan dan Pelaporan Inventaris Gas Rumah Kaca Nasional, Indonesia mengacu pada pedoman *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* tahun 2006. IPCC adalah badan internasional terkemuka untuk penilaian perubahan iklim yang tersusun dari 195 anggota negara yang ada di dunia, serta ribuan ilmuwan pakar internasional secara sukarela menganalisis perubahan iklim di bumi dan menyarankan tindakan penanggulangan. IPCC memiliki misi untuk mengevaluasi resiko dari perubahan iklim yang disebabkan oleh aktivitas manusia (Faizah, 2018).

Pedoman IPCC 2006 untuk Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional (Pedoman IPCC 2006) menyediakan metodologi untuk memperkirakan inventarisasi nasional emisi antropogenik berdasarkan sumber dan serapan oleh penyerap gas rumah kaca (Pedoman IPCC 2006). Tujuan dari IPCC adalah untuk menilai informasi ilmiah yang relevan dengan perubahan iklim yang disebabkan oleh manusia (Faizah, 2018).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) mengeluarkan panduan untuk inventarisasi GRK sector energi pada Tahun 2006 yang diberi nama 2006 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 2*. Di dalam panduan tersebut, terdapat pembagian metode perhitungan emisi GRK berdasarkan tingkat ketelitiannya (tier), yaitu:

1. Tier 1, Estimasi berdasarkan data aktivitas dan factor emisi *default* IPCC.

2. Tier 2, Estimasi berdasarkan data aktivitas yang lebih akurat dan factor emisi *default* IPCC atau factor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific*).
3. Tier 3, Estimasi berdasarkan metode spesifik suatu negara dengan data aktivitas yang lebih akurat (pengukuran langsung) dan factor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific*).

Penentuan Tier dalam inventarisasi GRK tersebut berdasarkan Permen ESDM Nomor 12 Tahun 2019 tentang Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi dan Mitigasi Gas Rumah Kaca Bidang Energi Pasal 9 pada perhitungan emisi GRK bidang energi menggunakan tingkat ketelitian sederhana, yaitu Tier 1. Data yang digunakan, yaitu data aktivitas (data konsumsi bahan bakar, data *fugitive*, dan data pengangkutan) serta factor emisi GRK bidang energi yang sudah ditetapkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC).

2.8 Studi Terdahulu

Tabel 2. 4 Studi Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul	Tujuan	Hasil
1.	Nasuhin Yasmin, Milleni Jamuda, Alok Kumar Panda, Kundan Samal, dan Jagdeep Kumar Nayak. 2022.	Emission of Greenhouse Gases (GHGs) During Composting and Vermicomposting: Measurement, Mitigation, and Perspectives	Untuk membantu identifikasi elemen penting yang relevan dengan penurunan emisi GRK.	Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, meskipun emisi gas rumah kaca menjadi tantangan utama dalam proses tersebut, hal tersebut dimitigasi secara luas dengan menyediakan aerasi yang lebih baik (kontinu/intermiten), kadar air yang memadai, dan mengatur suhu. Selain itu, penambahan cacing tanah juga bermanfaat tidak hanya dalam hal mitigasi GRK tetapi untuk kompos yang lebih baik untuk digunakan nantinya.

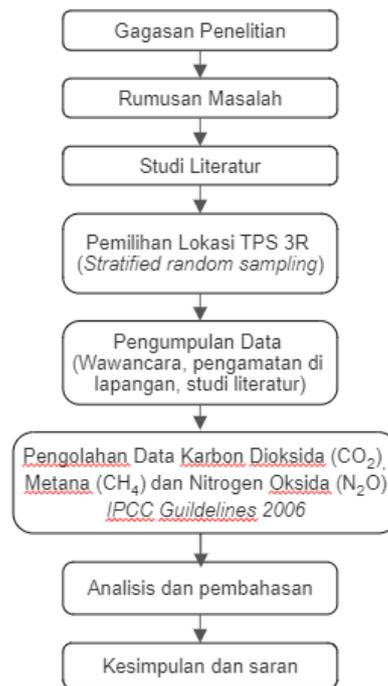
No	Nama Peneliti	Judul	Tujuan	Hasil
2.	Suprihatin, Nastiti Siswi Indrasti,, dan Muhammad Romli. 2008	Potensi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Melalui Pengomposan Sampah	Untuk mengetahui persentase penurunan emisi gas rumah kaca dengan adanya pengelolaan pada sampah dengan cara pengomposan.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa, Estimasi nilai finansial reduksi emisi melalui pengomposan sampah di Jabotabek padaberbagai harga ER dan laju produksi kompos, menurunkan emisi 600.000 ton karbon dioksida ekuivalen per tahun. Meskipun kontribusi tersebut di atas hanya 5 % dari total produksi metana potensial dari landfill, dalam jangka panjang hal ini dapat berdampak positif terhadap perubahan iklim global dan perubahan permukaan air laut
3.	Tuti Kustiasih, Lya Meilany Setyawati, Fitriyani Anggraini, Sri Darwati, dan Aryenti. 2014.	Faktor Penentu Emisi Gas Rumah Kaca dalam Pengelolaan Sampah Perkotaan	Untuk menentukan apa saja faktor emisi gas rumah kaca dengan mengidentifikasi parameter komposisi sampah dan karakteristik sampah serta meningkatkan aktifitas pengelolaan sampah untuk mendukung mitigasi dan adaptasi bidang persampahan	Berdasarkan dari hasil penelitian besarnya emisi gas rumah kaca tergantung pada komposisi sampah dan karakteristik sampah serta jumlah aktivitas pengelolaan sampah yang dilakukan. Dengan melakukan program 3R (reduce, reuse, recycle) dapat mengubah bentuk dan sifat sampah dengan melakukan proses bio-fisik-kimiawi menjadi produk baru yang lebih bermanfaat. Hal tersebut menjadi salah satu langkah dalam mengurangi emisi gas rumah kaca, seperti mengubah sampah basah menjadi kompos dengan system aerobic dan anaerobic serta sitem <i>anaerobic digestion</i> .
4.	Athaya Dhiya Zafira dan Enri Damanhuri. 2019.	Analisa Strategi Keberlangsungan TPS3R Dalam Upaya Minimasi Pengangkutan Sampah ke TPA	Untuk mengetahui peran TPS3R dalam meminimasi cost pengangkutan sampah ke TPA dan emisi gas rumah kaca apabila kinerjanya dianggap optimal.	Berdasarkan dari hasil penelitian apabila pengoptimalan pembangunan TPS3R dengan cakupan pelayanan minimal 500 KK dapat mengurangi emisi sebesar 1.268 MTCO ₂ e/tahun dibandingkan kondisi <i>business as usual</i> .

No	Nama Peneliti	Judul	Tujuan	Hasil
5.	Viny Septiani, Qorry Nugrahayu, S.T., M.T. dan Fina Binazir Maziya, S.T., M.T.	Potensi Pengurangan Emisi Gas Metana (CH ₄) dari Kegiatan di TPS3R dan Rumah Kompos Nitikan Kota Yogyakarta.	Untuk menghitung emisi gas metana (CH ₄) yang dapat dikurangi dengan danya kegiatan pada TPS3R dan rumah kompos Nitikan Kota Yogyakarta.	Berdasarkan dari hasil penelitian tersebut, emisi gas rumah kaca yang dihasilkan akan semakin banyak apabila sampah dari sumbernya tidak dilakukan pengelolaan, seperti pemilahan terlebih dahulu.
6.	Amar Addiansyah dan Welly Herumurti. 2017	Studi Timbulan dan Reduksi Sampah Rumah Kompos Serta Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca di Surabaya Timur	Untuk mengetahui emisi gas rumah kaca yang dihasilkan di Surabaya Timur dari adanya kegiatan pengomposan.	Berdasarkan dari hasil penelitian tersebut, dengan menggunakan metode perhitungan IPCC diperoleh emisi gas rumah kaca 5.80 Gg CO ₂ perbulan untuk skenario pertama, emisi gas rumah kaca sebesar 5,13 Gg CO ₂ per bulan untuk scenario kedua dan emisi gas rumah kaca sebesar 0,49 Gg CO ₂ perbulan untuk scenario ketiga. Melihat hasil tersebut pada scenario pertama yang cukup besar, karena penyumbang emisi gas rumah kaca terbesar dari adanya proses pengomposan dengan proses pembakaran. Proses tersebut dari adanya pengoperasian jumlah alat pencacah yang lebih banyak sehingga membutuhkan penggunaan bahan bakar yang meningkat.

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 dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di TPS 3R Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Terdapat sebanyak 23 TPS 3R di Kabupaten Sleman. Namun, jumlah sampel yang digunakan untuk penelitian sebanyak 8 TPS 3R. Penentuan jumlah sampel menggunakan metode Slovin sedangkan penentuan titik sampelnya menggunakan metode *stratified random sampling*. Waktu penelitian pada TPS 3R ini yaitu pada bulan Mei – Juni 2023. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana peran TPS 3R dalam pengurangan emisi gas rumah kaca.

Menurut Sugiyono dalam Budiarti (2018), penentuan jumlah titik sampling

menggunakan metode Slovin, yaitu dengan rumus:

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

Keterangan:

n = Jumlah sampel

N = Jumlah populasi yaitu jumlah total TPS 3R pada wilayah penelitian

e = Batas toleransi kesalahan (error toleransi), yaitu 20%

Menurut Sugiyono (2011) ketika menggunakan rumus Slovin, menentukan terlebih dahulu nilai errornya dengan bentuk persentase.

1. Nilai e = 0,1 (10%) untuk populasi dalam jumlah besar
2. Nilai e = 0,2 (20%) untuk populasi dalam jumlah kecil

Menurut Neuman dalam Budiarti (2018) yang membedakan populasi berdasarkan jumlah anggota populasinya, yaitu:

1. Populasi kecil yang memiliki anggota kurang dari 1.000
2. Populasi menengah yang mempunyai anggota 10.000
3. Populasi besar yang mempunyai anggota 150.000 atau lebih

Berikut merupakan perhitungan yang sudah didapatkan menggunakan metode Slovin:

$$n = \frac{23}{1 + (23 \times 0,20^2)} = 12 \text{ Jumlah titik sampling}$$

Selanjutnya berdasarkan dari hasil yang telah didapatkan, apabila hasil perhitungan besar sampel (n) masih dianggap besar, maka memungkinkan untuk melakukan koreksi terhadap nilai n, dengan rumus sebagai berikut (Hardani, dkk. 2020):

$$\text{Jumlah sampel} = \frac{n \cdot N}{n + (N - 1)} = \left(\frac{12 \times 23}{12 + (23 - 1)} \right) = 8 \text{ sampel}$$

Keterangan:

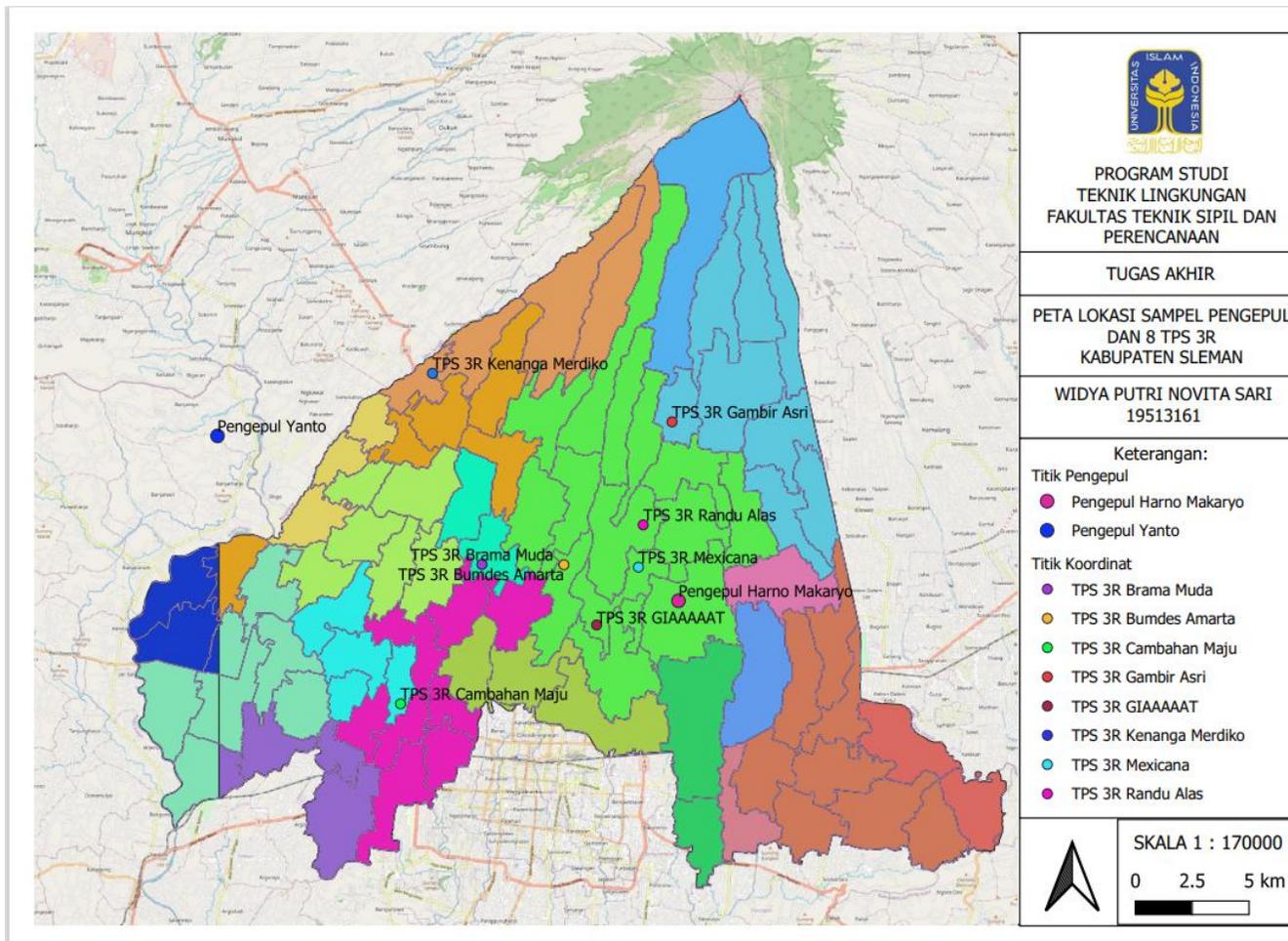
n = Hasil perhitungan rumus besar

N = Populasi

Berdasarkan dari hasil perhitungan yang telah didapatkan jumlah titik sampel, yaitu 8 titik sampel TPS 3R. Kemudian dari 8 titik sampel tersebut dipilih dengan metode *stratified random sampling*, berdasarkan dari pengelompokan besar, sedang dan kecil. Metode *stratified random sampling* merupakan metode penarikan sampel yang dilakukan dengan cara membagi populasi menjadi populasi yang lebih kecil, pembentukan harus sedemikian rupa sehingga setiap stratum homogeny berdasarkan suatu atau beberapa kriteria tertentu, kemudian dari setiap stratum diambil secara acak (Taro Yamane, 1967). Metode ini dapat dimungkinkan untuk setiap anggota populasi mempunyai peluang yang sama untuk dipilih digunakan sebagai sampel, sehingga proses pengukuran dapat dilakukan dengan melibatkan sedikit sampel. Meskipun tidak melibatkan semua anggota populasi, hasil survey dapat digeneralisasikan sebagai representasi populasi (Cochran, 1977). Jadi, sebelum dilakukan pembagian dikelompokkan terlebih dahulu sesuai dengan data yang ada dengan pengelompokan TPS3R besar, TPS3R sedang, dan TPS3R kecil. Berdasarkan dari hasil pengelompokan tersebut, didapatkan jumlah titik sampel sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Lokasi Penelitian TPS 3R di Kabupaten Sleman

No.	Nama TPS 3R	Kategori	Lokasi		
			Kecamatan	Kelurahan	Alamat
1	TPS 3R Bumdes Amarta	Besar	Sleman	Pendowoharjo	Jethakan RT 3/RW 19
2	TPS 3R Brama Muda		Ngaglik	Sardonoharjo	Sardonoharjo
3	TPS 3R Randu Alas		Ngaglik	Sardonoharjo	Sardonoharjo
4	TPS 3R Mexicana	Sedang	Ngaglik	Sinduharjo	Sinduharjo
5	TPS 3R Cambahan Maju		Gamping	Nogotirto	Cambahan
6	TPS 3R Gambir Asri	Kecil	Pakem	Pakembangangun	Gambiran
7	TPS 3R GIAAAAAT		Ngaglik	Minomartani	Bawuk
8	TPS 3R Kenanga Merdiko		Tempel	Merdikorejo	Merdikorejo



Gambar 3.2 Lokasi Penelitian

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Metode ini digunakan untuk mendapatkan informasi yang lebih akurat. Metode kuantitatif ini metode yang bertujuan untuk menguji hipotesis dari hasil data atau teori yang sudah ada. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini dengan menggunakan teknik pengumpulan data sekunder dan data primer.

- Data primer

Data primer didapatkan dari hasil observasi secara langsung ke lapangan, selain itu didapatkan dari hasil wawancara dan pemberian formulir pendataan, seperti:

- Data dari pelanggan TPS 3R
- Data timbulan sampah dan komposisi sampah yang masuk ke TPS 3R
- Data kegiatan pengumpulan dan pengangkutan sampah, seperti data jenis kendaraan operasionalnya, data kapasitas sampah pada kendaraan pengangkutnya, jenis bahan bakar kendaraan, jarak tempuh pengambilan (km/hari/minggu/bulan) dan konsumsi bahan bakar (liter/hari/minggu/bulan)
- Data kegiatan pemilahan dan pencacahan, seperti jenis mesin operasionalnya, jumlah mesinnya, bahan bakar yang digunakan, durasi waktu penggunaannya, (jam/hari/minggu/bulan) dan konsumsi bahan bakar (liter/hari/minggu/bulan)
- Data kegiatan pengomposan, seperti metode atau teknik yang digunakan dalam pengomposan, jumlah timbulan sampah organik yang dikomposkan, durasi pengomposan
- Data kegiatan yang memanfaatkan sampah anorganik kembali

- Data sekunder

Data sekunder didapatkan dari hasil studi literatur yang ada atau data yang ada di web resmi pemerintah atau instansi yang berkaitan dengan penelitian ini, seperti:

- Data jumlah TPS 3R di Kabupaten Sleman, Yogyakarta
- Data yang didapatkan dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) timbulan sampah dan komposisi sampah yang ada di Kabupaten Sleman, Yogyakarta

Tabel 3. 2 Kebutuhan Data Sekunder

No	Jenis Data	Sumber Data
1	Jumlah TPS 3R Kabupaten Sleman dan jumlah komposisi sampah	Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN)
2	Faktor emisi bahan bakar tier-1 dan tier-2 (IPCC)	Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, KLH 2012.
3	Faktor emisi	IPCC 2006
4	Nilai Kalor	KLHK, 2012
5	Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar	Lestari, 2017

3.4 Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan sebagai cara memperhitungkan data yang telah didapatkan, kemudian dihitung untuk mendapatkan jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari kegiatan di TPS 3R Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Perhitungan emisi gas rumah kaca tersebut dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Perhitungan timbulan sampah menurut SNI 19-3964-1994, tentang metode perhitungan pangambilan dan pengukuran sampel timbulan dan komposisi sampah:

$$\textit{Timbulan (Kg/org/hari)} = \frac{\textit{Berat sampah (kg/hari)}}{\textit{Jumlah orang (org)}} \quad (3.1)$$

- Pemilahan dan daur ulang pada penggunaan mesin

Tabel 3. 3 Nilai kalor Bahan Bakar Indonesia

Bahan bakar	Nilai Kalor	Penggunaan
Premium*	33 x 10 ⁻⁶ Tj/liter	Kendaraan bermotor
Solar (HSD, ADO)	36 x 10 ⁻⁶ Tj/liter	Kendaraan bermotor, Pembangkit listrik
Catatan: *) termasuk pertamax, pertamax plus Keterangan : ADO = Automotive Diesel Oil (= Solar) HSD = High Speed Diesel (= Solar)		

Sumber: KLH 2012. Buku II Volume 1 Metodologi Perhitungan Tingkat Emisi

GRK

$$\text{Konsumsi energi (Tj)} = \text{Konsumsi Energi (Liter)} \times \text{Nilai Kalor (Tj/Liter)} \quad (3.2)$$

Keterangan:

Konsumsi energi = Konsumsi bahan bakar

Nilai kalor = Nilai kalor berdasarkan jenis bahan bakar

Tabel 3. 4 Faktor Emisi

Fuel	CO2			CH4			N2O		
	Default FE	Lower	Upper	Default FE	Lower	Upper	Default FE	Lower	Upper
Solar/ADO/HSD/IDO	74.100	72.600	74.800	3	1	10	0.6	0.2	2
Keterangan : ADO = Automotive Diesel Oil (= Solar) HSD = High Speed Diesel (= Solar) IDO = Industrial Diesel Oil (= Minyak Diesel)									

Sumber: KLH 2012. Buku II Volume 1 Metodologi Perhitungan Tingkat Emisi

GRK

$$\text{Emisi} = \text{Konsumsi BB}_a \times \text{Faktor Emisi}_a \quad (3.3)$$

Keterangan:

Emisi = Emisi yang dihasilkan

Konsumsi BB_a = Konsumsi bahan bakar (Tj)

Faktor emisi a = Faktor emisi (kg gas/Tj)

a = Jenis bahan bakar (premium, solar)

- Perhitungan emisi kendaraan antara lain:

Tabel 3. 5 Nilai kalor Bahan Bakar Indonesia

Bahan Bakar	Nilai Kalor	Penggunaan
Premium*	33 x 10 ⁻⁶ Tj/liter	Kendaraan bermotor
Solar (HSD, ADO)	36 x 10 ⁻⁶ Tj/liter	Kendaraan bermotor, Pembangkit listrik
Catatan : *) termasuk Pertamina, Pertamina plus Keterangan : ADO = Automotive Diesel Oil (= Solar) HSD = High Speed Diesel (= Solar)		

Sumber: KLH 2012.

$$\text{Konsumsi energi (Tj)} = \text{Konsumsi Energi (Liter)} \times \text{Nilai Kalor (Tj/Liter)} \quad (3.4)$$

Keterangan:

Konsumsi energi = Konsumsi bahan bakar

Nilai kalor = Nilai kalor berdasarkan jenis bahan bakar

Tabel 3. 6 Faktor Emisi CO₂

Jenis Bahan Bakar	Tier 1 (kg CO ₂ /TJ)	Tier 2 (kg CO ₂ /TJ)
Bensin RON 92	69.300	72.600
Bensin RON 88	69.300	72.967
<i>Automotive Diesel Oil</i> (ADO)	74.100	74.433
Keterangan : ADO = Automotive Diesel Oil (= Solar)		

Sumber: KESDM 2020

Tabel 3. 7 Faktor Emisi N₂O dan CH₄

Fuel Type/Representative Vehicle Category	CH ₄ (kg/TJ)			N ₂ O (kg/TJ)		
	Default	Lower	Upper	Default	Lower	Upper
	Premium – dgn Catalyst	25	7,5	86	8,0	2,6
Solar / ADO	3,9	1,6	9,5	3,9	1,3	12
Keterangan : ADO = Automotive Diesel Oil (= Solar)						

Sumber: KLH 2012. Buku II Volume 1 Metodologi Perhitungan Tingkat Emisi GRK

$$\text{Emisi} = \text{Konsumsi } BB_a \times \text{Faktor Emisi}_a \quad (3.5)$$

Keterangan:

Emisi = Emisi yang dihasilkan

Konsumsi BB_a = Konsumsi bahan bakar (T_j)

Faktor emisi a = Faktor emisi (kg gas/ T_j)

a = Jenis bahan bakar (premium, solar)

Tabel 3. 8 Asumsi Konsumsi Bahan Bakar rata-rata yang digunakan

Kendaraan	Bahan Bakar	Asumsi Bahan Bakar Rata-Rata	Satuan
Mobil Penumpang	Bensin	7,8	Km/liter
Sepeda Motor	Bensin	21,5	Km/liter
Bus	Solar	5,5	Km/solar
Truk	Solar	4,5	Km/liter
Bus Kecil	Solar	7,9 – 9	Km/liter
Bus Sedang	Solar	5	Km/liter
Bus Besar	Solar	3 – 3,6	Km/liter
Bus lainnya	Solar	5,5	Km/liter

Sumber: Lestari, Amanda Juwita 2017.

- Perhitungan emisi gas rumah kaca pada proses pengomposan

Tabel 3. 9 Faktor Emisi (EF)

Tipe Teknologi Pengolahan Biologi	Factor Emisi CH ₄ (g CH ₄ /kg limbah)	Factor Emisi N ₂ O (g N ₂ O/kg limbah)
	Basis Berat Kering	Basis Berat Kering
Pengomposan	4 (0.03 – 8)	0.3 (0.06 – 0.6)

Sumber: KLH 2020. Buku II Volume 4 Metodologi Perhitungan Tingkat Emisi GRK

- Emisi CH₄

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ (Gg CH}_4\text{)} = \sum(Mi \times EFi) \times 10^{-3} - R \quad (3.6)$$

Keterangan:

Mi = Massa sampah yang dikomposkan (Gg)

Ef = Faktor emisi pada proses pengomposan (g CH₄/kg)

i = Tipe pengomposan biologi (Pengomposan atau digester anaerobik)

R = Jumlah recovery emisi CH₄ (Gg CH₄)

- Emisi N₂O

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = \sum(Mi \times EFi) \times 10^{-3} \quad (3.7)$$

Keterangan:

Mi = Massa sampah yang dikomposkan (Gg)

Ef = Faktor emisi pada proses pengomposan (g N₂O/kg)

I = Tipe pengomposan biologi (Pengomposan atau digester anaerobik)

- Emisi CO₂

$$\text{Emisi CO}_2 = \frac{Mr}{Ar} \times C H W P \quad (3.8)$$

$$C H W P = \sum(Wi \times M \times DOCi) \quad (3.9)$$

Keterangan:

C H W P = Karbon stock pada sampah yang masuk ke rumah kompos (Cg C/tahun)

Wi = Fraksi sampah i pada sampah yang masuk rumah kompos

DOCi = Nilai DOC untuk sampah jenis i

Mr = Massa molekul relative CO₂ (44)

M = Massa total sampah yang masuk ke rumah kompos

(Gg/tahun)

Ar = Massa atom relative C

Berdasarkan rumus-rumus di atas yang telah mengacu pada IPCC, maka akan dilakukan analisis dengan membandingkan hasil jumlah emisi (CO₂, CH₄, N₂O) tiap aktivitas di TPS 3R Kabupaten Sleman untuk mengetahui jumlah emisi terbesar.

- Perhitungan emisi gas rumah kaca pada proses pembakaran terbuka

Berdasarkan perhitungan di IPCC 2006 Guidelines, rumus yang digunakan dalam mencari emisi gas rumah kaca pada kegiatan pembakaran, yaitu sebagai berikut:

- Emisi CO₂

$$Emisi CO_2 = MSW \times \sum_j (WF_j \times dm_j \times CF_j \times FCF_j \times OF_j) \times \frac{44}{12} \quad (3.10)$$

Keterangan:

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

$$Emisi CH_4 = \sum_i (IW_i \times EFi) \times 10^{-6} \quad (3.11)$$

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

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = \sum i (IWi \times Efi) \times 10^{-6} \quad (3.12)$$

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 /kg sampah)

10⁻⁶ = faktor konversi kg ke Gg

i = kategori sampah yang dibakar.

- Perhitungan emisi gas rumah kaca pada proses penimbunan di TPA

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

- Emisi CH₄

Emisi CH₄ pada tahun T, Gigagram

$$= \left[\sum_x \text{CH}_4 \text{ generated}_{x,T} - R_T \right] \times (1 - \text{OX}_T) \quad (3.13)$$

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_r = Faktor Oksidasi pada tahun T, fraksi

$$\sum_x CH_4 generated_{x.T} = DDOCm \times F \times \frac{16}{12} \quad (3.14)$$

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)

$$DDOCm = W \times DOC \times DOCf \times MCF \quad (3.15)$$

Keterangan:

- DDOCm = Massa DOC yang terdekomposisi (Ggram)
 W = Massa limbah yang terdeposisi (Ggram)
 DOC = Fraksi degradable karbon organik pada tahun deposisi sampah (Gg C/Cg 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

$$DOC = (DOC \times Wi) \quad (3.16)$$

Keterangan:

DOC = Nilai Degradable Organik karbon dalam sampah
(Gg C/Gg sampah)

DOC_i = Nilai DOC sampah jenis i

W_i = Fraksi sampah jenis i terhadap total sampah

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum TPS 3R di Kabupaten Sleman

TPS 3R di Kabupaten Sleman pertama didirikan pada tahun 2013 di bawah naungan Dinas Lingkungan Hidup (DLH). Terdapat sebanyak 23 TPS 3R di Kabupaten Sleman. Namun, jumlah sampel yang digunakan untuk penelitian sebanyak 8 titik TPS 3R di Kabupaten Sleman untuk mengetahui lebih lanjut terkait jumlah pelanggan, jumlah sampah yang masuk, dan operasional pengangkutan serta pengolahannya di TPS 3R. TPS 3R di kabupaten Sleman ini dapat membantu dalam pengurangan sampah yang akan diolah lebih lanjut di TPA (Tempat Pemrosesan Akhir).

Pengolahan sampah di TPS 3R ini selanjutnya akan dipilah sesuai jenisnya organik dan anorganik. Sampah organik di beberapa TPS 3R Kabupaten Sleman dilakukan pengolahan pengomposan dan untuk makan ikan. Sedangkan sampah anorganik diambil kemudian dijual ke pengepul. Sampah-sampah yang telah dikelompokkan berdasarkan jenisnya akan dikirim oleh pengepul ke pabrik industri daur ulang.

Hasil identifikasi yang telah didapatkan dari wawancara secara tertulis, antara lain jumlah pelanggan, jumlah sampah yang masuk setiap hari, jumlah kendaraan yang ada serta jenis kendaraannya. Tidak hanya itu, tahapan pengolahannya juga dijelaskan pada setiap TPS 3R. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Profil Lokasi Penelitian 8 TPS 3R Kabupaten Sleman

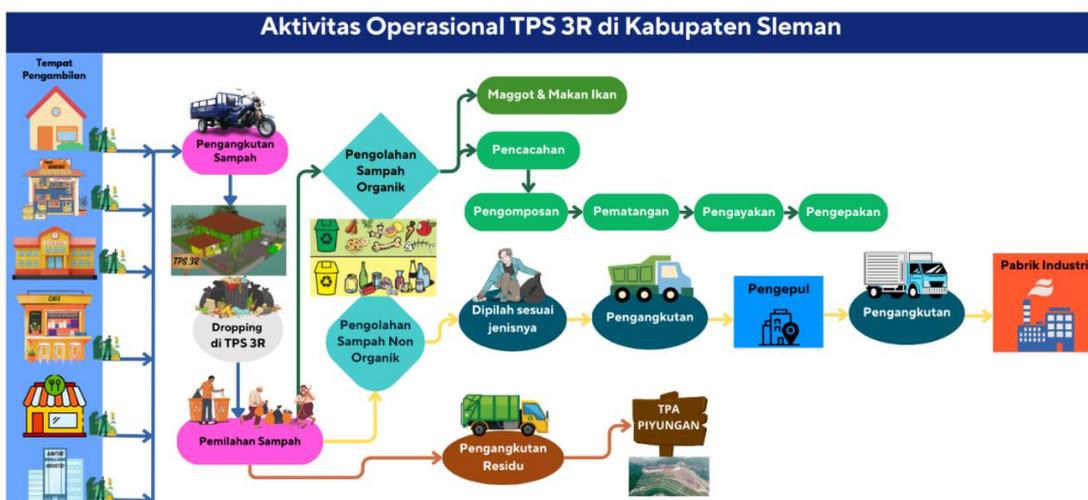
No.	Kategori	Nama TPS 3R	Jumlah Pelanggan	Jumlah sampah masuk	Jumlah kendaraan	Jenis Kendaraan	Tahapan Pengelolaan
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	400 KK	20 m ³ / 2hari	4 Unit	3 Motor sampah (Viar) & 1 Pickup	Pengangkutan - Pemilahan - Pengomposan -Pematangan - Pengayakan - (Pengemasan Kompos) - (Anorganik Pengepul) - Residu TPA
2		TPS 3R Randu Alas	370 KK	5 m ³ /hari	3 Unit	Motor Sampah (Viar)	Pengangkutan - Pemilahan - Organik Sisa Makanan untuk maggot & makan ikan - Pencacahan - Pengomposan - Pematangan - Pengayakan - (Pengemasan kompos) - (Anorganik Pengepul) - Residu TPA
3		TPS 3R Brama Muda	527 KK, 4 Sekolah, 5 Instansi/Kantor, 25 (Restoran, Kost & Toko), 6 Industri Rumahan	256 m ³ /bulan	5 Unit	Motor Sampah (Viar)	Pengangkutan - Pemilahan - Pencacahan - Pengomposan - Pematangan - Pengayakan - (Pengemasan Kompos) - (Anorganik Pengepul) - Residu TPA
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	150 KK	8 m ³ /hari	4 Unit	Motor Sampah (Viar)	Pengangkutan - Pemilahan - Pencacahan - Pembakaran - (Anorganik Pengepul) - Residu TPA
5		TPS 3R Mexicana	406 KK	16 m ³ /hari	4 Unit	Motor Sampah (Viar)	Pengangkutan - Pemilahan - Pencacahan - Pengomposan - Pematangan - Pengayakan - Pembakaran - (Anorganik Pengepul) - Residu TPA
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	350 KK	12 m ³ /hari	3 Unit	2 Motor sampah (Viar) & 1 Pickup	Pengangkutan - Pemilahan - Pengomposan - Pematangan - Pengayakan - (Pengemasan Kompos) - (Anorganik Pengepul) - Residu TPA
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	230 KK	15.000 Kg/bulan	3 Unit (1 Rusak)	Motor Sampah (Viar)	Pengangkutan - Pemilahan - Pencacahan - Pengomposan - Pematangan - Pengayakan - (Pengemasan kompos) - (Anorganik Pengepul) - Residu TPA
8		TPS 3R Gambir Asri	160 KK	48 m ³ /bulan	3 Unit	Motor Sampah (Viar)	Pengangkutan - Pemilahan - Pencacahan - Pengomposan - Pematangan - Pengayakan - (Pengemasan kompos) - (Anorganik Pengepul) - Residu TPA

Tabel 4. 2 Profil Pengepul dari 8 sampel lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman

No.	Nama Pengepul	Alamat	TPS 3R yang Diambil	Jenis Kendaraan
1	Pak Harno	Jl. Karangates, Tegalsari, Wedomartani, Kec. Ngemplak, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55584	TPS 3R Randu Alas	Pickup
			TPS 3R Brama Muda	
			TPS 3R Mexicana	
			TPS 3R GIAAAAAT	
2	Pak Yanto	Perumahan Cungkuk Kidul, Sariwanisan, Margorejo, Kec. Tempel, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55552	TPS 3R Bumdes Amarta	Pickup dan Truk
			TPS 3RCambahan Maju	
			TPS 3RKenanga Merdiko	
			TPS 3R Gambir Asri	

4.2. Aktivitas Operasional TPS 3R di Kabupaten Sleman

Aktivitas operasional TPS 3R di Kabupaten Sleman seperti pengumpulan, pengangkutan, penggunaan mesin-mesin, pengomposan dan pembakaran menimbulkan emisi gas rumah kaca diantaranya karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄) dan dinitrogen oksida (N₂O). Terdapat 8 titik sampel lokasi TPS 3R di Kabupaten Sleman untuk mengetahui kegiatan apa saja yang menghasilkan emisi gas rumah kaca. Aktivitas operasional secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Aktivitas Operasional TPS 3R, Pengepul Sampai ke Pabrik Industri Daur Ulang di Kabupaten Sleman

Berdasarkan dari gambar di atas, maka dapat dijelaskan aktivitas-aktivitas yang dilakukan sebagai berikut:

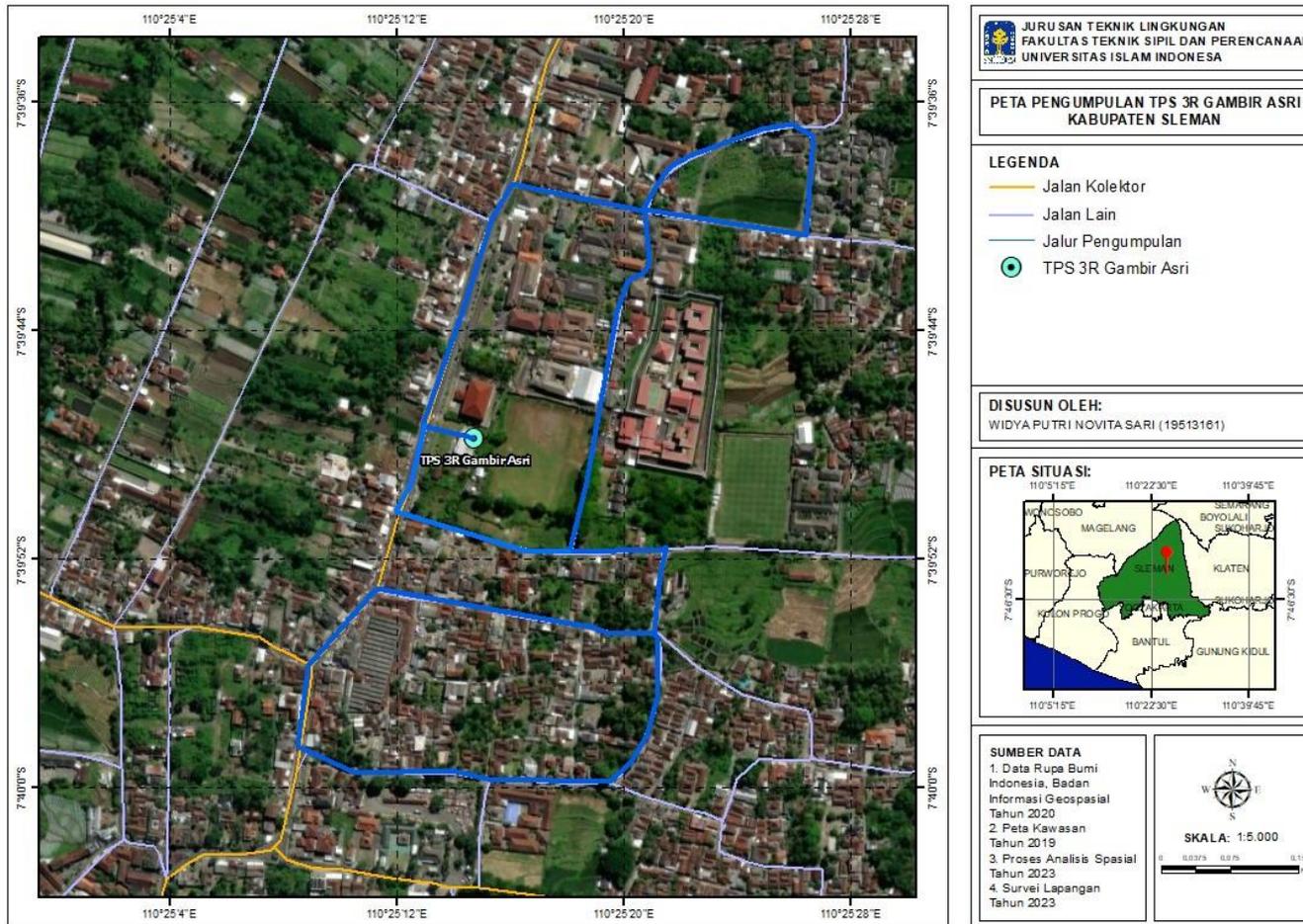
- Pengangkutan sampah
Pengangkutan sampah ini termasuk dalam pengumpulan dari sumber ke TPS 3R yang dilakukan setiap hari senin – sabtu menggunakan motor sampah roda tiga. Setiap rumah diambil dua hari atau tiga hari sekali, tergantung dari TPS 3R daerahnya masing-masing yang mengambilnya.
- Dropping sampah
Dropping merupakan penurunan sampah-sampah yang sudah diambil, kemudian motor sampah akan kembali mengambil sampah-sampah yang belum terangkut.
- Pemilahan sampah
Setelah sampah-sampah sudah diturunkan, maka akan dilakukan pemilahan secara manual oleh tenaga pemilah untuk memilah sampah organik dan non organik.
- Pengolahan sampah organik
Sampah organik ini berasal dari sisa makanan dapur. Sisa makanan seperti (nasi berkuah, sampah organik basah yang bau) dipisahkan untuk dijual sebagai campuran pembuatan pakan ikan. Kemudian sisa sampah organik yang layak akan dikomposkan dan yang tidak dikomposkan akan masuk ke area residu.
 - Pencacahan
Sampah organik yang layak dikomposkan akan dicacah, untuk mempercepat penghancuran sampah-sampah.
 - Pengomposan
Pengomposan dilakukan selama 30 hari – 40 hari. Selama proses pengomposan dilakukan pemantauan dengan memantau suhu tidak terlalu panas sehingga membutuhkan mikroorganisme dan bakteri yang berperan dalam pengomposan. Selain itu, menjaga kelembapan agar tidak terlalu basah dan kering.

- Pematangan
Setelah 30 hari – 40 hari, sampah organik dilakukan pematangan sekitar 10 harian agar hasilnya lebih maksimal.
- Pengayakan
Kompos yang telah dilakukan pematangan akan diayak.
- Pengepakan
Kompos yang telah diayak akan dilakukan pengepakan di kantong plastik yang kemudian akan dijual.
- Pengolahan sampah non organik
Sampah non organik yang telah terpilah kemudian akan di packing ke dalam karung-karung dan dilakukan pengepresan. Sampah non organik yang layak akan di jual kepada pengepul dan yang tidak layak akan masuk ke area residu.
- Pengangkutan residu
Residu merupakan sampah yang tidak dikomposkan dan tidak layak jual, yang kemudian akan diambil oleh truk Dinas Pemda Yogyakarta untuk di bawa ke TPA Piyungan. Pengambilan sampah residu dalam waktu satu minggu sekali di 8 titik sampel lokasi penelitian TPS 3R di Kabupaten Sleman.

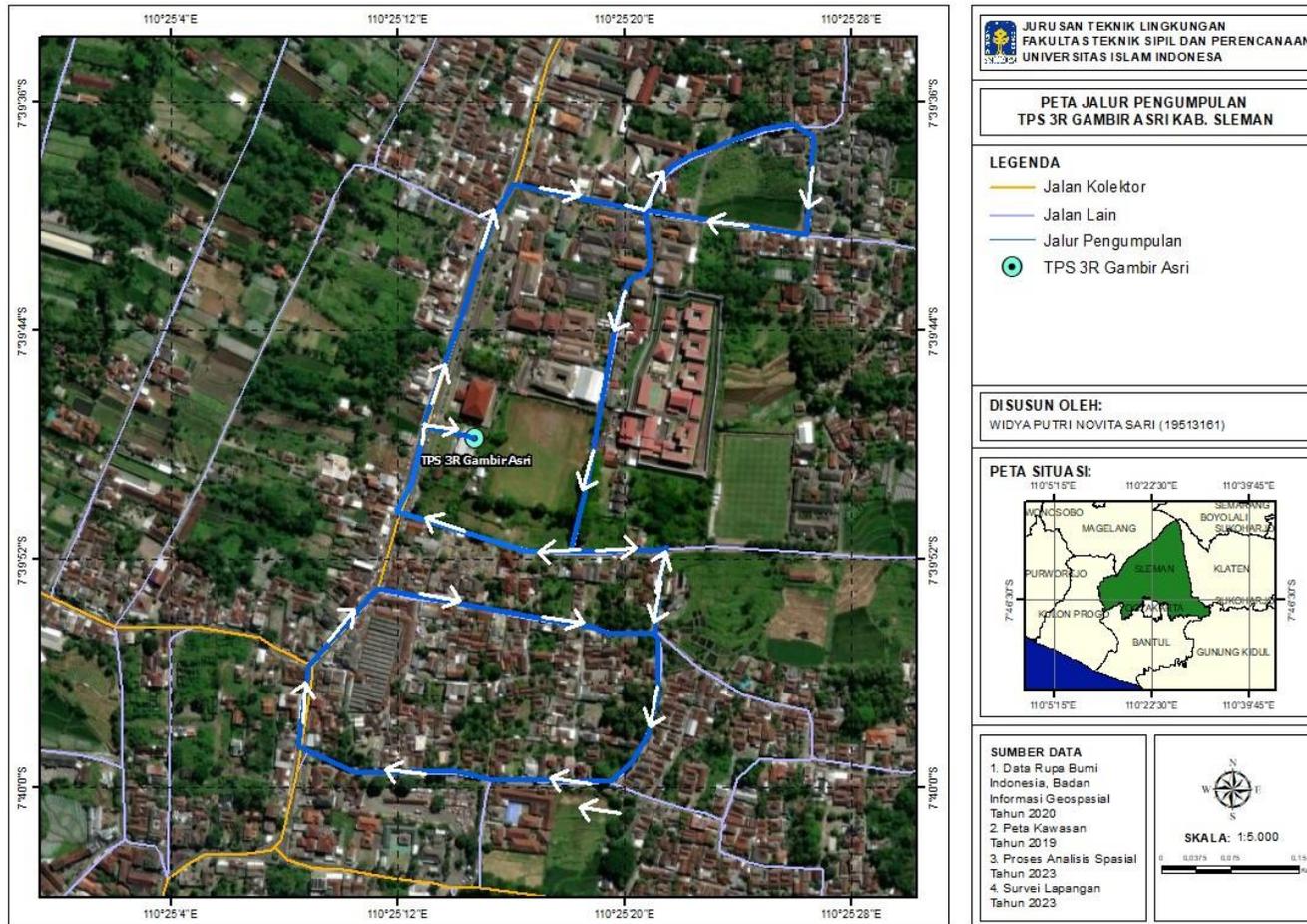
4.3. Potensi Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄, N₂O) dari Aktivitas Sumber ke TPS 3R Kabupaten Sleman

4.3.1 Aktivitas Pengumpulan

Perhitungan emisi GRK dari aktivitas pengumpulan sampah dari rumah ke rumah menuju ke TPS 3R menggunakan pendekatan berdasarkan jarak tempuh, konsumsi bahan bakar dan konsumsi energi. Pengumpulan di TPS 3R Kabupaten Sleman menggunakan kendaraan motor sampah (Viar) dan beberapa ada yang menggunakan pickup. Perhitungan aktivitas pengumpulan yang akan dihitung, yaitu emisi CO₂, CH₄ dan N₂O. Persamaan yang digunakan merujuk pada persamaan (3.4) dan persamaan (3.5).



Gambar 4. 2 Peta Contoh Jalur Pengumpulan di TPS 3R Gambir Asri Rute 1



Gambar 4. 3 Peta Contoh Jalur Pengumpulan di TPS 3R Gambir Asri Rute 1

Gambar 4.2 merupakan contoh jalur pengumpulan rute 1 pada TPS 3R Gambir Asri. Jalur pengumpulan pada TPS 3R Gambir Asri di bagi menjadi 3 Rute. Apabila jalur yang sama masih terdapat sampah yang belum terangkut, maka dilakukan pengambilan kembali.

a. Perhitungan Emisi CO₂

Perhitungan emisi CO₂ pada sektor transportasi dengan cara mengalikan rata-rata konsumsi bahan bakar dengan faktor emisi. Perhitungan yang digunakan berdasarkan rumus IPCC metode Tier-2. Faktor emisi yang digunakan pada bensin atau RON 92 yaitu 72.600 kg/TJ dan solar 74.433 kg/TJ. Untuk mendapatkan hasil emisi diperlukan nilai kalor juga sesuai dengan jenis bahan bakar yang digunakan. Perhitungan emisi CO₂ pada TPS 3R GIAAAAAT akan digunakan sebagai contoh perhitungan yang telah dilakukan, dengan menghasilkan emisi CO₂ pada pengumpulan dari sumber menuju TPS 3R sebesar 5.606,172 Kg/Tahun. Berikut hasil perhitungan emisi CO₂ di TPS 3R GIAAAAAT dalam waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 3 Nilai Emisi CO₂ di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman

Jenis Kendaraan	Jarak Tempuh Perminggu (Km)	Jenis Bahan Bakar		Konsumsi Bahan Bakar		Konsumsi Energi (TJ/Tahun)	Emisi (Kg/Tahun)	
				(Liter/Minggu) (dari data wawancara)	(Liter/Tahun)	b = A x nilai kalor	CO ₂	
		Sebutan Umumnya	Sebutan dalam Faktor Emisi		A		a	b = a x FE CO ₂
Motor Sampah (Barat)	42	Pertamax	RON 92	15	780	0,026	1.868,724	
Motor Sampah (Timur)	36	Pertamax	RON 92	10	520	0,017	1.245,816	
Pickup (Selatan)	72	Pertamax	RON 92	20	1.040	0,034	2.491,632	
Total								5.606,172

Contoh perhitungan Emisi CO₂ Motor Sampah (Barat):

- Konsumsi Energi (TJ/Tahun)

$$= \text{Konsumsi Bahan Bakar (Liter/Tahun)} \times \text{Nilai Kalor (TJ/Liter)}$$

$$= 780 \text{ TJ} \times (33 \times 10^{-6}) \text{ TJ/Liter}$$

$$= 0,026 \text{ TJ/Tahun}$$

- Emisi CO₂ (Kg/Tahun)
 - = Konsumsi Energi (TJ/Tahun) x FE CO₂
 - = 0,026 TJ/Tahun x 72.600 Kg/Tj
 - = 1.868,724 Kg/Tahun

Berdasarkan dari tabel diatas, jarak tempuh perminggu didapatkan dari jadwal pengumpulan perminggu (km) dikali dengan jarak tempuh perhari (km). Kemudian data (Liter/Tahun) didapatkan dari (Liter/Minggu) dikali jumlah minggu dalam 1 Tahun (52 Minggu). Hasil emisi terbesar terdapat pada jenis kendaraan Pickup (Selatan), karena jarak yang di tempuh lebih jauh dari Motor Sampah (Barat) dan Motor Sampah (Timur). Selain itu, penggunaan bahan bakarnya juga lebih banyak diantara Motor Sampah keduanya. Jumlah emisi CO₂ yang didapatkan, yaitu 5606,1720 (Kg/Tahun). Setelah didapatkan hasil tersebut maka akan dilakukan perhitungan nilai Global Warming Potential (GWP) dengan hasil emisi CO₂ dikalikan sesuai nilai GWP dan didapatkan hasil sebesar 5606,172 (Kg CO₂eq/Tahun).

Tabel 4. 4 Nilai GWP Emisi CO₂ di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman

Jenis Gas	Nilai GWP	Emisi (Kg/Tahun)	GWP (CO ₂) (Kg CO ₂ eq/Tahun)
	a	Pengangkutan Sumber – TPS 3R b	Pengangkutan Sumber – TPS 3R c = a x b
CO ₂	1	5.606,172	5.606,172

Contoh Perhitungan GWP CO₂:

- GWP CO₂ = Emisi (Kg/Tahun) x Nilai GWP CO₂
 - = 5.606,172 (Kg/Tahun) x 1 (Kg CO₂eq/Tahun).
 - = 5.606,172 (Kg CO₂eq/Tahun).

Berdasarkan data tabel 4.4 diatas, nilai GWP yang dihasilkan sama dengan nilai emisi (Kg/Tahun) GRKnya , karena dalam ketentuan nilai GWP untuk CO₂, yaitu 1. Sehingga hasil perkalian yang didapatkan sama nilai GWP CO₂, yaitu 5606,170 (Kg/CO₂eq/Tahun). Berikut merupakan total hasil perhitungan emisi gas rumah kaca (Kg/Tahun) dan (Kg CO₂eq/Tahun) CO₂ yang dihasilkan dari pengumpulan sumber ke TPS 3R di Kabupaten Sleman dalam kurun waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 5 Nilai Emisi CO₂ (Kg/Tahun) dan Nilai GWP CO₂ (Kg CO₂eq/Tahun) dari Aktivitas Pengumpulan di TPS 3R Kabupaten Sleman

No	Kategori	Nama	Emisi	GWP CO ₂ (Kg
			(Kg/Tahun)	CO ₂ eq/Tahun)
			CO ₂	CO ₂
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	3.737,448	3.737,448
2		TPS 3R Randu Alas	6.229,08	6.229,08
3		TPS 3R Brama Muda	1.619.561	1.619,561
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	872,071	872,071
5		TPS 3R Mexicana	7.474,896	7.474,896
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	5.606,172	5.606,172
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	2.491,724	2491,632
8		TPS 3R Gambir Asri	1.868,724	1.868,724
Total			29.899,584	29.899,584

Berdasarkan dari tabel 4.5 hasil perhitungan yang didapatkan GWP CO₂ terbesar terdapat pada TPS 3R Mexicana sebesar 7.474,896 (Kg CO₂eq/Tahun) dan nilai GWP terkecil pada TPS 3R Cambahan Maju 872,071 (Kg CO₂eq/Tahun). Hal tersebut karena penggunaan bahan bakar pada TPS 3R Mexicana lebih banyak daripada TPS 3R Cambahan Maju, sehingga emisi yang dihasilkan lebih besar. Bahan bakar yang digunakan TPS 3R GIAAAAAT, yaitu pertamax atau RON 92.

b. Perhitungan Emisi CH₄

Perhitungan emisi CH₄ pada sektor transportasi dengan cara mengalikan rata-rata konsumsi bahan bakar dengan faktor emisi.. Faktor emisi CH₄ yang digunakan pada bensin atau RON 92 yaitu 25 Kg/TJ dan solar 3,9 Kg/TJ. Untuk mendapatkan hasil emisi diperlukan nilai kalor juga

sesuai dengan jenis bahan bakar yang digunakan. Perhitungan emisi CH₄ pada TPS 3R GIAAAAAT akan digunakan sebagai contoh perhitungan yang telah dilakukan, dengan menghasilkan emisi gas rumah kaca CH₄ pada pengumpulan dari sumber menuju TPS 3R sebesar 1.9305 Kg/Tahun. Berikut hasil perhitungan emisi CH₄ di TPS 3R GIAAAAAT dalam waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 6 Nilai Emisi CH₄ di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman

Jenis Kendaraan	Jarak Tempuh Perminggu (Km)	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar		Konsumsi Energi (TJ/Tahun)	Emisi (Kg/Tahun)
			(Liter/Minggu) (dari data)	(Liter/Tahun)	b = A x nilai kalor	CH ₄
		Sebutan dalam Faktor Emisi		A	a	c= a x FE CH ₄
Motor Sampah (Barat)	42	RON 92	15	780	0,026	0,643
Motor Sampah (Timur)	36	RON 92	10	520	0,017	0,429
Pickup (Selatan)	72	RON 92	20	1.040	0,034	0,858
Total						1,93

Contoh perhitungan Emisi CH₄ Motor Sampah (Barat):

- Konsumsi Energi (TJ/Tahun)
 - = Konsumsi Bahan Bakar (Liter/Tahun) x Nilai Kalor (TJ/Liter)
 - = 780 TJ x (33x10⁻⁶) TJ/Liter
 - = 0,026 TJ/Tahun
- Emisi CH₄ (Kg/Tahun)
 - = Konsumsi Energi (TJ/Tahun) x FE CH₄
 - = 0,026 TJ/Tahun x 25 Kg/Tj
 - = 0,643 Kg/Tahun

Berdasarkan dari tabel 4.6 diatas, jarak tempuh perminggu didapatkan dari jadwal pengangkutan perminggu (km) dikali dengan jarak tempuh perhari (km). Kemudian data (Liter/Tahun) didapatkan dari (Liter/Minggu) dikali jumlah minggu dalam 1 Tahun (52 Minggu). Hasil

emisi terbesar terdapat pada jenis kendaraan Pickup (Selatan), karena jarak yang di tempuh lebih jauh dan penggunaan bahan bakarnya lebih banyak dari Motor Sampah (Barat) dan Motor Sampah (Timur). Jumlah emisi CH₄ yang dihasilkan, yaitu sebesar 1,93 (Kg/Tahun). Setelah didapatkan hasil tersebut maka akan dilakukan perhitungan nilai Global Warming Potential (GWP) dengan hasil emisi CH₄ dikalikan sesuai nilai GWP dan didapatkan hasil sebesar 57,529 (Kg CO₂eq/Tahun).

Tabel 4. 7 Nilai GWP Emisi CH₄ di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman

Jenis Gas	Nilai GWP	Emisi (Kg/Tahun)	GWP CH ₄ (Kg CO ₂ eq/Tahun).
	a	Pengangkutan Sumber – TPS 3R	Pengangkutan Sumber – TPS 3R
		b	c = a x b
CH ₄	29,8	1,93	57,529

Contoh Perhitungan GWP CH₄:

- $$\begin{aligned} \text{GWP CH}_4 &= \text{Emisi (Kg/Tahun)} \times \text{Nilai GWP CH}_4 \\ &= 1,93(\text{Kg/Tahun}) \times 29,8 (\text{Kg CO}_2\text{eq/Tahun}). \\ &= 57,529 (\text{Kg CO}_2\text{eq/Tahun}). \end{aligned}$$

Berikut merupakan total hasil perhitungan emisi gas rumah kaca CH₄ (Kg/Tahun) dan CH₄ (Kg CO₂eq/Tahun) yang dihasilkan dari pengumpulan sumber ke TPS 3R di Kabupaten Sleman dalam kurun waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 8 Nilai Emisi CH₄ (Kg/Tahun) dan CH₄ (Kg CO₂eq/Tahun) dari Aktivitas Pengumpulan di TPS 3R Kabupaten Sleman

No	Kategori	Nama	Emisi (Kg/Tahun)	WP CH ₄ (kgCO ₂ eq/tahun)
			CH ₄	CH ₄
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	1,287	38,326
2		TPS 3R Randu Alas	2,145	63,921
3		TPS 3R Brama Muda	0,558	16,619
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	0,3	8,949
5		TPS 3R Mexicana	2,574	76,705

Lanjutan Tabel 4.8

No	Kategori	Nama	Emisi (Kg/Tahun)	WP CH ₄ (kgCO ₂ eq/tahun)
			CH ₄	CH ₄
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	1,93	57,529
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	0,858	25,568
8		TPS 3R Gambir Asri	0,643	19,176
Total			10,296	306,821

Berdasarkan dari tabel 4.8 diatas, hasil perhitungan yang didapatkan emisi CH₄ terbesar terdapat pada TPS 3R Mexicana sebesar 2,574 Kg/Tahun dan yang terkecil emisi CH₄ nya pada TPS 3R Cambahan Maju 0,3 Kg/Tahun. Hal tersebut karena penggunaan bahan bakar pada TPS 3R Mexicana lebih banyak, sehingga emisi yang dihasilkan lebih besar.

Selanjutnya hasil perhitungan emisi yang sudah didapatkan dihitung kembali untuk mendapatkan nilai GWP CH₄. Hasil yang telah didapatkan nilai GWP CH₄ terbesar pada TPS 3R Mexicana 76,705 (Kg CO₂eq/Tahun) dan nilai GWP CH₄ terkecil pada TPS 3R Cambahan Maju 8,949 (Kg CO₂eq/Tahun). Hal tersebut karena penggunaan bahan bakar yang lebih banyak pada TPS 3R Mexicana daripada TPS 3R Cambahan Maju.

c. Perhitungan Emisi N₂O

Perhitungan emisi N₂O pada sektor transportasi dengan cara mengalikan rata-rata konsumsi bahan bakar dengan faktor emisi. Faktor emisi N₂ O yang digunakan pada bensin atau RON 92 yaitu 8 Kg/TJ dan solar 3,9 Kg/TJ. Untuk mendapatkan hasil emisi diperlukan nilai kalor juga sesuai dengan jenis bahan bakar yang digunakan. Perhitungan emisi N₂O pada TPS 3R GIAAAAAT akan digunakan sebagai contoh perhitungan yang telah dilakukan, dengan menghasilkan emisi N₂O pada pengumpulan dari sumber menuju TPS 3R sebesar 0,6178 Kg/Tahun. Berikut hasil perhitungan emisi N₂O di TPS 3R GIAAAAAT dalam waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 9 Nilai Emisi N₂O di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman

Jenis Kendaraan	Jarak tempuh perminggu (Km)	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar		Konsumsi Energi (TJ/Tahun)	Emisi (Kg/Tahun)
			(Liter/Minggu) (dari data wawancara)	(Liter/Tahun)	b = A x nilai kalor	N ₂ O
					a	
Motor Sampah (Barat)	42	RON 92	15	780	0,026	0,206
Motor Sampah (Timur)	36	RON 92	10	520	0,017	0,137
Pickup (Selatan)	72	RON 92	20	1.040	0,034	0,275
Total						0,618

Contoh perhitungan Emisi N₂O Motor Sampah (Barat):

- Konsumsi Energi (TJ/Tahun)
 - = Konsumsi Bahan Bakar (Liter/Tahun) x Nilai Kalor (TJ/Liter)
 - = 780 TJ x (33x10⁻⁶) TJ/Liter
 - = 0,026 TJ/Tahun
- Emisi N₂O (Kg/Tahun)
 - = Konsumsi Energi (TJ/Tahun) x FE N₂O
 - = 0,026 TJ/Tahun x 8 Kg/Tj
 - = 0.206 Kg/Tahun

Berdasarkan dari tabel 4.9 diatas, jarak tempuh perminggu didapatkan dari jadwal pengangkutan perminggu (km) dikali dengan jarak tempuh perhari (km). Kemudian data (Liter/Tahun) didapatkan dari (Liter/Minggu) dikali jumlah minggu dalam 1 Tahun (52 Minggu). Hasil emisi terbesar terdapat pada jenis kendaraan Pickup (Selatan), karena jarak yang di tempuh lebih jauh dari Motor Sampah (Barat) dan Motor Sampah (Timur). Selain itu, penggunaan bahan bakarnya juga lebih banyak diantara Motor Sampah keduanya. Jumlah emisi N₂O yang dihasilkan, yaitu sebesar 0.6178 (Kg/Tahun). Setelah didapatkan hasil tersebut maka akan dilakukan perhitungan nilai Global Warming Potential (GWP) dengan hasil emisi

N₂O dikalikan sesuai nilai GWP dan didapatkan hasil sebesar 168.64848 (Kg N₂Oeq/Tahun).

Tabel 4. 10 Nilai GWP Emisi N₂O di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman

Jenis Gas	Nilai GWP	Emisi (Kg/Tahun)	GWP N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun)
	a	Pengangkutan Sumber – TPS 3R b	Pengangkutan Sumber – TPS 3R c = a x b
N ₂ O	273	0,618	168,648

Contoh Perhitungan GWP N₂O:

- $GWP N_2O = Emisi (Kg/Tahun) \times Nilai\ GWP\ CH_4$
 $= 0,618 (Kg/Tahun) \times 29,8 (Kg\ CO_2eq/Tahun).$
 $= 168,648 (Kg\ CO_2eq/Tahun).$

Berikut merupakan total hasil perhitungan emisi gas rumah kaca N₂O yang dihasilkan dari pengangkutan sumber ke TPS 3R di Kabupaten Sleman dalam kurun waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 11 Nilai Emisi N₂O (Kg/Tahun) dan GWP N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) dari Aktivitas Pengumpulan di TPS 3R Kabupaten Sleman

No	Kategori	Nama	Emisi (Kg/Tahun)	WP N ₂ O(kg CO ₂ eq/tahun)
			N ₂ O	N ₂ O
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	0,412	112,432
2		TPS 3R Randu Alas	0,687	187,387
3		TPS 3R Brama Muda	0,178	48,721
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	0,096	26,234
5		TPS 3R Mexicana	0,824	224,864
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	0,619	168,648
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	0,274	74,954
8		TPS 3R Gambir Asri	0,205	56,216
Total			3,294	899,458

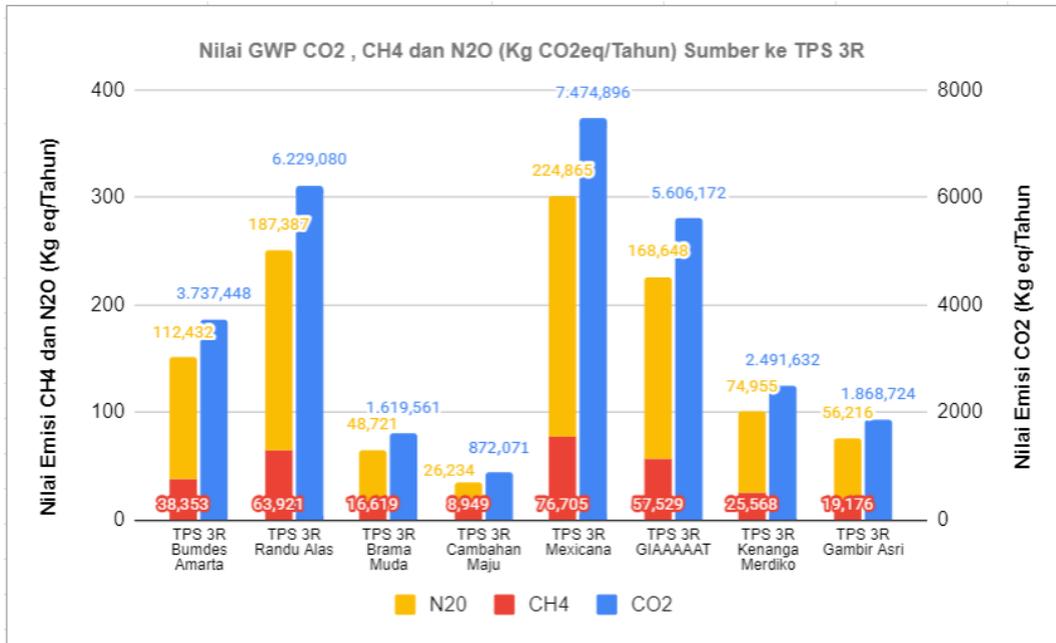
Berdasarkan dari tabel 4.11 diatas, hasil perhitungan yang didapatkan emisi N₂O terbesar terdapat pada TPS 3R Mexicana sebesar

0,824 Kg/Tahun dan yang terkecil emisi N₂O nya pada TPS 3R Cambahan Maju 0,096 Kg/Tahun. Hal tersebut karena penggunaan bahan bakar pada TPS 3R Mexicana lebih banyak, sehingga emisi yang dihasilkan lebih besar.

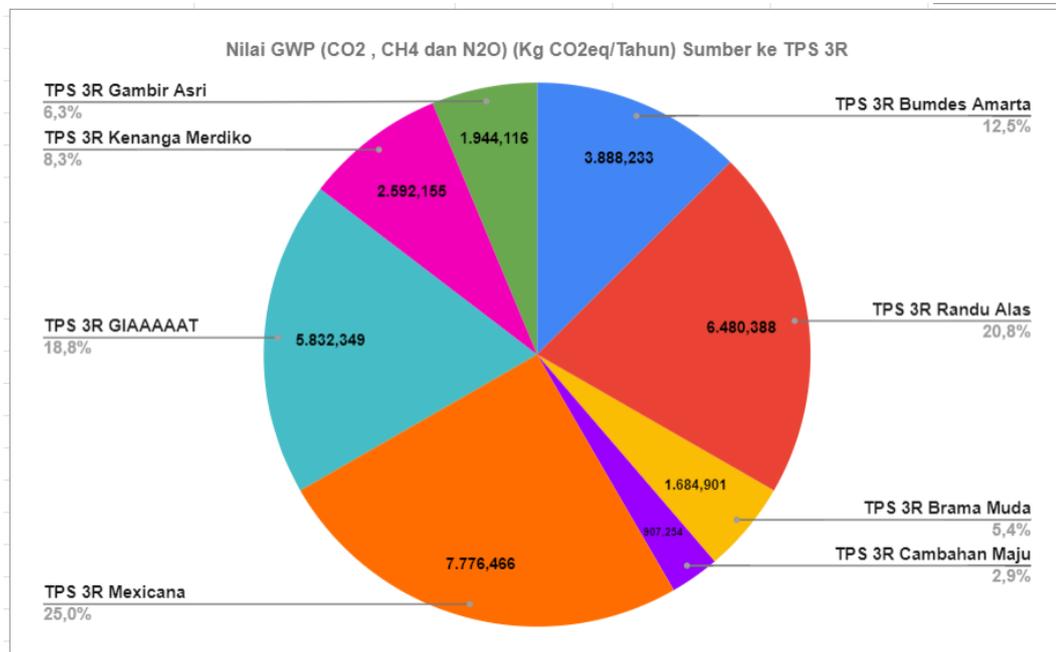
Selanjutnya hasil perhitungan emisi yang sudah didapatkan dihitung kembali untuk mendapatkan nilai GWP N₂O. Hasil yang telah didapatkan nilai GWP N₂O terbesar pada TPS 3R Mexicana 224,864 (Kg CO₂eq/Tahun) dan nilai GWP N₂O terkecil pada TPS 3R Cambahan Maju 26,234 (Kg CO₂eq/Tahun). Hal tersebut karena penggunaan bahan bakar yang lebih banyak pada TPS 3R Mexicana daripada TPS 3R Cambahan Maju.

Tabel 4. 12 Nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O dari Aktivitas Pengumpulan di 8 Titik Sampel Lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman

No	Kategori	Nama	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	3.737,448	38,352	112,432	3.888,233
2		TPS 3R Randu Alas	6.229,08	63,921	187,387	6.480,388
3		TPS 3R Brama Muda	1.619,561	16,619	48,721	1.684,901
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	872,071	8,948	26,234	907,254
5		TPS 3R Mexicana	7.474,896	76,705	224,864	7.776,466
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	5.606,172	57,528	168,648	5.832,349
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	2.491,632	25,568	74,954	2.592,155
8		TPS 3R Gambir Asri	1.868,724	19,176	56,216	1.944,116
Total			29.899,584	306,821	899,458	31.105,86



Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O dari Aktivitas Pengumpulan di 8 Titik Sampel Lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman



Gambar 4. 5 Total GWP (CO₂, CH₄, N₂O) (Kg CO₂eq/Tahun) dari Aktivitas Pengumpulan di 8 TPS 3R Kabupaten Sleman

Berdasarkan gambar 4.5, terdapat hasil penelitian untuk semua nilai total GWP CO₂, CH₄, N₂O di 8 titik sampel TPS 3R Kabupaten Sleman dengan nilai GWP tertinggi terdapat di TPS 3R Mexicana dan nilai GWP terendah di TPS 3R Cambahan Maju. Hal tersebut dikarenakan konsumsi bahan bakar yang digunakan lebih banyak dan jarak tempuh yang lebih jauh.

4.3.2 Aktivitas Operasional Mesin

Persamaan yang digunakan merujuk pada (3.2) dan persamaan (3.3).

a. Perhitungan Emisi CO₂

Perhitungan emisi CO₂ pada aktivitas di operasional TPS 3R ini terdapat beberapa macam penggunaan mesin, antara lain pencacah, pemilah dan pengayakan. Bahan bakar yang digunakan pada mesin, yaitu solar. Faktor emisi CO₂ yang digunakan solar (HSD/ADO) yaitu 74.100 Kg/TJ. Untuk mendapatkan hasil emisi diperlukan nilai kalor juga sesuai dengan jenis bahan bakar yang digunakan. Perhitungan emisi CO₂ pada TPS 3R GIAAAAAT akan digunakan sebagai contoh perhitungan yang telah dilakukan, dengan menghasilkan emisi CO₂ pada operasional mesin TPS 3R sebesar 2.667,6 Kg/Tahun. Berikut hasil perhitungan emisi CO₂ di TPS 3R GIAAAAAT dalam waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 13 Emisi CO₂ (Kg/Tahun) pada Operasional Mesin di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman

Jenis Mesin	Durasi Pemakaian (Jam/Bulan)	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar		Konsumsi Energi (TJ/Tahun)	Emisi (Kg/Tahun)
			(Liter/Bulan)	(Liter/Tahun)		CO ₂
			(dari data)	A	$b = A \times \text{nilai kalor}$	$b = a \times \text{FE CO}_2$
Pencacah	16	Solar (HSD/ADO)	27	320	0,011	853,632
Pemilah	28	Solar (HSD/ADO)	47	560	0,02	1.493,856
Pengayakan	6	Solar (HSD/ADO)	10	120	0,004	320,112
Total						2.667,6

Contoh perhitungan emisi CO₂ Pencacah:

- Konsumsi Energi (TJ/Tahun)
 - = Konsumsi Bahan Bakar (Liter/Tahun) x Nilai Kalor (TJ/Liter)
 - = 732 TJ x (36x10⁻⁶) TJ/Liter
 - = 0,011 TJ/Tahun
- Emisi (Kg/Tahun)
 - = Konsumsi Energi (TJ/Tahun) x FE CO₂
 - = 0,011 TJ/Tahun x 74100 Kg/Tj
 - = 853,632 Kg/Tahun

Berdasarkan hasil perhitungan tabel 4.13 di atas, nilai emisi CO₂ terbesar terdapat pada mesin pemilah, yaitu 1.493,856 Kg/Tahun dengan menggunakan bahan bakar solar (HSD/ADO). Hal tersebut karena bahan bakar yang digunakan lebih banyak dan durasi pemakaian yang lebih lama diantara mesin pencacah dan mesin pengayakan. Jumlah emisi CO₂ pada operasional ketiga mesin sebesar 2.667,6 Kg/Tahun. Setelah didapatkan hasil tersebut maka akan dilakukan perhitungan nilai Global Warming Potential (GWP) dengan hasil emisi CO₂ dikalikan sesuai nilai GWP dan didapatkan hasil sebesar 2.667,6 (Kg CO₂eq/Tahun).

Tabel 4. 14 Nilai GWP (CO₂)di TPS 3R GIAAAAAT

Jenis Gas	Nilai GWP	Jumlah Gas	GWP (CO ₂) (Kg CO ₂ eq/Tahun)
	a	b	c = a x b
CO ₂	1	2.667,6	2.667,6

Contoh Perhitungan GWP CO₂:

- GWP CO₂ = Emisi (Kg/Tahun) x Nilai GWP CO₂
 - = 2.667,6 (Kg/Tahun) x 1 (Kg CO₂eq/Tahun).
 - =2.667,6 (Kg CO₂eq/Tahun).

Berikut merupakan total hasil perhitungan emisi gas rumah kaca CO₂ yang dihasilkan dari operasional penggunaan mesin di TPS 3R Kabupaten Sleman dalam kurun waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 15 Nilai Emisi CO₂ (Kg/Tahun) dan Nilai GWP CO₂ (kg CO₂eq/tahun) pada Operasional Mesin di TPS 3R Kabupaten Sleman

No	Kategori	Nama	Emisi (Kg/Tahun)	WP CO ₂ (kg CO ₂ eq/tahun)
			CO ₂	CO ₂
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	2.934,36	2.934,36
2		TPS 3R Randu Alas	1.280,448	1.280,448
3		TPS 3R Brama Muda	5.762,016	5.762,016
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	693,576	693,576
5		TPS 3R Mexicana	3.841,344	3.841,344
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	2.667,6	2.667,6
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	426,816	426,816
8		TPS 3R Gambir Asri	1.628,923	1.628,923
Total			19.235,083	19.235,083

Berdasarkan dari tabel 4.15 diatas, nilai emisi CO₂ terbesar terdapat pada TPS 3R Brama Muda sebesar 576,016 Kg/Tahun dan emisi CO₂ terkecil terdapat pada TPS 3R Kenanga Merdiko sebesar 426,816 Kg/Tahun. Selanjutnya perhitungan emisi yang sudah didapatkan dihitung kembali untuk mendapatkan nilai GWP CO₂. Hasil yang telah didapatkan nilai GWP CO₂ terbesar pada TPS 3R Brama Muda sebesar 5.762,016 (Kg CO₂eq/Tahun) dan nilai GWP CO₂ terkecil pada TPS 3R Kenanga Merdiko 426,816 (Kg CO₂eq/Tahun). Hal tersebut karena penggunaan bahan bakar yang lebih banyak pada TPS 3R Brama Muda daripada TPS 3R Kenanga Merdiko serta durasi penggunaan mesinnya.

b. Perhitungan Emisi CH₄

Perhitungan emisi CH₄ pada aktivitas di operasional TPS 3R ini terdapat beberapa macam penggunaan mesin, antara lain pencacah, pemilah dan pengayakan. Bahan bakar yang digunakan pada mesin, yaitu solar. Faktor emisi CH₄ yang digunakan solar (HSD/ADO) yaitu 3 Kg/TJ

dan untuk mendapatkan hasil emisi diperlukan nilai kalor juga sesuai dengan jenis bahan bakar yang digunakan. Perhitungan emisi CH₄ pada TPS 3R GIAAAAAT akan digunakan sebagai contoh perhitungan yang telah dilakukan, dengan menghasilkan emisi CH₄ pada operasional mesin TPS 3R sebesar 0,108 Kg/Tahun. Berikut hasil perhitungan emisi CH₄ di TPS 3R GIAAAAAT dalam waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 16 Emisi CH₄ (Kg/Tahun) dan Nilai GWP CO₂ (kg CH₄eq/tahun) Operasional Mesin di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman

Jenis Mesin	Durasi Pemakaian (Jam/Bulan)	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar		Konsumsi Energi (TJ/Tahun)	Emisi (Kg/Tahun)
			(Liter/Bulan) (dari data)	(Liter/Tahun)	b = A x nilai kalor	c= a x FE CH ₄
				A	a	
Pencacah	16	Solar (HSD/ADO)	27	320	0,011	0,034
Pemilah	28	Solar (HSD/ADO)	47	560	0,02	0,06
Pengayakan	6	Solar (HSD/ADO)	10	120	0,004	0,012
Total						0,108

Contoh perhitungan Emisi CH₄ Pencacah:

- Konsumsi Energi (TJ/Tahun)
 - = Konsumsi Bahan Bakar (Liter/Tahun) x Nilai Kalor (TJ/Liter)
 - = 320 TJ x (36x10⁻⁶) TJ/Liter
 - = 0,011 TJ/Tahun
- Emisi CH₄ (Kg/Tahun)
 - = Konsumsi Energi (TJ/Tahun) x FE CH₄
 - = 0,011 TJ/Tahun x 3 Kg/Tj
 - =0,034 Kg/Tahun

Berdasarkan hasil perhitungan tabel 4.16 di atas, nilai emisi CH₄ terbesar terdapat pada mesin pemilah, yaitu 0,06 Kg/Tahun dengan menggunakan bahan bakar solar (HSD/ADO). Hal tersebut karena bahan

bakar yang digunakan lebih banyak dan durasi pemakaian yang lebih lama diantara mesin pencacah dan mesin pengayakan. Jumlah emisi CH₄ pada operasional ketiga mesin sebesar 0,108 Kg/Tahun. Setelah didapatkan hasil tersebut maka akan dilakukan perhitungan nilai Global Warming Potential (GWP) dengan hasil emisi CH₄ dikalikan sesuai nilai GWP dan didapatkan hasil sebesar 2.268 (Kg CO₂eq/Tahun).

Tabel 4. 17 Nilai GWP CH₄ di TPS 3R GIAAAAAT

Jenis Gas	Nilai GWP	Emisi (Kg/Tahun)	GWP (CH ₄) (Kg CO ₂ eq/Tahun)
	a	b	c = a x b
CH ₄	29,8	0,108	3,218

Contoh Perhitungan GWP CH₄:

- $$\begin{aligned} \text{GWP CH}_4 &= \text{Emisi (Kg/Tahun)} \times \text{Nilai GWP CH}_4 \\ &= 0,108 \text{ (Kg/Tahun)} \times 29,8 \text{ (Kg CO}_2\text{eq/Tahun)}. \\ &= 3,218 \text{ (Kg CO}_2\text{eq/Tahun)}. \end{aligned}$$

Berikut merupakan total hasil perhitungan emisi gas rumah kaca CH₄ yang dihasilkan dari operasional penggunaan mesin di TPS 3R Kabupaten Sleman dalam kurun waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 18 Nilai Emisi CH₄ (Kg/Tahun) dan Nilai GWP CH₄ (kg CO₂eq/tahun) pada Operasional Mesin di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman

No	Kategori	Nama	Emisi (Kg/Tahun)	WP CH ₄ (kg CO ₂ eq/tahun)
			CH ₄	CH ₄
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	0,118	3,54
2		TPS 3R Randu Alas	0,051	1,544
3		TPS 3R Brama Muda	0,233	6,951
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	0,028	0,836
5		TPS 3R Mexicana	0,155	4,634
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	0,108	3,218
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	0,017	0,514
8		TPS 3R Gambir Asri	0,059	1,758
Total			0,771	23,0001

Berdasarkan dari tabel 4.18 diatas, nilai emisi (Kg/Tahun) CH₄ terbesar terdapat pada TPS 3R Brama Muda sebesar 0,233 Kg/Tahun dan emisi CH₄ terkecil terdapat pada TPS 3R Kenanga Merdiko sebesar 0,017 Kg/Tahun. Selanjutnya, perhitungan emisi yang sudah didapatkan dihitung kembali untuk mendapatkan nilai GWP CH₄. Hasil yang telah didapatkan nilai GWP CH₄ terbesar pada TPS 3R Brama Muda sebesar 6,951 (Kg CO₂eq/Tahun) dan nilai GWP CH₄ terkecil pada TPS 3R Kenanga Merdiko 0,514 (Kg CO₂eq/Tahun). Hal tersebut karena penggunaan bahan bakar yang lebih banyak pada TPS 3R Brama Muda daripada TPS 3R Kenanga Merdiko serta durasi penggunaan mesinnya.

c. Perhitungan Emisi N₂O

Perhitungan emisi N₂O pada aktivitas di operasional TPS 3R ini terdapat beberapa macam penggunaan mesin, antara lain pencacah, pemilah dan pengayakan. Bahan bakar yang digunakan pada mesin, yaitu solar. Faktor emisi N₂O yang digunakan solar (HSD/ADO) yaitu 0,6 Kg/TJ. Untuk mendapatkan hasil emisi diperlukan nilai kalor juga sesuai dengan jenis bahan bakar yang digunakan. Perhitungan emisi N₂O pada TPS 3R GIAAAAAT akan digunakan sebagai contoh perhitungan yang telah dilakukan, dengan menghasilkan emisi N₂O pada operasional mesin TPS 3R sebesar 0.0216 Kg/Tahun. Berikut hasil perhitungan emisi N₂O di TPS 3R GIAAAAAT dalam waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 19 Emisi N₂O (Kg/Tahun) pada Operasional Mesin di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman

Jenis Mesin	Durasi Pemakaian (Jam/Bulan)	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar		Konsumsi Energi (TJ)	Emisi (Kg/Tahun)
			(Liter/Bulan) (dari data)	(Liter/Tahun)	b = A x nilai kalor	N ₂ O
				A		
Pencacah	16	Solar (HSD/ADO)	27	320	0,011	0,006
Pemilah	28	Solar (HSD/ADO)	47	560	0,02	0,012

Lanjutan Tabel 4.19

Jenis Mesin	Durasi Pemakaian (Jam/Bulan)	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar		Konsumsi Energi (TJ)	Emisi (Kg/Tahun)
			(Liter/Bulan) (dari data)	(Liter/Tahun)	$b = A \times \text{nilai kalor}$	N_2O
				A	a	$d = a \times FE N_2O$
Pengayakan	6	Solar (HSD/ADO)	10	120	0,004	0,002
Total						0,021

Contoh perhitungan Emisi N₂O Motor Sampah (Barat):

- Konsumsi Energi (TJ/Tahun)
 $= \text{Konsumsi Bahan Bakar (Liter/Tahun)} \times \text{Nilai Kalor (TJ/Liter)}$
 $= 320 \text{ TJ} \times (36 \times 10^{-6}) \text{ TJ/Liter}$
 $= 0,011 \text{ TJ/Tahun}$
- Emisi N₂O (Kg/Tahun)
 $= \text{Konsumsi Energi (TJ/Tahun)} \times FE CH_4$
 $= 0,011 \text{ TJ/Tahun} \times 25 \text{ Kg/Tj}$
 $= 0,006 \text{ Kg/Tahun}$

Berdasarkan hasil perhitungan tabel 4.19 di atas, nilai emisi N₂O terbesar terdapat pada mesin pemilah, yaitu 0,012 Kg/Tahun dengan menggunakan bahan bakar solar (HSD/ADO). Hal tersebut karena bahan bakar yang digunakan lebih banyak dan durasi pemakaian yang lebih lama diantara mesin pencacah dan mesin pengayakan. Jumlah emisi N₂O pada operasional ketiga mesin sebesar 0,021 Kg/Tahun. Setelah didapatkan hasil tersebut maka akan dilakukan perhitungan nilai Global Warming Potential (GWP) dengan hasil emisi N₂O dikalikan sesuai nilai GWP dan didapatkan hasil sebesar 5,896 (Kg CO₂eq/Tahun).

Tabel 4. 20 Nilai GWP N₂O di TPS 3R GIAAAAAT

Jenis Gas	Nilai GWP	Jumlah Gas	GWP N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun)
	a	b	$c = a \times b$
N ₂ O	273	0,021	5,896

Contoh Perhitungan GWP CH₄:

- $$\begin{aligned} \text{GWP N}_2\text{O} &= \text{Emisi (Kg/Tahun)} \times \text{Nilai GWP N}_2\text{O} \\ &= 0,021 \text{ (Kg/Tahun)} \times 273 \text{ (Kg CO}_2\text{eq/Tahun)}. \\ &= 5,896 \text{ (Kg CO}_2\text{eq/Tahun)} \end{aligned}$$

Berikut merupakan total hasil perhitungan emisi gas rumah kaca N₂O yang dihasilkan dari operasional penggunaan mesin di TPS 3R Kabupaten Sleman dalam kurun waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 21 Nilai Emisi N₂O (Kg/Tahun) dan Nilai GWP N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) pada Operasional Mesin di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman

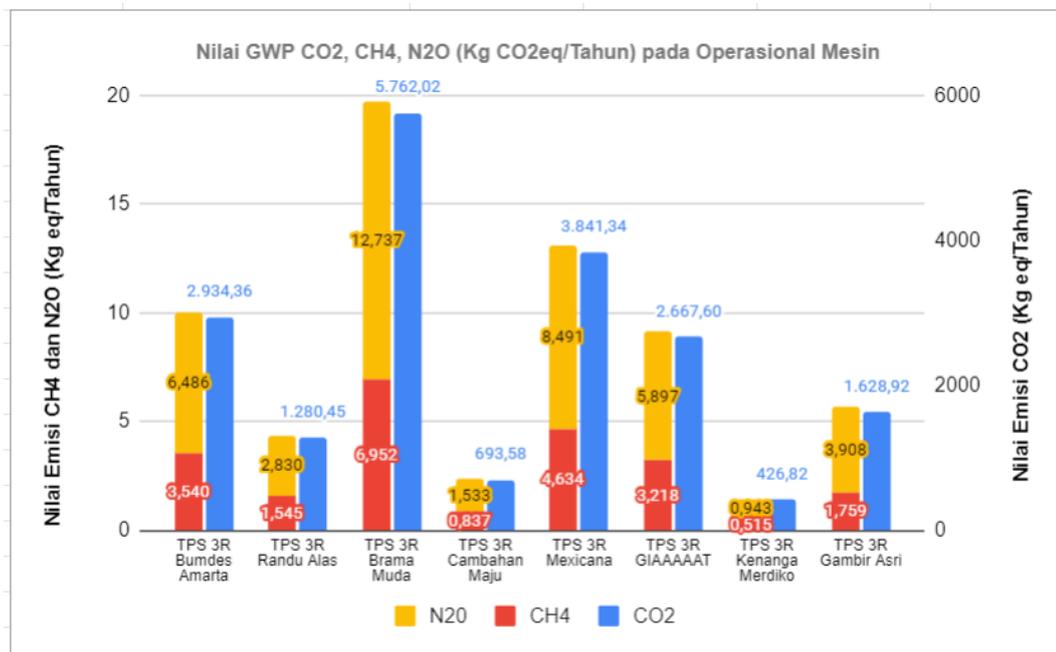
No	Kategori	Nama	Emisi (Kg/Tahun)	GWP N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun)
			N ₂ O	N ₂ O
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	0,023	6,486
2		TPS 3R Randu Alas	0,01	2,830
3		TPS 3R Brama Muda	0,046	12,737
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	0,005	1,533
5		TPS 3R Mexicana	0,031	8,491
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	0,021	5,896
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	0,003	0,943
8		TPS 3R Gambir Asri	0,014	3,907
Total			0,156	42,826

Berdasarkan dari tabel 4.21 diatas, nilai emisi N₂O terbesar terdapat pada TPS 3R Brama Muda sebesar 0,046 Kg/Tahun dan emisi N₂O terkecil terdapat pada TPS 3R Kenanga Merdiko sebesar 0,003 Kg/Tahun. Selanjutnya perhitungan emisi yang sudah didapatkan dihitung kembali untuk mendapatkan nilai GWP N₂O. Hasil yang telah didapatkan nilai GWP N₂O terbesar pada TPS 3R Brama Muda sebesar 12,737 (Kg CO₂eq/Tahun) dan nilai GWP N₂O terkecil pada TPS 3R Kenanga Merdiko 1,071 (Kg N₂Oeq/Tahun). Hal tersebut karena penggunaan bahan bakar yang lebih banyak pada TPS 3R Brama Muda daripada TPS 3R Kenanga Merdiko serta durasi penggunaan mesinnya. TPS 3R Kenanga Merdiko

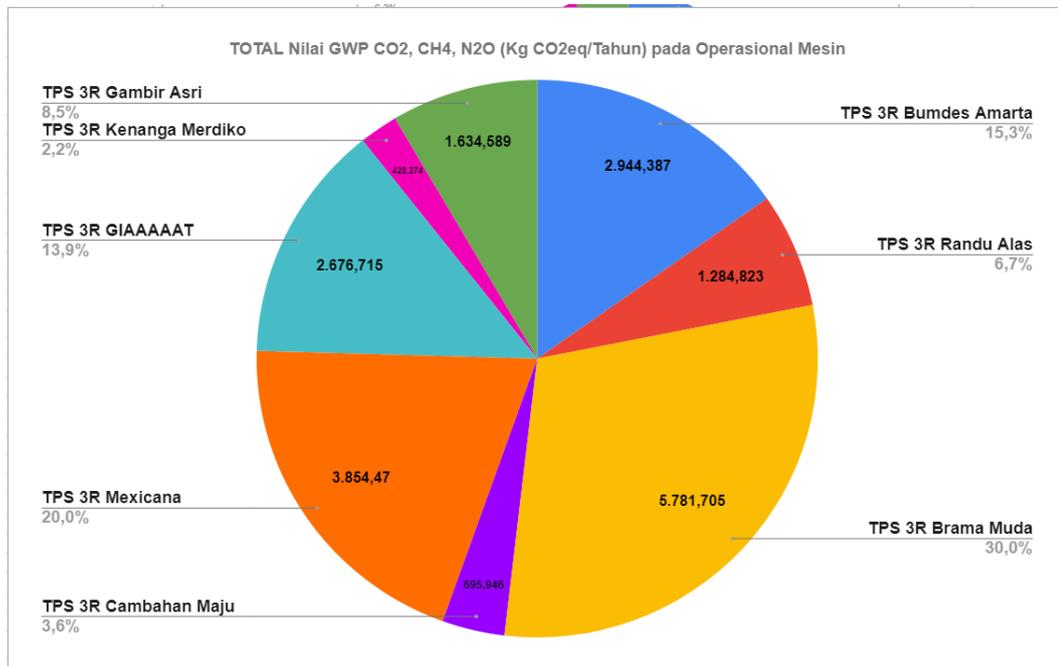
tidak terlalu banyak sampah yang dihasilkan, maka dari itu penggunaan mesin cukup rendah, sehingga emisi yang dihasilkan masih rendah.

Tabel 4. 22 Nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O dari Kegiatan Operasional Mesin di 8 Titik Sampel Lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman

No	Kategori	Nama	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	2.934,36	3,54	6,486	2.944,387
2		TPS 3R Randu Alas	1.280,448	1,545	2,83	1.284,823
3		TPS 3R Brama Muda	5.762,016	6,951	12,737	5.781,705
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	693,576	0,837	1,533	695,946
5		TPS 3R Mexicana	3.841,344	4,634	8,491	3.854,47
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	2.667,6	3,218	5,896	2.676,715
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	426,816	0,514	0,943	428,274
8		TPS 3R Gambir Asri	1.628,923	1,759	3,908	1.634,274
Total			19.235,083	23,0001	42,826	19.300,91



Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) pada Operasional Mesin di 8 Titik Sampel Lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman



Gambar 4. 7 Total GWP (CO₂, CH₄, N₂O) (Kg CO₂eq/Tahun) dari Aktivitas Operasional Mesin di 8 TPS 3R Kabupaten Sleman

Berdasarkan pada gambar 4.7, terdapat hasil penelitian untuk semua nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O dari aktivitas operasional mesin di 8 titik sampel TPS 3R Kabupaten Sleman dengan nilai GWP tertinggi terdapat di TPS 3R Brama Muda dan nilai GWP terendah di TPS 3R Kenanga Merdiko. Hal tersebut dikarenakan konsumsi bahan bakar yang digunakan lebih banyak dan durasi pemakaian yang cukup lama.

4.3.3 Aktivitas Pengomposan

Persamaan yang digunakan merujuk pada persamaan (3.6), (3.7) dan (3.8).

a. Perhitungan Emisi CO₂

Perhitungan emisi CO₂ pada aktivitas pengomposan dengan mencari terlebih dahulu komposisi (%) sampah. Setelah itu, data yang dibutuhkan yaitu fraksi sampah, timbulan sampah organik yang masuk, dan massa molekul relative CO₂ (44) dan massa molekul relative C (12). Perhitungan emisi CO₂ pada TPS 3R GIIAAAAAT akan digunakan sebagai contoh perhitungan yang telah dilakukan, dengan menghasilkan emisi CO₂ pada pengomposan TPS 3R sebesar 169,026681 Kg/Tahun. Berikut hasil

perhitungan pengomposan emisi CO₂ di TPS 3R GIAAAAAT dalam waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 23 Timbulan Sampah (Gg/Tahun) & Emisi CO₂ Pengomposan (Kg/Tahun)

Aktivitas	Timbulan Sampah (Gg/Tahun)	Emisi (Gg/Tahun)	Emisi (Kg/Tahun)
		CO ₂	
	$e = (12/\text{Durasi Pengomposan}) \times \text{Timbulan sampah (Kg)}$	$= (44/12) \times \text{Jumlah Total (Fraksi Sampah} \times \text{DOCi)}$	CO ₂
	a		
Pengomposan	0,0003	0,0001	169,026

Contoh perhitungan emisi CO₂:

- Timbulan Sampah (Kg)

$$= \text{Jumlah Pengomposan} \times \left(\text{Kapasitas Tiap Pengomposan} \frac{\text{(kg)}}{10^{-6}} \right)$$

$$= 2 \times \left(\frac{25 \text{ Kg}}{10^{-6}} \right)$$

$$= 0,00005$$
- Timbulan Sampah (Gg/Tahun)

$$= \left(\frac{12}{\text{durasi pengomposan}} \right) \times \text{Timbulan sampah (Kg)}$$

$$= \left(\frac{12}{2} \right) \times 0,00005$$

$$= 0,0003 \text{ Gg/Tahun}$$
- Emisi Kg/Tahun

$$= (44/12) \times \text{Jumlah Total (Fraksi Sampah} \times \text{DOCi)}$$

$$= (44/12) \times ((0,0002 \times 0,15) + (0,000003 \times 0,43))$$

$$= 0,0001 \text{ Gg/Tahun}$$

$$= 169,026 \text{ Kg/Tahun}$$

Berdasarkan dari tabel 4.23 di atas, cara mendapatkan timbulan sampah dengan membutuhkan data durasi pengomposan dan timbulan sampah (Kg) yang telah didapatkan dari wawancara secara tertulis dan melihat secara langsung ke lapangan, kemudian menghitung emisi CO₂

pengomposan menjadi Kg/Tahun dari Gg/Tahun.dengan cara dikalikan 1000000.

Setelah mendapatkan nilai emisi CO₂ pengomposan dalam satuan Kg/Tahun, maka mencari nilai GWP pengomposan CO₂ (Kg CO₂eq/Tahun) dengan mengkalikan nilai GWP yang sudah ditentukan. Karena nilai GWP CO₂ 1, maka hasil perkaliannya sama dengan emisi (kg/tahun).

Tabel 4. 24 Nilai GWP CO₂ Pengomposan (Kg CO₂eq/Tahun)

Jenis Gas	Nilai GWP	Emisi (Kg/Tahun)	GWP CO ₂ (Kg CO ₂ eq/Tahun)
	a	b	c = a x b
CO ₂	1	169,026	169,026

b. Perhitungan Emisi CH₄

Perhitungan emisi CH₄ pada aktivitas pengomposan dengan menggunakan faktor emisi CH₄ yaitu 4 (g/Kg). Perhitungan pada pengomposan membutuhkan data timbulan sampah untuk mendapatkan hasil emisinya. Perhitungan emisi CH₄ pada TPS 3R GIAAAAAT akan digunakan sebagai contoh perhitungan yang telah dilakukan, dengan menghasilkan emisi CH₄ pada pengomposan TPS 3R sebesar 1.2 Kg/Tahun. Berikut hasil perhitungan pengomposan emisi CH₄ di TPS 3R GIAAAAAT dalam waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 25 Timbulan Sampah (Gg/Tahun) & Emisi CH₄ Pengomposan (Kg/Tahun)

Aktivitas	Timbulan Sampah (Gg/Tahun)	Emisi (Gg/Tahun)	Emisi (Kg/Tahun)
	e = (12/Durasi Pengomposan) x Timbulan sampah (Kg)	CH ₄	CH ₄
		c = (a x FE CH ₄) x 10 ⁻³	
Pengomposan	a 0,0003	0,0000012	1,2

Contoh perhitungan emisi CH₄:

- Timbulan Sampah (Kg)

$$= \text{Jumlah Pengomposan} \times \left(\text{Kapasitas Tiap Pengomposan} \frac{\text{(kg)}}{10^{-6}} \right)$$

$$= 2 \times \left(\frac{25 \text{ Kg}}{10^{-6}} \right)$$

$$= 0,00005$$
- Timbulan Sampah (Gg/Tahun)

$$= \left(\frac{12}{\text{durasi pengomposan}} \right) \times \text{Timbulan sampah (Kg)}$$

$$= \left(\frac{12}{2} \right) \times 0,00005$$

$$= 0,0003 \text{ Gg/Tahun}$$
- Emisi Kg/Tahun

$$= (\text{Timbulan Sampah (Gg/Tahun)} \times \text{FE CH}_4) \times 10^{-3}$$

$$= (0,0003 \times 4) \times 10^{-3}$$

$$= 0,000012 \text{ Gg/Tahun}$$

$$= 1,2 \text{ Kg/Tahun}$$

Berdasarkan dari tabel 4.25 di atas, cara mendapatkan timbulan sampah dengan membutuhkan data durasi pengomposan dan timbulan sampah (Kg), kemudian menghitung emisi CH₄ pengomposan menjadi Kg/Tahun dari Gg/Tahun.dengan cara dikalikan 1000000.

Setelah mendapatkan nilai emisi CH₄ pengomposan dalam satuan Kg/Tahun, maka mencari nilai GWP pengomposan CH₄ (Kg CO₂eq/Tahun) dengan mengkalikan nilai GWP yang sudah ditentukan.

Tabel 4. 26 Nilai GWP CH₄ Pengomposan (Kg CO₂eq/Tahun)

Jenis Gas	Nilai GWP	Emisi (Kg/Tahun)	GWP CH ₄ (Kg CO ₂ eq/Tahun)
	a	b	c = a x b
CH ₄	27,2	1,2	32,64

c. Perhitungan Emisi N₂O

Perhitungan emisi N₂O pada aktivitas pengomposan dengan menggunakan faktor emisi N₂O yaitu 0,3 (g/Kg). Perhitungan pada pengomposan membutuhkan data timbulan sampah untuk mendapatkan hasil emisinya. Perhitungan emisi N₂O pada TPS 3R GIAAAAAT akan digunakan sebagai contoh perhitungan yang telah dilakukan, dengan menghasilkan emisi N₂O pada pengomposan TPS 3R sebesar 0.09 Kg/Tahun. Berikut hasil perhitungan pengomposan emisi N₂O di TPS 3R GIAAAAAT dalam waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 27 Timbulan Sampah (Gg/Tahun) & Emisi N₂O Pengomposan (Gg/Tahun)

Aktivitas	Timbulan Sampah (Gg/Tahun)	Emisi (Gg/Tahun)	Emisi (Kg/Tahun)
		N ₂ O	
	$e = (12/\text{Durasi Pengomposan}) \times \text{Timbulan sampah (Kg)}$	$= (44/12) \times (\text{Fraksi Sampah} \times \text{Timbulan sampah (Kg)} \times \text{DOCi})$	N ₂ O
Pengomposan	a 0,0003	0,00000009	0,09

Contoh perhitungan emisi N₂O:

- Timbulan Sampah (Kg)

$$= \text{Jumlah Pengomposan} \times \left(\text{Kapasitas Tiap Pengomposan} \frac{\text{kg}}{10^{-6}} \right)$$

$$= 2 \times \left(\frac{25 \text{ Kg}}{10^{-6}} \right)$$

$$= 0,00005 \text{ Kg}$$
- Timbulan Sampah (Gg/Tahun)

$$= \left(\frac{12}{\text{durasi pengomposan}} \right) \times \text{Timbulan sampah (Kg)}$$

$$= \left(\frac{12}{2} \right) \times 0,00005 \text{ kg}$$

$$= 0,0003 \text{ Gg/Tahun}$$
- Emisi Kg/Tahun

$$= (\text{Timbulan Sampah (Gg/Tahun)} \times \text{FE N}_2\text{O}) \times 10^{-3}$$

$$= (0,0003 \times 0,3) \times 10^{-3}$$

$$= 0,00000009 \text{ Gg/Tahun}$$

= 0,09 Kg/Tahun

Berdasarkan dari tabel 4.27 di atas, cara mendapatkan timbulan sampah dengan membutuhkan data durasi pengomposan dan timbulan sampah (Kg), kemudian menghitung emisi N₂O pengomposan menjadi Kg/Tahun dari Gg/Tahun dengan cara dikalikan 1.000.000.

Setelah mendapatkan nilai emisi N₂O pengomposan dalam satuan Kg/Tahun, maka mencari nilai GWP pengomposan N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) dengan mengkalikan nilai GWP yang sudah ditentukan.

Tabel 4. 28 Nilai GWP N₂O Pengomposan (Kg N₂Oeq/Tahun)

Jenis Gas	Nilai GWP	Emisi (Kg/Tahun)	GWP N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun)
	a	b	c = a x b
N ₂ O	273	0,09	24,57

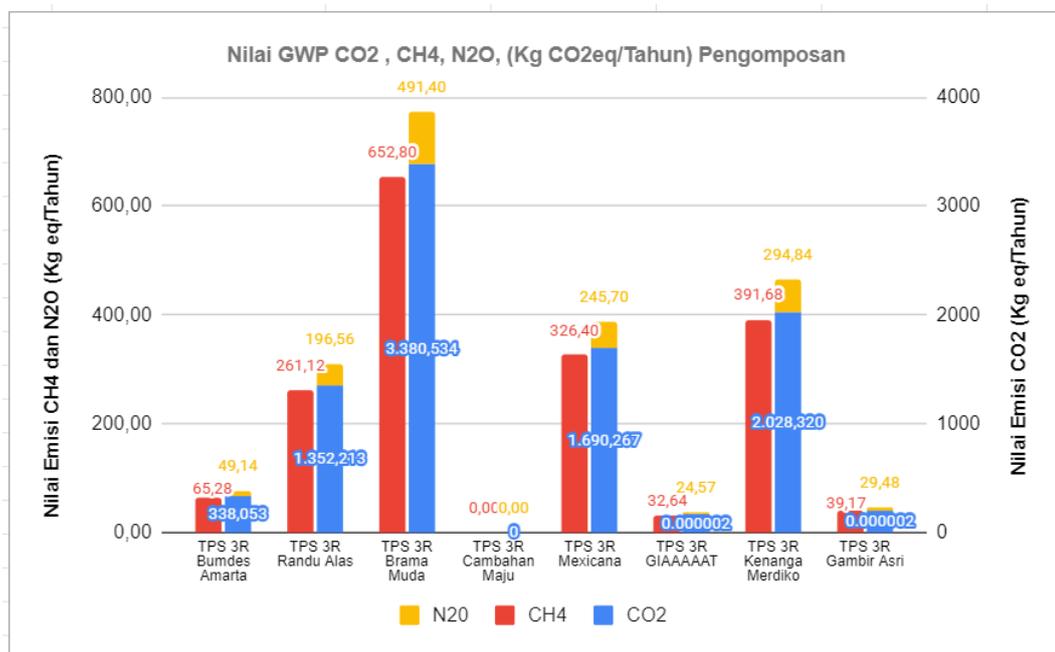
Berikut merupakan total hasil perhitungan nilai GWP Pengomposan CO₂, CH₄, dan N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) yang dihasilkan dari aktivitas pengomposan di 8 titik sampel lokasi penelitian TPS 3R Kabupaten Sleman dalam kurun waktu 1 Tahun. Terdapat 1 (satu) TPS 3R yang tidak melakukan pengomposan, sehingga sampah organik tersebut hanya dibiarkan saja, kemudian dijadikan satu dengan residu dan akan diambil oleh truk TPA. Hal tersebut dikarenakan tidak terdapat petugas yang mengerti cara pembuatan kompos.

Tabel 4. 29 Nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) dari Pengomposan di 8 Titik Lokasi Sampel TPS 3R Kabupaten Sleman

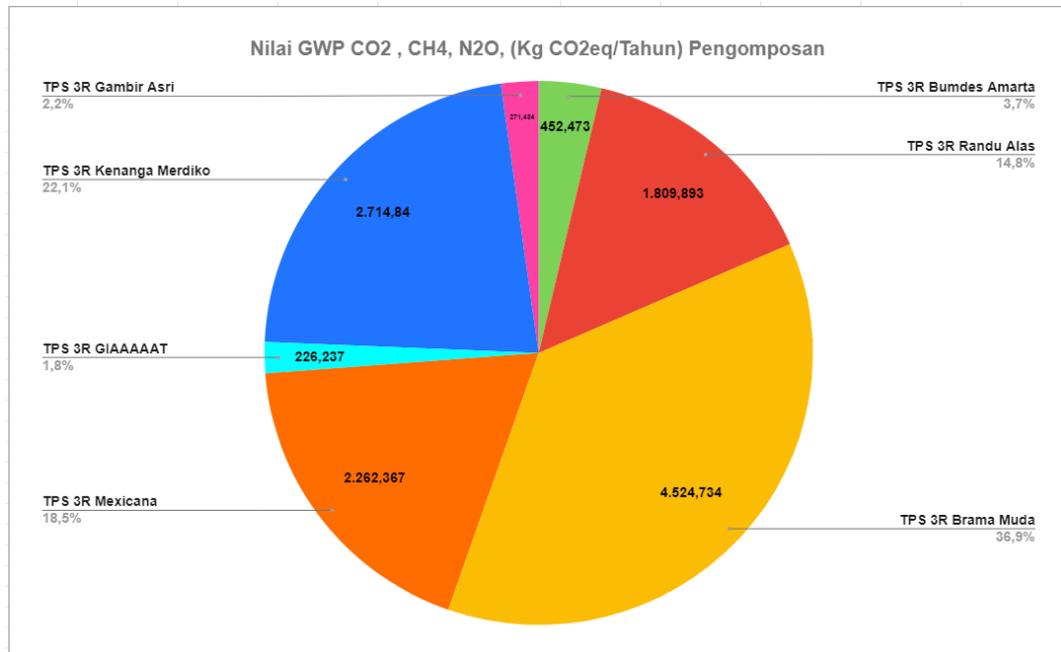
No	Kategori	Nama	GWP CO ₂ (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	338,053	65,28	49,14	452,473
2		TPS 3R Randu Alas	1.352,213	261,12	196,56	1.809,893
3		TPS 3R Brama Muda	3.380,533	652,8	491,4	4.524,734
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	0	0	0	0
5		TPS 3R Mexicana	1.690,266	326,4	245,7	2.262,367

Lanjutan Tabel 4.29

No	Kategori	Nama	GWP CO ₂ (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	169,026	32,64	24,57	226,237
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	2.028,32	391,68	294,84	2.714,84
8		TPS 3R Gambir Asri	202,832	39,168	29,484	271,484
Total			9.161,246	1.769,088	1.331,694	12.262,028



Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) dari Pengomposan di 8 Titik Lokasi Sampel TPS 3R Kabupaten Sleman

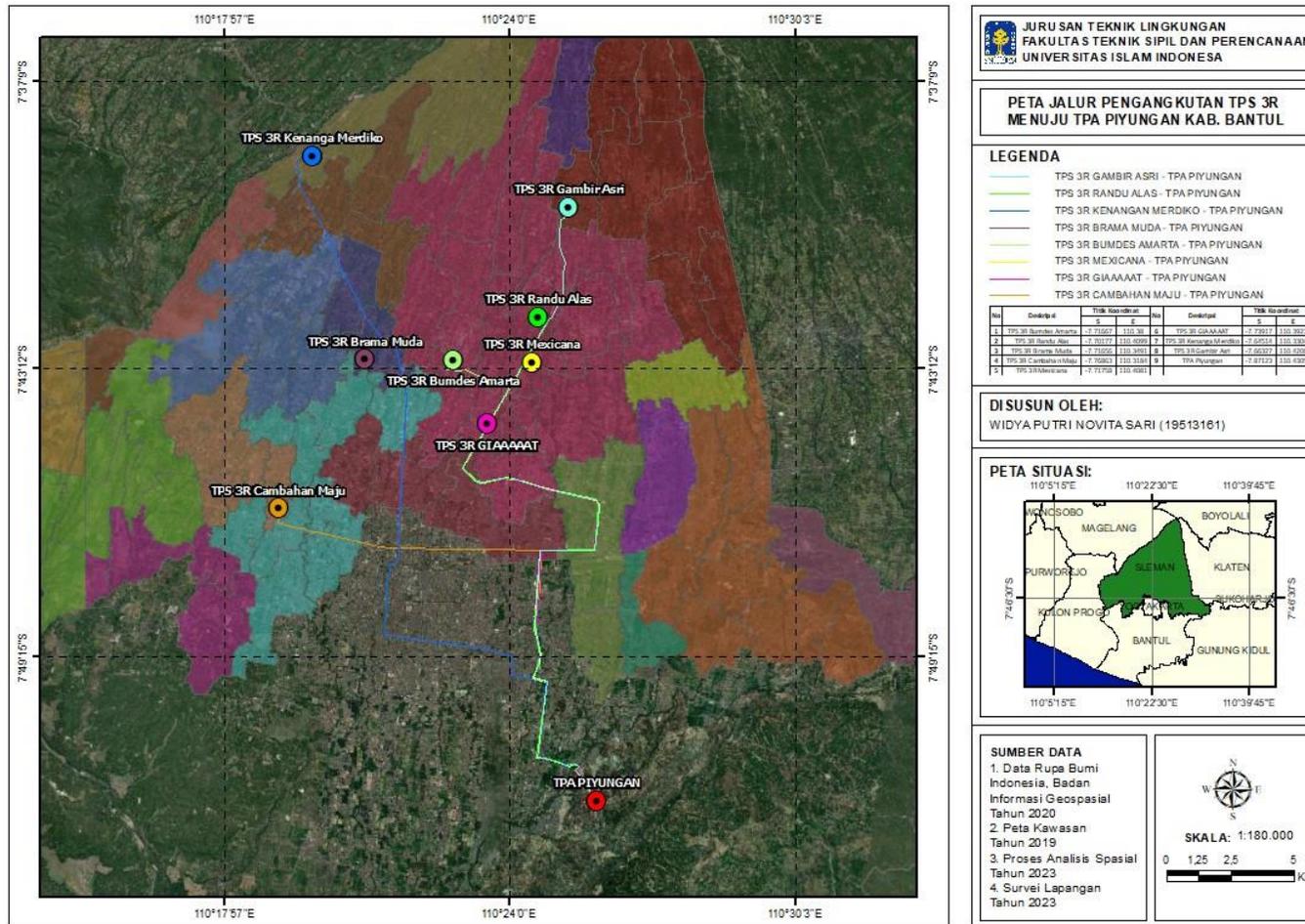


Gambar 4. 9 Nilai Total GWP (CO₂, CH₄, N₂O) (Kg eq/Tahun) dari Pengomposan di 8 Titik Lokasi Sampel TPS 3R Kabupaten Sleman

Berdasarkan gambar 4.9 diatas, perbandingan nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O (Kg eq/Tahun) dari aktivitas pengomposan yang tertinggi terdapat di TPS 3R Brama Muda dan nilai GWP terendah terdapat di TPS 3R Cambahan Maju, selain itu di TPS 3R GIAAAAAT. TPS 3R Cambahan Maju tidak memiliki emisi pada pengomposan karena tidak terdapat aktivitas pengomposan.

4.3.4 Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke TPA

Pengangkutan TPS 3R ke TPA ini prinsipnya sama dengan pengumpulan sampah dari sumber ke TPS 3R dan metode perhitungannya sama seperti pengumpulan pada sumber menuju TPS 3R, namun memiliki tujuan yang berbeda serta jarak tempuhnya. Pengangkutan ini menuju TPA Piyungan di Ngablak, Stimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul.



Gambar 4. 10 Peta Jalur Pengangkutan TPS 3R ke TPA Piyungan, Bantul

Gambar 4.10 merupakan contoh jalur pengangkutan TPS 3R menuju TPA Piyungan, Bantul. Pengangkutan TPS 3R ke TPA dilakukan dalam waktu satu minggu sekali. Jarak dari TPS 3R ke TPA dilihat melalui google maps. Jarak pada pengangkutan ini dibutuhkan datanya untuk mengetahui berapa banyak konsumsi bahan bakar yang digunakan pada kendaraan pengangkutan TPS 3R ke TPA Piyungan, Bantul. Persamaan yang digunakan merujuk pada persamaan (3.4) dan persamaan (3.5)

a. Perhitungan Emisi CO₂

Faktor emisi yang digunakan pada solar, yaitu 74.433 kg/TJ. Untuk mendapatkan hasil emisi diperlukan nilai kalor juga sesuai dengan jenis bahan bakar yang digunakan. Perhitungan emisi CO₂ pada TPS 3R GIAAAAAT akan digunakan sebagai contoh perhitungan yang telah dilakukan, dengan menghasilkan emisi CO₂ pada pengangkutan dari TPS 3R menuju TPA sebesar 690,50005 Kg/Tahun. Berikut hasil perhitungan emisi CO₂ di TPS 3R GIAAAAAT dalam waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 30 Nilai Emisi CO₂ dari aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke TPA

Jenis Kendaraan	Jumlah Waktu Pengangkutan dalam 1 Tahun	Jarak tempuh perminggu (Km)	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar		Konsumsi Energi (TJ)	Emisi (Kg/Tahun)
				(Liter/Minggu)	(Liter/Tahun)	$b = A \times$ nilai kalor	CO ₂
			Sebutan dalam Faktor Emisi		A	a	$b = a \times FE$ CO ₂
Dump Truck	52	22,3	Solar (HSD/ADO)	4,955	257,688	0,009	690,50005
Total							690,50005

Contoh perhitungan Emisi CO₂ Motor Sampah (Barat):

- Konsumsi Energi (TJ/Tahun)
 - = Konsumsi Bahan Bakar (Liter/Tahun) x Nilai Kalor (TJ/Liter)
 - = 257,688 TJ x (36x10⁻⁶) TJ/Liter
 - = 0,009 TJ/Tahun

- Emisi CO₂ (Kg/Tahun)
 - = Konsumsi Energi (TJ/Tahun) x FE CO₂
 - = 0,009 TJ/Tahun x 74.433 Kg/Tj
 - = 690,50005 Kg/Tahun

Setelah didapatkan hasil tersebut maka akan dilakukan perhitungan nilai Global Warming Potential (GWP) dengan hasil emisi CO₂ dikalikan sesuai nilai GWP dan didapatkan hasil sebesar (Kg CO₂eq/Tahun).

Tabel 4. 31 Nilai GWP CO₂ dari Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke TPA

Jenis Gas	Nilai GWP	Emisi (Kg/Tahun)	GWP (CO ₂) (Kg CO ₂ eq/Tahun)
	a	Pengangkutan TPS 3R – TPA	Pengangkutan TPS 3R – TPA
		b	c = a x b
CO ₂	1	690,50005	690,50005

Contoh Perhitungan GWP CO₂:

- GWP CO₂ = Emisi (Kg/Tahun) x Nilai GWP CO₂
 - = 690,50005 (Kg/Tahun) x 1 (Kg CO₂eq/Tahun).
 - = 690,50005 (Kg CO₂eq/Tahun).

Berdasarkan data tabel 4.31 diatas, nilai GWP yang dihasilkan sama dengan nilai emisi (Kg/Tahun) GRKnya, karena dalam ketentuan nilai GWP untuk CO₂, yaitu 1. Sehingga hasil perkalian yang didapatkan sama nilai GWP CO₂, yaitu 690,50005 (Kg/CO₂eq/Tahun). Berikut merupakan total hasil perhitungan emisi gas rumah kaca (Kg/Tahun) dan (Kg CO₂eq/Tahun) CO₂ yang dihasilkan dari pengangkutan TPS 3R ke TPA di Kabupaten Sleman dalam kurun waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 32 Nilai Emisi CO₂ (Kg/Tahun) dan CO₂ (Kg CO₂eq/Tahun) dari Kegiatan Pengangkutan TPS 3R ke TPA Kabupaten Sleman

No	Kategori	Nama	Emisi (Kg/Tahun)	Nilai GWP CO ₂ (Kg CO ₂ eq/Tahun)
			CO ₂	CO ₂
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	903,027	903,027

Lanjutan Tabel 4.32

No	Kategori	Nama	Emisi (Kg/Tahun)	Nilai GWP CO ₂ (Kg CO ₂ eq/Tahun)
			CO ₂	CO ₂
2	Besar	TPS 3R Randu Alas	812,423	812,423
3		TPS 3R Brama Muda	803,362	803,362
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	718,798	718,798
5		TPS 3R Mexicana	706,717	706,717
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	690,50005	690,50005
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	1.205,043	1.205,043
8		TPS 3R Gambir Asri	906,048	906,048
Total			6.745,921	6.745,921

Berdasarkan dari tabel 4.32 hasil perhitungan yang didapatkan GWP CO₂ terbesar terdapat pada TPS 3R Kenanga Merdiko sebesar 1.205,043 (Kg CO₂eq/Tahun) dan nilai GWP terkecil pada TPS 3R GIAAAAAT sebesar 690,50005 (Kg CO₂eq/Tahun). Hal tersebut karena penggunaan bahan bakar pada TPS 3R Kenanga Merdiko lebih banyak daripada TPS 3R GIAAAAAT serta jarak tempuh yang lebih jauh, sehingga emisi yang dihasilkan lebih besar.

b. Perhitungan Emisi CH₄

Faktor emisi CH₄ yang digunakan pada solar, yaitu 3,9 Kg/TJ. Untuk mendapatkan hasil emisi diperlukan nilai kalor juga sesuai dengan jenis bahan bakar yang digunakan. Perhitungan emisi CH₄ pada TPS 3R GIAAAAAT akan digunakan sebagai contoh perhitungan yang telah dilakukan, dengan menghasilkan emisi gas rumah kaca CH₄ pada pengangkutan TPS 3R ke TPA sebesar 0,036 Kg/Tahun. Berikut hasil perhitungan emisi CH₄ di TPS 3R GIAAAAAT dalam kurun waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 33 Nilai Emisi CH₄ dari Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke TPA

Jenis Kendaraan	Jumlah Waktu Pengangkutan dalam 1 Tahun	Jarak tempuh perminggu (Km)	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar		Konsumsi Energi (TJ)	Emisi (Kg/Tahun)
				(Liter/Minggu)	(Liter/Tahun)		CH ₄
						b = A x nilai kalor	C = a x FE CH ₄
						a	
Dump Truck	52	22,3	Solar (HSD/ADO)	4,955	257,688	0,009	0,036
Total							0,036

Contoh perhitungan Emisi CH₄ Motor Sampah (Barat):

- Konsumsi Energi (TJ/Tahun)
 - = Konsumsi Bahan Bakar (Liter/Tahun) x Nilai Kalor (TJ/Liter)
 - = 257,688 TJ x (36x10⁻⁶) TJ/Liter
 - = 0,009 TJ/Tahun
- Emisi CH₄ (Kg/Tahun)
 - = Konsumsi Energi (TJ/Tahun) x FE CH₄
 - = 0,009 TJ/Tahun x 3,9 Kg/Tj
 - = 0,036 Kg/Tahun

Setelah didapatkan hasil tersebut maka akan dilakukan perhitungan nilai Global Warming Potential (GWP) dengan hasil emisi CH₄ dikalikan sesuai nilai GWP CH₄ dan didapatkan hasil sebesar 1,078 (Kg CO₂eq/Tahun).

Tabel 4. 34 Nilai GWP CH₄ dari Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke TPA

Jenis Gas	Nilai GWP	Emisi (Kg/Tahun)	GWP (CH ₄) (Kg CO ₂ eq/Tahun)
	a	Pengangkutan TPS 3R – TPA	Pengangkutan TPS 3R – TPA
		b	c = a x b
CH ₄	29,8	0,036	1,078

Contoh Perhitungan GWP CH₄:

- GWP CH₄ = Emisi (Kg/Tahun) x Nilai GWP CH₄

$$= 0,036 \text{ (Kg/Tahun)} \times 29,8 \text{ (Kg CO}_2\text{eq/Tahun)}.$$

$$= 1,078 \text{ (Kg CO}_2\text{eq/Tahun)}.$$

Berikut merupakan total hasil perhitungan emisi gas rumah kaca CH₄ (Kg/Tahun) dan (Kg CH₄eq/Tahun) yang dihasilkan dari pengangkutan TPS 3R ke TPA di Kabupaten Sleman dalam kurun waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 35 Nilai Emisi CH₄ (Kg/Tahun) dan CH₄ (Kg CO₂eq/Tahun) dari Kegiatan Pengangkutan TPS 3R ke TPA Kabupaten Sleman

No	Kategori	Nama	Emisi (Kg/Tahun)	Nilai GWP CH ₄ (Kg CO ₂ eq/Tahun)
			CH ₄	CH ₄
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	0,311	9,266
2		TPS 3R Randu Alas	0,279	8,336
3		TPS 3R Brama Muda	0,276	8,243
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	0,247	7,376
5		TPS 3R Mexicana	0,243	7,252
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	0,036	1,078
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	0,414	12,365
8		TPS 3R Gambir Astri	0,312	9,297
Total			2,121	63,217

Berdasarkan dari tabel 4.35 hasil perhitungan yang didapatkan GWP CH₄ terbesar terdapat pada TPS 3R Kenanga Merdiko sebesar 12,365 (Kg CH₄eq/Tahun) dan nilai GWP terkecil pada TPS 3R GIAAAAAT sebesar 1,078 (Kg CO₂eq/Tahun). Hal tersebut karena penggunaan bahan bakar pada TPS 3R Kenanga Merdiko lebih banyak daripada TPS 3R GIAAAAAT serta jarak tempuh yang lebih jauh, sehingga emisi yang dihasilkan lebih besar.

c. Perhitungan Emisi N₂O

Faktor emisi N₂O yang digunakan pada solar, yaitu 3,9 Kg/TJ. Untuk mendapatkan hasil emisi diperlukan nilai kalor juga sesuai dengan jenis bahan bakar yang digunakan. Perhitungan emisi N₂O pada TPS 3R

GIAAAAAT akan digunakan sebagai contoh perhitungan yang telah dilakukan, dengan menghasilkan emisi N₂O pada pengumpulan dari sumber menuju TPS 3R sebesar 0,617 Kg/Tahun. Berikut hasil perhitungan emisi N₂O di TPS 3R GIAAAAAT dalam waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 36 Nilai Emisi N₂O dari Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke TPA

Jenis Kendaraan	Jumlah Waktu Pengangkutan dalam 1 Tahun	Jarak tempuh perminggu (Km)	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar		Konsumsi Energi (TJ)	Emisi (Kg/Tahun)
				(Liter/Minggu)	(Liter/Tahun)	$b = A \times \text{nilai kalor}$	$d = a \times \text{FE N}_2\text{O}$
					A	a	
Dump Truck	52	22,3	Solar (HSD/ADO)	4,955	257,688	0,009	0,036
Total							0,036

Contoh perhitungan Emisi N₂O Motor Sampah (Barat):

- Konsumsi Energi (TJ/Tahun)
 $= \text{Konsumsi Bahan Bakar (Liter/Tahun)} \times \text{Nilai Kalor (TJ/Liter)}$
 $= 257,688 \text{ TJ} \times (36 \times 10^{-6}) \text{ TJ/Liter}$
 $= 0,009 \text{ TJ/Tahun}$
- Emisi N₂O (Kg/Tahun)
 $= \text{Konsumsi Energi (TJ/Tahun)} \times \text{FE N}_2\text{O}$
 $= 0,009 \text{ TJ/Tahun} \times 3,9 \text{ Kg/Tj}$
 $= 0,036 \text{ Kg/Tahun}$

Setelah didapatkan hasil tersebut maka akan dilakukan perhitungan nilai Global Warming Potential (GWP) dengan hasil emisi N₂O dikalikan sesuai nilai GWP dan didapatkan hasil sebesar 9,877 (Kg CO₂eq/Tahun).

Tabel 4. 37 Nilai GWP N₂O dari Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke TPA

Jenis Gas	Nilai GWP	Emisi (Kg/Tahun)	GWP (N ₂ O) (Kg CO ₂ eq/Tahun)
	a	Pengangkutan TPS 3R – TPA	Pengangkutan TPS 3R – TPA
		b	$c = a \times b$
N ₂ O	273	0,036	9,877

Contoh Perhitungan GWP N₂O:

- $GWP\ N_2O = Emisi\ (Kg/Tahun) \times Nilai\ GWP\ N_2O$
 $= 0,036\ (Kg/Tahun) \times 273\ (Kg\ CO_2eq/Tahun).$
 $= 9,877\ (Kg\ CO_2eq/Tahun).$

Berikut merupakan total hasil perhitungan emisi gas rumah kaca N₂O (Kg/Tahun) dan nilai GWP N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) yang dihasilkan dari pengangkutan TPS 3R ke TPA di Kabupaten Sleman dalam kurun waktu 1 Tahun.

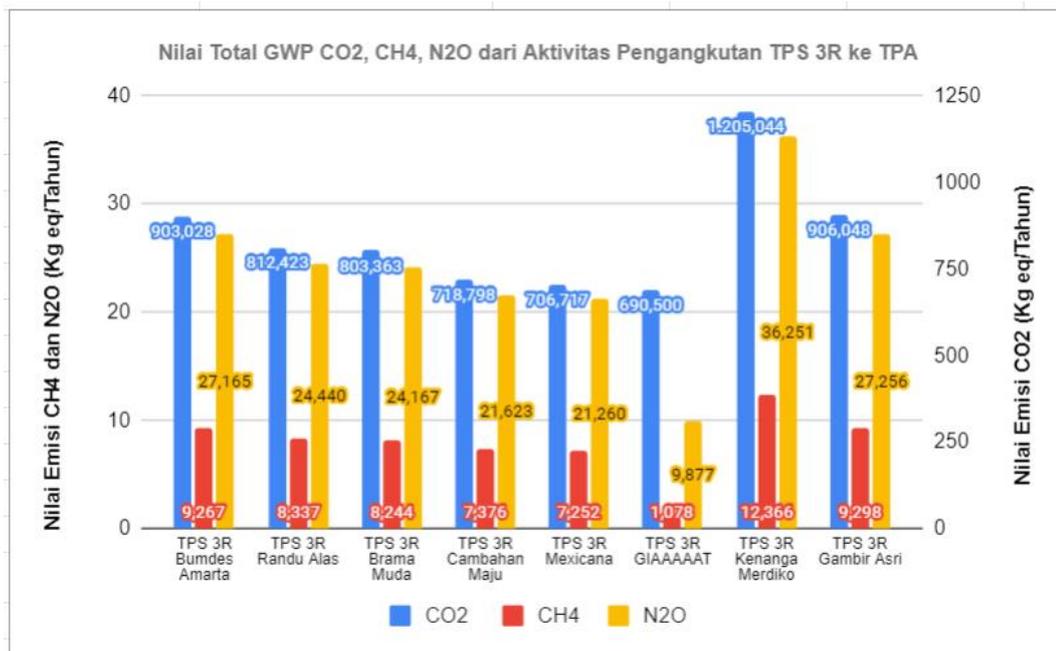
Tabel 4. 38 Nilai Emisi N₂O (Kg/Tahun) dan N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) dari Kegiatan Pengangkutan TPS 3R ke TPA Kabupaten Sleman

No	Kategori	Nama	Emisi (Kg/Tahun)	Nilai GWP N ₂ O (Kg CO ₂ eq/Tahun)
			N ₂ O	N ₂ O
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	0,099	27,165
2		TPS 3R Randu Alas	0,089	24,439
3		TPS 3R Brama Muda	0,088	24,167
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	0,079	21,623
5		TPS 3R Mexicana	0,077	21,259
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	0,036	9,877
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	0,132	36,251
8	Kecil	TPS 3R Gambir Asri	0,099	27,256
Total			0,703	192,04

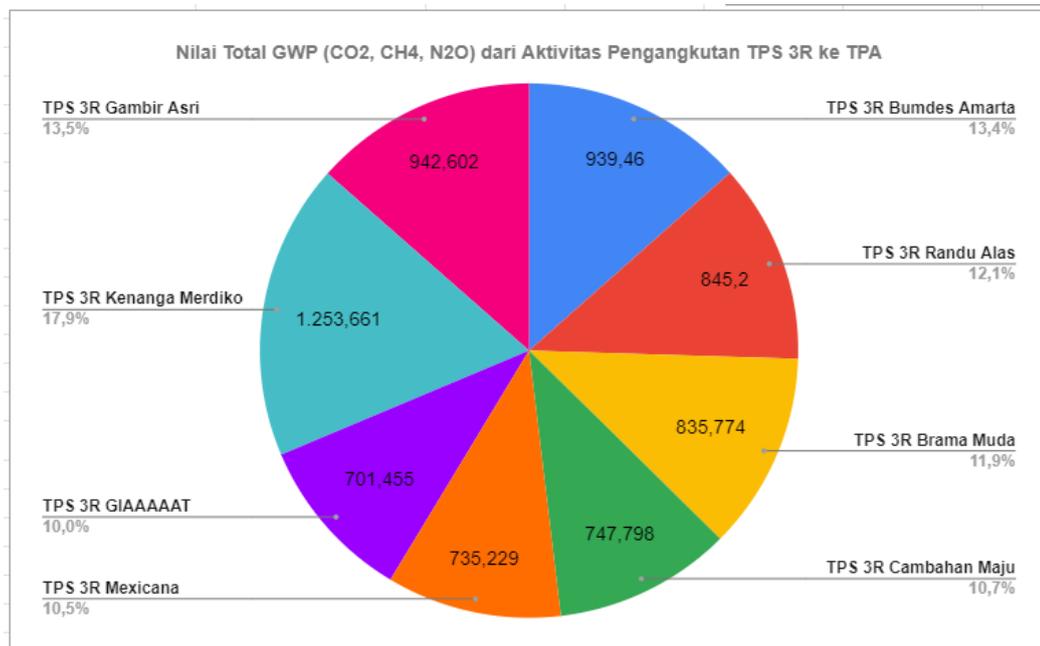
Berdasarkan dari tabel 4.38 hasil perhitungan yang didapatkan GWP N₂O terbesar terdapat pada TPS 3R Kenanga Merdiko sebesar 36,251 (Kg CO₂eq/Tahun) dan nilai GWP terkecil pada TPS 3R GIAAAAAT sebesar 9,877 (Kg CO₂eq/Tahun). Hal tersebut karena penggunaan bahan bakar pada TPS 3R Kenanga Merdiko lebih banyak daripada TPS 3R GIAAAAAT serta jarak tempuh yang lebih jauh, sehingga emisi yang dihasilkan lebih besar.

Tabel 4. 39 Nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O dari Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke TPA di 8 Titik Sampel Lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman

No	Kategori	Nama	GWP CO ₂ (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	903,027	9,266	27,165	939,46
2		TPS 3R Randu Alas	812,423	8,336	24,439	845,2
3		TPS 3R Brama Muda	803,362	8,243	24,167	835,774
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	718,798	7,376	21,623	747,798
5		TPS 3R Mexicana	706,717	7,252	21,259	735,229
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	690,50005	1,078	9,877	701,455
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	1.205,043	12,365	36,251	1.253,661
8		TPS 3R Gambir Asri	906,048	9,297	27,256	942,602
Total			6.745,921	63,217	192,04	7.001,178



Gambar 4. 11 Grafik Nilai GWP CO₂, CH₄ dan N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) dari Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke TPA



Gambar 4. 12 Nilai Total GWP (CO₂, CH₄, N₂O) (Kg CO₂eq/Tahun) dari Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke TPA

Berdasarkan dari gambar 4.12 diatas, nilai GWP CO₂, CH₄ dan N₂O dari aktivitas pengangkutan TPS 3R ke TPA tertinggi terdapat di TPS 3R Kenanga Merdiko dan terendah terdapat di TPS 3R GIAAAAAT. Hal tersebut dikarenakan jarak tempuh yang lebih jauh, sehingga membutuhkan bahan bakar yang lebih banyak.

4.4. Potensi Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄, N₂O) dari Aktivitas Pengepul

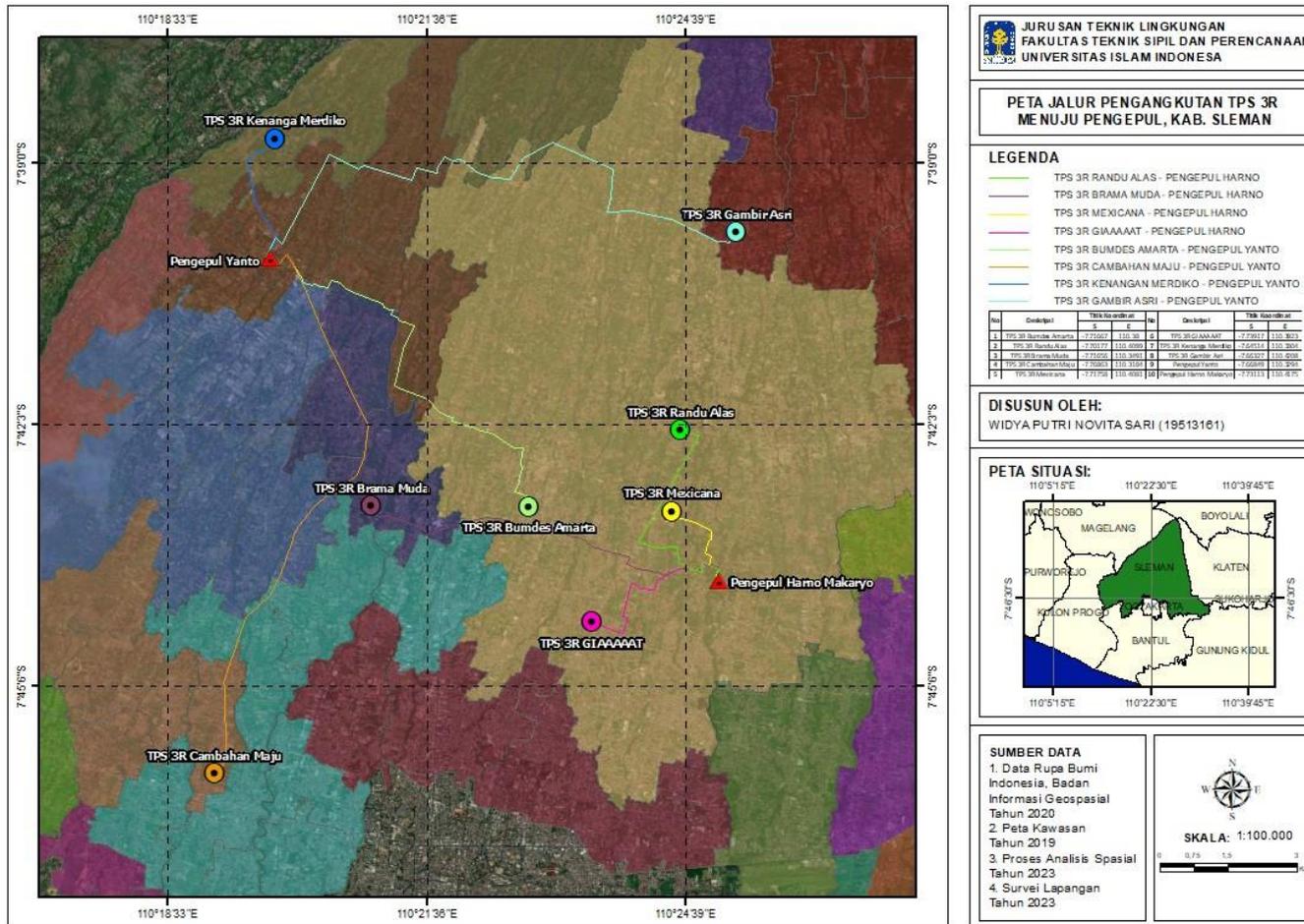
Aktivitas pengepul seperti pengambilan sampah yang kemudian diangkut menggunakan kendaraan dari TPS 3R ke gudang pengepul dapat menimbulkan emisi gas rumah kaca. Apabila jarak tempuh yang dilalui lebih jauh, maka dapat menyebabkan emisi GRK yang lebih besar. Kendaraan yang digunakan pengepul, yaitu pickup dan truk. Kendaraan truk hanya digunakan untuk mengirimkan barang ke pabrik daur ulang dan yang menggunakan hanya pengepul Yanto.

4.4.1 Pengangkutan TPS 3R ke Pengepul

Pengangkutan dari TPS 3R ke Pengepul memiliki konsep perhitungan yang sama dengan pengumpulan. Perbedaannya hanya terdapat pada jarak

tempuh, jenis kendaraan serta bahan bakar yang digunakan. Apabila pengepul menggunakan truk, maka bahan bakar yang digunakan, yaitu solar. Sedangkan apabila menggunakan pickup, bahan bakar yang digunakan bensin atau RON 92. Waktu pengambilan sampah anorganik ke TPS 3R tidak tentu, ada yang 1 bulan sekali dan 2 bulan sekali tergantung dari TPS 3Rnya dan pengepulnya. Berikut gambar jalur pengangkutan TPS 3R ke Pengepul. Persamaan merujuk pada persamaan (3.4) dan persamaan (3.5).

Pada gambar 4.13 dibawah merupakan jalur pengangkutan dari TPS 3R ke Pengepul. Peta jalur pengangkutan tersebut sesuai dengan pengepul yang mengambil di TPS 3R. hanya terdapat 2 pengepul, karena terdapat TPS 3R yang menggunakan jasa pengepul yang sama.



Gambar 4. 13 Peta Jalur Pengangkutan TPS 3R ke Pengumpul

a. Emisi CO₂ pada Pengangkutan dari TPS 3R ke Pengepul

Perhitungan emisi CO₂ pada sektor transportasi dengan cara mengalikan rata-rata konsumsi bahan bakar dengan faktor emisi. Perhitungan yang digunakan berdasarkan rumus IPCC metode Tier-2. Faktor emisi CO₂ yang digunakan pada bensin atau RON 92 yaitu 72.600 kg/TJ dan solar 74.433 kg/TJ. Untuk mendapatkan hasil emisi diperlukan nilai kalor juga sesuai dengan jenis bahan bakar yang digunakan.

Perhitungan emisi CO₂ pada TPS 3R GIAAAAAT akan digunakan sebagai contoh perhitungan yang telah dilakukan, dengan menghasilkan emisi CO₂ pada pengangkutan dari TPS 3R ke pengepul sebesar 63.39655385 Kg/Tahun. Berikut hasil perhitungan emisi CO₂ di TPS 3R GIAAAAAT dalam waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 40 Emisi CO₂ (Kg/Tahun) pada Pengangkutan TPS 3R ke Pengepul di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman

Jenis Kendaraan	Jumlah Waktu Pengangkutan dalam 1 Tahun	Jarak tempuh Per-2 minggu (Km) (Pulang Pergi)	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar		Konsumsi Energi (TJ/Tahun)	Emisi (Kg/Tahun)
				(Liter/Bulan)	(Liter/Tahun)	b = A x nilai kalor	b = a x FE CO₂
			A		a		
Pickup	24	8,6	RON 92	1,102	26,461	0,0008	63,396
Total							63,396

Contoh perhitungan emisi CO₂ Pickup:

- Konsumsi Energi (TJ/Tahun)
 - = Konsumsi Bahan Bakar (Liter/Tahun) x Nilai Kalor (TJ/Liter)
 - = 26,461 x (33x10⁻⁶) TJ/Liter
 - = 0,0008 TJ/Tahun
- Emisi (Kg/Tahun)
 - = Konsumsi Energi (TJ/Tahun) x FE CO₂

$$= 0,0008 \text{ TJ/Tahun} \times 72.600 \text{ Kg/Tj}$$

$$= 63,396 \text{ Kg/Tahun}$$

Berdasarkan dari tabel 4.40 diatas, jarak tempuh per-2 minggu didapatkan dari jarak antara TPS 3R GIAAAAAT ke Gudang Pengepulnya. Kemudian data (Liter/Tahun) didapatkan dari (Liter/Minggu) dikali jumlah minggu dalam 1 Tahun (52 Minggu). Jumlah emisi CO₂ yang didapatkan, yaitu 0,006 (Kg/Tahun). Setelah didapatkan hasil tersebut maka akan dilakukan perhitungan nilai Global Warming Potential (GWP) dengan hasil emisi CO₂ dikalikan sesuai nilai GWP dan didapatkan hasil sebesar 63,396 (Kg CO₂eq/Tahun).

Tabel 4. 41 Nilai GWP CO₂ (Kg CO₂eq/Tahun) pada Pengangkutan TPS 3R GIAAAAAT ke Pengepul

Jenis Gas	Nilai GWP	Emisi (Kg/Tahun)	GWP (CO ₂)
	a	Pengangkutan	Pengangkutan
		b	c = a x b
CO ₂	1	63,396	63,396

Contoh Perhitungan GWP CO₂:

- $GWP \text{ CO}_2 = \text{Emisi (Kg/Tahun)} \times \text{Nilai GWP CO}_2$

$$= 63,396 \text{ (Kg/Tahun)} \times 1 \text{ (Kg CO}_2\text{eq/Tahun).}$$

$$= 63,396 \text{ (Kg CO}_2\text{eq/Tahun).}$$

Berdasarkan data tabel 4.41 diatas, nilai GWP yang dihasilkan sama dengan nilai emisi (Kg/Tahun) GRKnya, karena dalam ketentuan nilai GWP untuk CO₂, yaitu 1. Sehingga hasil perkalian yang didapatkan sama nilai GWP CO₂, yaitu 63,396 (Kg/CO₂eq/Tahun). Berikut merupakan total hasil perhitungan emisi gas rumah kaca (Kg/Tahun) dan (Kg CO₂eq/Tahun) CO₂ yang dihasilkan dari pengangkutan TPS 3R ke pengepul di Kabupaten Sleman dalam kurun waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 42 Nilai Emisi CO₂ (Kg/Tahun) dan GWP CO₂ (Kg CO₂eq/Tahun) Pengangkutan TPS 3R ke Pengepul

No	Kategori	Nama	Emisi (Kg/Tahun)	GWP CO ₂ (Kg CO ₂ eq/Tahun)
			CO ₂	CO ₂
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	70,031	70,031
2		TPS 3R Randu Alas	48,653	48,653
3		TPS 3R Brama Muda	88,46	88,46
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	58,973	58,973
5		TPS 3R Mexicana	18,429	18,429
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	63,396	63,396
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	44,23	44,23
8		TPS 3R Gambir Asri	117,947	117,947
Total			510,121	510,121

b. Emisi CH₄ pada Pengangkutan dari TPS 3R ke Pengepul

Perhitungan emisi CH₄ pada sektor transportasi dengan cara mengalikan rata-rata konsumsi bahan bakar dengan faktor emisi. Perhitungan yang digunakan berdasarkan rumus IPCC metode Tier-2. Faktor emisi CH₄ yang digunakan pada bensin atau RON 92 yaitu 25 kg/TJ. Untuk mendapatkan hasil emisi diperlukan nilai kalor juga sesuai dengan jenis bahan bakar yang digunakan. Perhitungan emisi CH₄ pada TPS 3R GIAAAAAT akan digunakan sebagai contoh perhitungan yang telah dilakukan, dengan menghasilkan emisi CH₄ pada pengangkutan dari sumber menuju TPS 3R sebesar 0,021 Kg/Tahun. Berikut hasil perhitungan emisi CH₄ di TPS 3R GIAAAAAT dalam waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 43 Emisi CH₄ (Kg/Tahun) pada Pengangkutan TPS 3R ke Pengepul di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman

Jenis Kendaraan	Jumlah Waktu Pengangkutan dalam 1 Tahun	Jarak tempuh Per 2 Minggu (Km) (PP)	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar		Konsumsi Energi (TJ)	Emisi (Kg/Tahun)
				(Liter/Minggu)	(Liter/Tahun)	b = A x nilai kalor	CH ₄
					A		a
Pickup	24	8,6	RON 92	1,102	26,461	0,0008	0,021
Total							0,021

Contoh perhitungan emisi CH₄ Pickup:

- Konsumsi Energi (TJ/Tahun)
 - = Konsumsi Bahan Bakar (Liter/Tahun) x Nilai Kalor (TJ/Liter)
 - = 26,461 x (33x10⁻⁶) TJ/Liter
 - = 0,0008 TJ/Tahun
- Emisi (Kg/Tahun)
 - = Konsumsi Energi (TJ/Tahun) x FE CH₄
 - = 0,0008 TJ/Tahun x 72.600 Kg/Tj
 - = 0,021 Kg/Tahun

Berdasarkan dari tabel 4.43 diatas, jarak tempuh per-2 minggu didapatkan dari jarak antara TPS 3R GIAAAAAT ke Gudang Pengepulnya. Kemudian data (Liter/Tahun) didapatkan dari (Liter/Minggu) dikali jumlah minggu dalam 1 Tahun (52 Minggu). Jumlah emisi CH₄ yang didapatkan, yaitu 0,021 (Kg/Tahun). Setelah didapatkan hasil tersebut maka akan dilakukan perhitungan nilai Global Warming Potential (GWP) dengan hasil emisi CH₄ dikalikan sesuai nilai GWP dan didapatkan hasil sebesar 0,65 (Kg CO₂eq/Tahun).

Tabel 4. 44 Nilai GWP CH₄ (Kg CO₂eq/Tahun) pada Pengangkutan TPS 3R GIAAAAAT ke Pengepul

Jenis Gas	Nilai GWP	Emisi (Kg/Tahun)	GWP CH ₄
	a	Pengangkutan	Pengangkutan
		b	c = a x b
CH ₄	29,8	0,021	0,65

Contoh Perhitungan GWP CH₄:

- GWP CH₄ = Emisi (Kg/Tahun) x Nilai GWP CH₄
 - = 0,021 (Kg/Tahun) x 29,8 (Kg CO₂eq/Tahun).
 - = 0,65 (Kg CO₂eq/Tahun).

Berdasarkan data tabel 4.44 diatas, nilai GWP CH₄, yaitu 0,65 (Kg CH₄eq/Tahun). Berikut merupakan total hasil perhitungan emisi gas rumah kaca (Kg/Tahun) dan (Kg CH₄eq/Tahun) CH₄ yang dihasilkan dari

pengangkutan TPS 3R ke pengepul di Kabupaten Sleman dalam kurun waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 45 Nilai emisi CH₄ (Kg/Tahun) dan GWP CH₄ (Kg CO₂eq/tahun) Pengangkutan TPS 3R ke Pengepul

No	Kategori	Nama	Emisi (Kg/Tahun)	GWP (Kg CO ₂ eq/Tahun)
			CH ₄	CH ₄
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	0,024	0,718
2		TPS 3R Randu Alas	0,016	0,499
3		TPS 3R Brama Muda	0,0304	0,907
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	0,0203	0,605
5		TPS 3R Mexicana	0,006	0,189
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	0,021	0,6505
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	0,015	0,453
8		TPS 3R Gambir Asri	0,0406	1,2103
Total			0,175	5,234

c. Emisi N₂O pada Pengangkutan dari TPS 3R ke Pengepul

Perhitungan emisi N₂O pada sektor transportasi dengan cara mengalikan rata-rata konsumsi bahan bakar dengan faktor emisi. Faktor emisi N₂O yang digunakan pada bensin atau RON 92 yaitu 8 kg/TJ dan solar 74.433 kg/TJ. Untuk mendapatkan hasil emisi diperlukan nilai kalor juga sesuai dengan jenis bahan bakar yang digunakan. Perhitungan emisi N₂O pada TPS 3R GIAAAAAT akan digunakan sebagai contoh perhitungan yang telah dilakukan, dengan menghasilkan emisi N₂O pada pengangkutan dari sumber menuju TPS 3R sebesar 0,006 Kg/Tahun. Berikut hasil perhitungan emisi N₂O di TPS 3R GIAAAAAT dalam waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 46 Emisi N₂O (Kg/Tahun) pada Pengangkutan TPS 3R ke Pengepul di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman

Jenis Kendaraan	Jumlah Waktu Pengangkutan dalam 1 Tahun	Jarak tempuh Per 2 Minggu (Km) (PP)	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar		Konsumsi Energi (TJ)	Emisi (Kg/Tahun)
				(Liter/Minggu)	(Liter/Tahun)	b = A x nilai kalor	N ₂ O
				A		a	d = a x FE N ₂ O

Lanjutan Tabel 4.46

Pickup	24	8,6	RON 92	1,102	26,461	0,0008	0,006
Total							0,006

Contoh perhitungan emisi N₂O Pickup:

- Konsumsi Energi (TJ/Tahun)
 = Konsumsi Bahan Bakar (Liter/Tahun) x Nilai Kalor (TJ/Liter)
 = 26,461 x (33x10⁻⁶) TJ/Liter
 = 0,0008 TJ/Tahun
- Emisi (Kg/Tahun)
 = Konsumsi Energi (TJ/Tahun) x FE N₂O
 = 0,0008 TJ/Tahun x 72600 Kg/Tj
 = 0,006 Kg/Tahun

Berdasarkan dari tabel 4.46 diatas, jarak tempuh per-2 minggu didapatkan dari jarak antara TPS 3R GIAAAAAT ke Gudang Pengepulnya. Kemudian data (Liter/Tahun) didapatkan dari (Liter/Minggu) dikali jumlah minggu dalam 1 Tahun (52 Minggu). Jumlah emisi N₂O yang didapatkan, yaitu 0,006 (Kg/Tahun). Setelah didapatkan hasil tersebut maka akan dilakukan perhitungan nilai Global Warming Potential (GWP) dengan hasil emisi N₂O dikalikan sesuai nilai GWP dan didapatkan hasil sebesar 1,907 (Kg CO₂eq/Tahun).

Berikut hasil perhitungan nilai emisi N₂O (Kg/Tahun) dan nilai GWP (Kg CO₂eq/Tahun) pada pengangkutan TPS 3R ke pengepul yang telah didapatkan pada 8 sampel lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman.

Tabel 4. 47 Nilai Emisi N₂O (Kg/Tahun) dan GWP N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) Pengangkutan TPS 3R ke Pengepul

No	Kategori	Nama	Emisi (Kg/Tahun)	GWP (Kg CO ₂ eq/Tahun)
			N ₂ O	N ₂ O
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	0,007	2,106
2		TPS 3R Randu Alas	0,005	1,463
3		TPS 3R Brama Muda	0,009	2,661

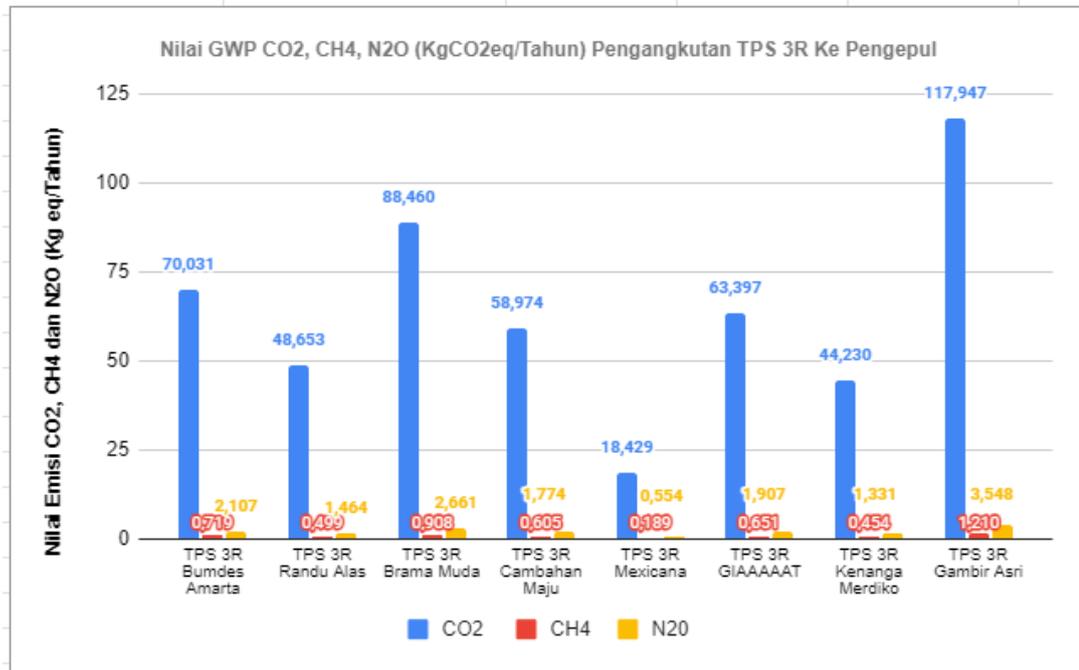
Lanjutan Tabel 4.47

1

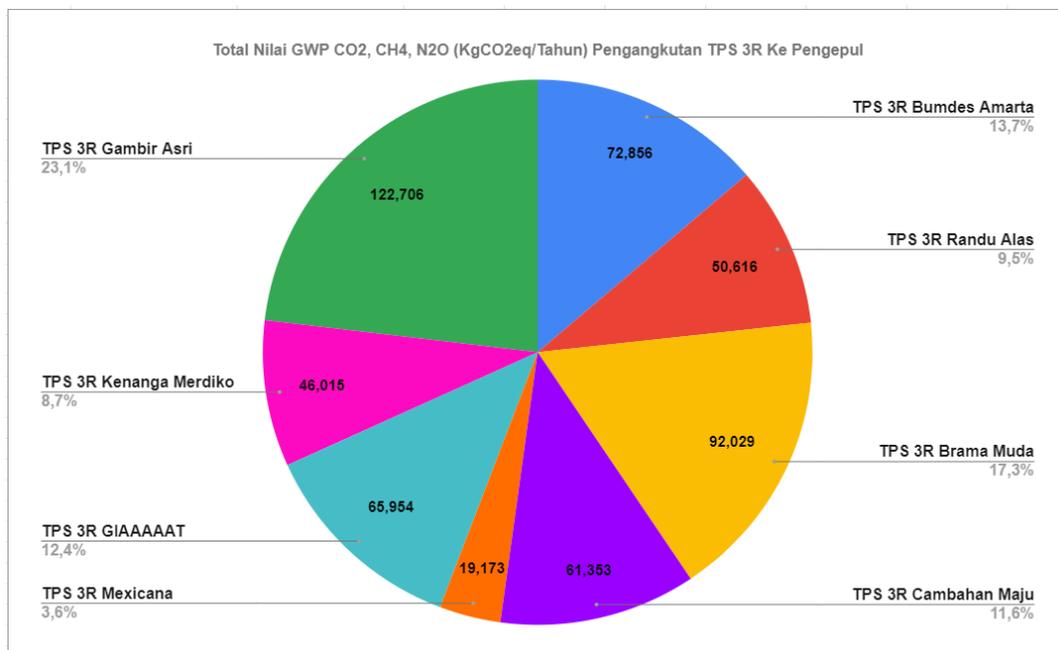
No	Kategori	Nama	Emisi (Kg/Tahun)	GWP (Kg CO ₂ eq/Tahun)
			N ₂ O	N ₂ O
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	0,006	1,774
5		TPS 3R Mexicana	0,002	0,554
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	0,006	1,907
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	0,004	1,3305
8		TPS 3R Gambir Asri	0,012	3,548
Total			0,056	15,345

Tabel 4. 48 Nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O dari Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke Pengepul di 8 Titik Sampel Lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman

No	Kategori	Nama	GWP (Kg CO ₂ eq/tahun)			Total
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	70,031	0,718	2,107	72,856
2		TPS 3R Randu Alas	48,653	0,499	1,464	50,616
3		TPS 3R Brama Muda	88,4603	0,907	2,661	92,029
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	58,973	0,605	1,774	61,353
5		TPS 3R Mexicana	18,429	0,189	0,554	19,173
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	63,396	0,6505	1,907	65,954
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	44,2301	0,453	1,3305	46,015
8		TPS 3R Gambir Asri	117,947	1,2103	3,548	122,706
Total			510,121	5,234	15,345	530,7



Gambar 4. 14 Grafik Perbandingan Nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O dari Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke Pengepul di 8 Titik Sampel Lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman



Gambar 4. 15 Total Nilai GWP (CO₂, CH₄, N₂O) dari Aktivitas Pengangkutan TPS 3R ke Pengepul di 8 Titik Sampel Lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman

Berdasarkan grafik pada gambar 4.15, terdapat hasil penelitian untuk semua nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O di 8 titik sampel TPS 3R Kabupaten Sleman dari aktivitas pengangkutan TPS 3R ke Pengepul dengan nilai GWP tertinggi terdapat di TPS 3R Gambir Asri dan nilai GWP terendah di TPS 3R Mexicana. Hal tersebut dikarenakan jarak tempuh yang dilalui cukup jauh sehingga membutuhkan konsumsi bahan bakar yang lebih banyak.

4.4.2 Pengangkutan Pengepul ke Pabrik Industri atau Supplier

Pengangkutan pengepul ke pabrik industri daur ulang atau supplier untuk mengirimkan barang-barang yang telah mereka kumpulkan agar dapat diolah dan dapat digunakan kembali. Pengepul di TPS 3R ini rata-rata menggunakan pihak pengepul yang sama, sehingga dari 8 sampel TPS 3R Kabupaten Sleman terdapat 2 pengepul. Pengepul pertama, yaitu Pak Harno mengambil sampah anorganik dari TPS 3R GIAAAAAT, TPS 3R Brama Muda, TPS 3R Randu Alas, TPS 3R Mexicana. Pengepul kedua, yaitu Pak Yanto mengambil sampah anorganik dari TPS 3R Kenanga Merdiko, TPS 3R Gambir Asri, TPS 3R Bumdes Amarta dan TPS 3R Cambahan Maju. Namun, untuk pengepul kedua pengambilannya menggunakan kendaraan truk, sedangkan pengepul pertama penggunaannya kendaraannya pickup.

Perhitungan pada pengangkutan pengepul ke pabrik industri daur ulang atau supplier ini sama dengan perhitungan pengangkutan dari TPS 3R ke Pengepul, persamaan yang digunakan persamaan (3.4) dan persamaan (3.5). Sehingga hasil dari emisi CO₂, CH₄ dan N₂O (Kg/tahun) dan nilai GWP CO₂, CH₄ dan N₂O (Kg eq/Tahun) didapatkan sebagai berikut:

Tabel 4. 49 Emisi (Kg/Tahun) CO₂, CH₄, N₂O pada Pengangkutan Pengepul ke Pabrik Industri Daur Ulang/Supplier

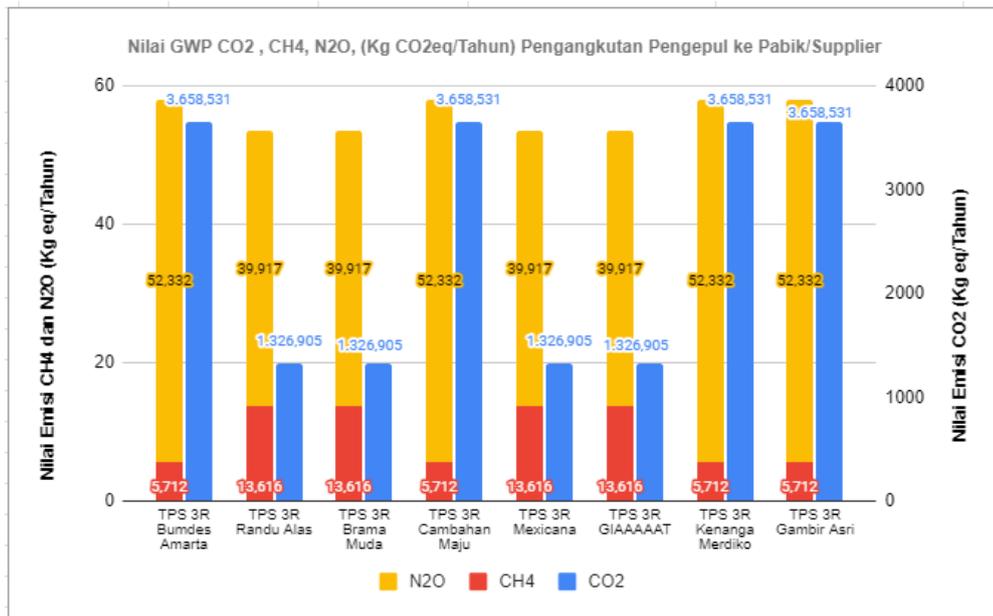
No	Kategori	Nama	Emisi (Kg/Tahun)		
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	3.658,5308	0,191	0,191
2		TPS 3R Randu Alas	1.326.904	0,456	0,146
3		TPS 3R Brama Muda	1.326,904	0,456	0,146
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	3.658,5308	0,191	0,191

Lanjutan Tabel 4.49

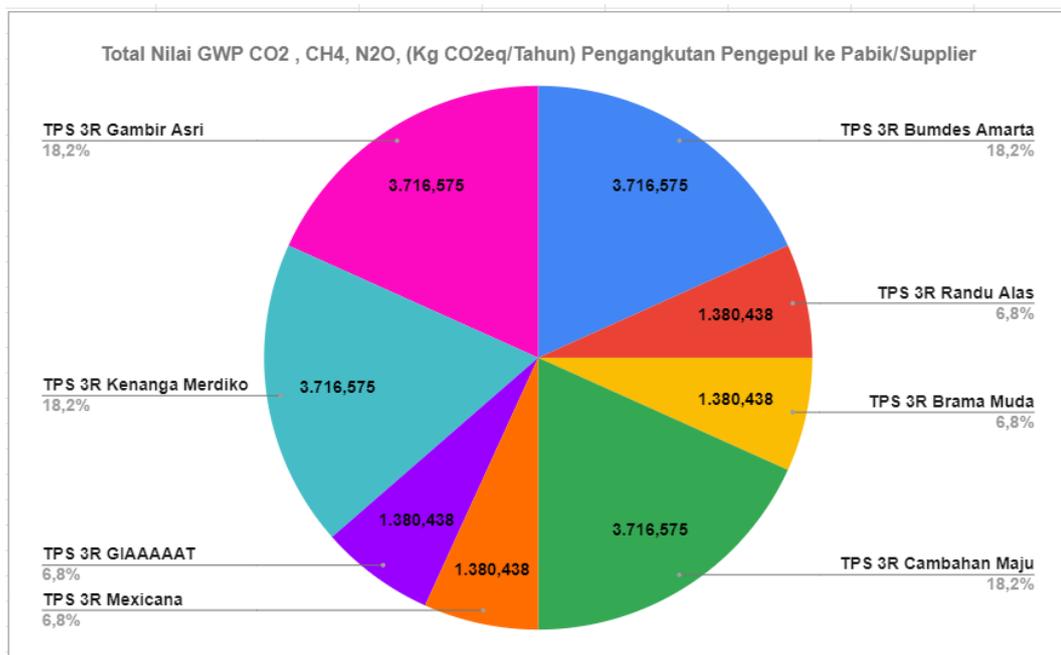
No	Kategori	Nama	Emisi (Kg/Tahun)		
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O
5	Sedang	TPS 3R Mexicana	1.326,904	0,456	0,146
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	1.326,904	0,456	0,146
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	3.658,5308	0,191	0,191
8		TPS 3R Gambir Asri	3.658,5308	0,191	0,191
Total			19.941,741	2,594	1,351

Tabel 4. 50 Nilai GWP (Kg CO₂eq/Tahun) CO₂, CH₄, N₂O pada Pengangkutan Pengepul ke Pabrik Industri Daur Ulang/Supplier

No	Kategori	Nama	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)		
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	3.658,5308	5,712	52,332
2		TPS 3R Randu Alas	1.326,904	13,616	39,916
3		TPS 3R Brama Muda	1.326,904	13,616	39,916
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	3.658,5308	5,712	52,332
5		TPS 3R Mexicana	1.326,904	13,616	39,916
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	1.326,904	13,616	39,916
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	3.658,5308	5,712	52,332
8		TPS 3R Gambir Asri	3.658,5308	5,712	52,332
Total			19.941,741	77,315	368,995



Gambar 4. 16 Grafik Perbandingan Nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) pada Pengangkutan Pengepul ke Pabrik Industri Daur Ulang/Supplier



Gambar 4. 17 Total Nilai GWP (CO₂, CH₄, N₂O) (Kg CO₂eq/Tahun) pada Pengangkutan Pengepul ke Pabrik Industri Daur Ulang/Supplier

Berdasarkan gambar 4.17, terdapat hasil penelitian pada pengangkutan pengepul ke pabrik industri daur ulang atau supplier untuk semua nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O di 8 titik sampel TPS 3R Kabupaten Sleman dengan nilai GWP tertinggi terdapat di TPS 3R Bumdes Amarta, TPS 3R Cambahan Maju, TPS 3R Kenanga Merdiko dan TPS 3R Gambir Asri. Hal tersebut dikarenakan pengepul yang mengambil sampah anorganiknya sama, yaitu Pak Yanto sehingga pengiriman ke pabrik/suppliernya juga sama. Sedangkan untuk nilai GWP terkecil terdapat pada pengepul Pak Harno yang mengambil sampah anorganik di TPS 3R Randu Alas, TPS 3, TPS 3R Brama Muda, TPS 3R Mexicana dan TPS 3R GIAAAAAT.

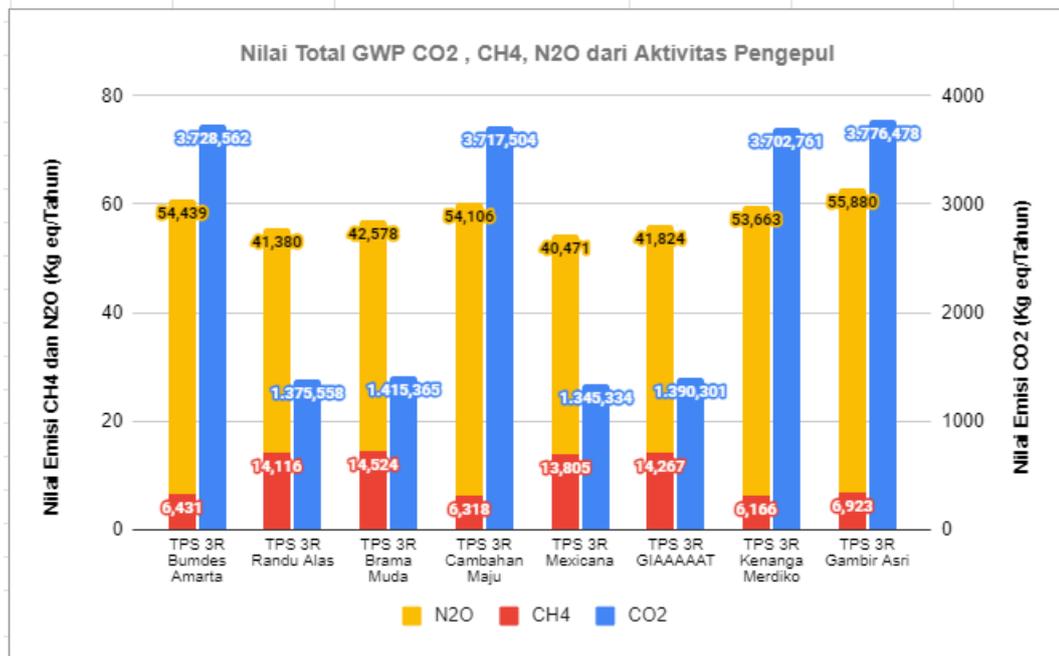
Pengepul kedua Pak Yanto memiliki emisi tertinggi dikarenakan jarak pengiriman ke pabrik industri daur ulang/supplier lebih jauh. Pengiriman pengepul Pak Yanto ke Magelang dan pengepul Pak Harno ke Klaten. Hal tersebut dikarenakan jarak tempuh untuk pengiriman yang dilalui cukup jauh sehingga membutuhkan konsumsi bahan bakar yang lebih banyak.

4.4.3 Total Emisi Gas Rumah Kaca Aktivitas Pengepul

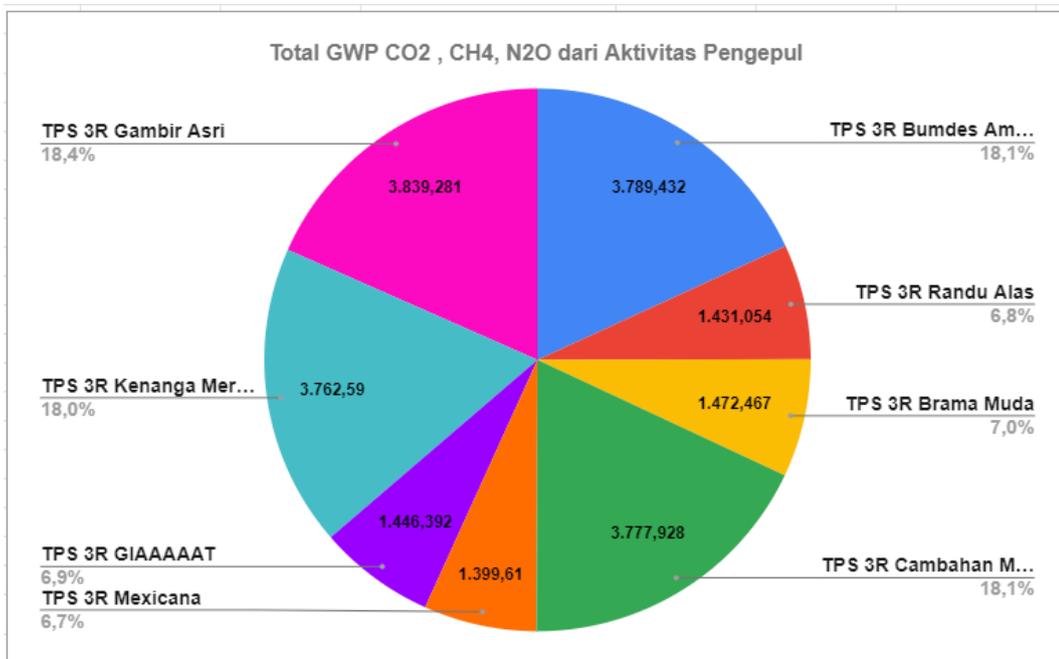
Total emisi gas rumah kaca aktivitas pengepul, berasal dari aktivitas pengangkutan TPS 3R ke pengepul dan pengangkutan pengepul menuju pabrik industri/supplier. Total ini untuk mengetahui jumlah emisi yang dihasilkan dari aktivitas seluruh pengepul.

Tabel 4. 51 Total Emisi GWP (Kg CO₂eq/Tahun) dari Aktivitas Pengepul

No	Kategori	Nama	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	3.728,562	6,431	54,439	3.789,432
2		TPS 3R Randu Alas	1.375,558	14,116	41,38	1.431,054
3		TPS 3R Brama Muda	1.415,365	14,524	42,578	1.472,467
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	3.717,504	6,318	54,106	3.777,928
5		TPS 3R Mexicana	1.345,334	13,805	40,471	1.399,61
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	1.390,301	14,267	41,824	1.446,392
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	3.702,761	6,166	53,663	3.762,59
8		TPS 3R Gambir Asri	3.776,478	6,923	55,88	3.839,281
Total			20.451,863	82,55	384,342	20.918,754



Gambar 4. 18 Grafik Perbandingan Total Emisi GWP CO₂, CH₄, N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) dari Aktivitas Pengepul



Gambar 4. 19 Total Emisi GWP (CO₂, CH₄, N₂O) (Kg CO₂eq/Tahun) dari Seluruh Aktivitas Pengepul

Berdasarkan gambar 4.19 di atas, total emisi GWP dari Aktivitas Pengepul terbesar terdapat di TPS 3R Gambir Asri dan yang terendah terdapat di TPS 3R Mexicana. Hal tersebut dikarenakan jarak tempuh yang dilalui lebih jauh, sehingga membutuhkan bahan bakar yang lebih banyak.

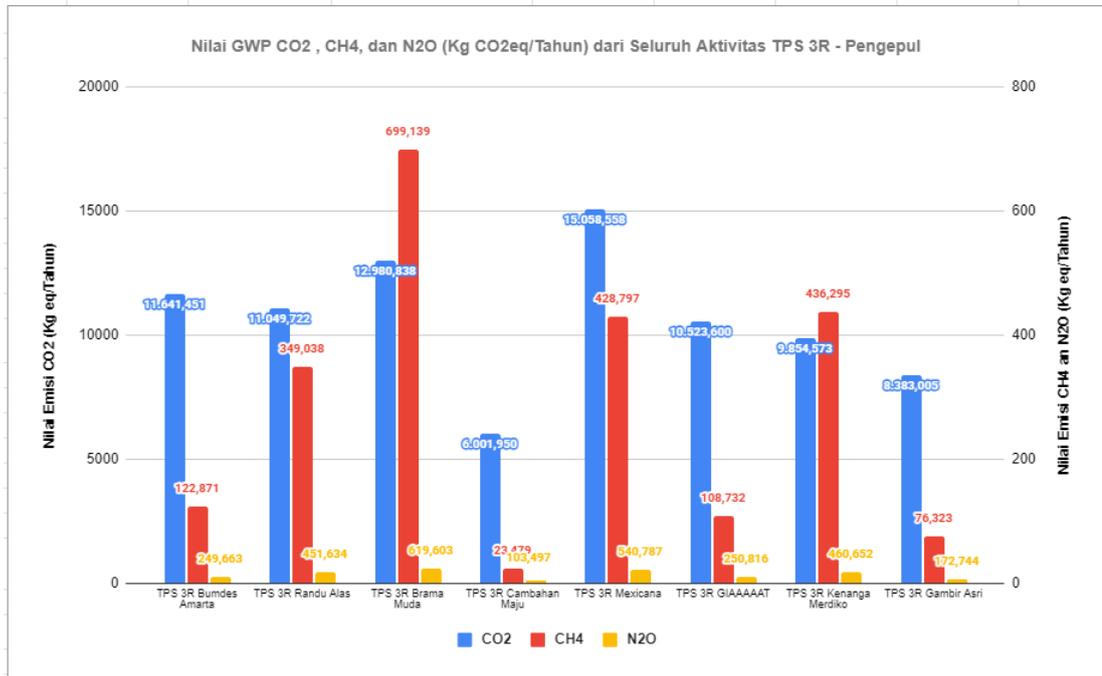
4.5. Total Emisi Gas Rumah Kaca

4.5.1 Total Emisi Gas Rumah Kaca di TPS 3R

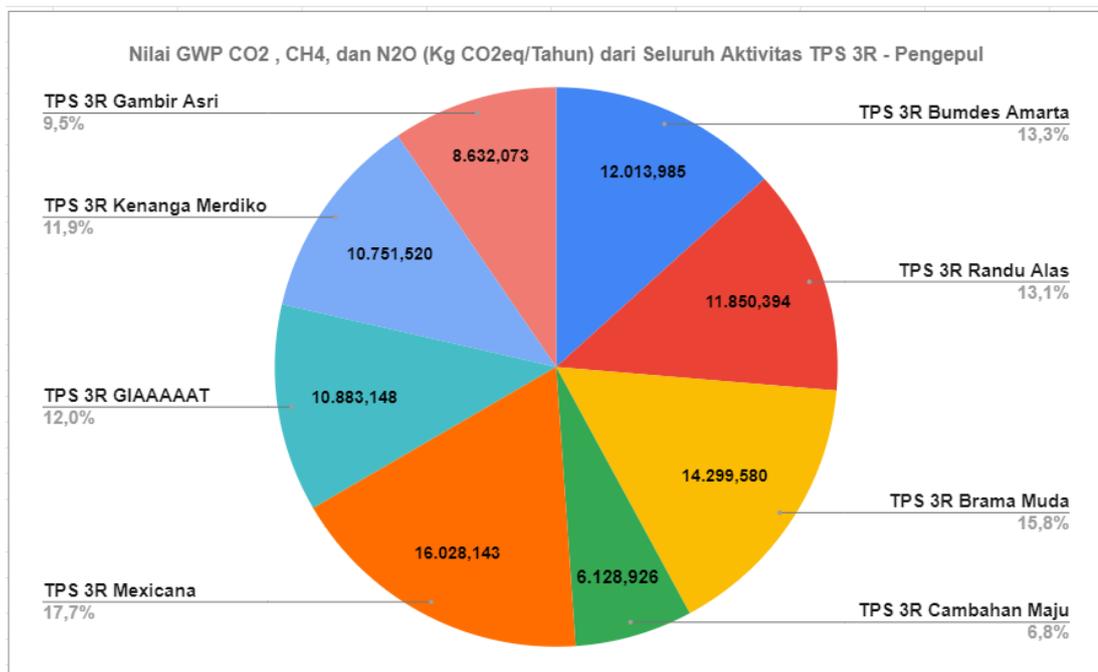
Total emisi gas rumah kaca ini didapatkan dari pengumpulan sampah dari sumber ke TPS 3R, pengolahan di TPS 3Rnya seperti penggunaan mesin dan pengomposan, TPS 3R ke TPA, TPS 3R ke pengepul, hingga pengepul ke pabrik industri daur ulang atau supplier. Total emisi ini untuk mengetahui perbandingan di setiap TPS 3R yang menghasilkan emisi GWP CO₂, CH₄, N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) terbesar. Berikut hasil perhitungan emisi GRK dalam kurun waktu 1 tahun di 8 titik sampel lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman.

Tabel 4. 52 Nilai total GWP CO₂, CH₄, N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) di 8 sampel lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman

No	Kategori	Nama	GWP (Kg CO ₂ eq/Tahun)			Total
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	11.641,451	122,871	249,663	12.103,985
2		TPS 3R Randu Alas	11.049,722	349,038	451,634	11.850,394
3		TPS 3R Brama Muda	12.980,838	699,139	619,603	14.299,580
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	6.001,950	23,479	103,497	6.128,926
5		TPS 3R Mexicana	15.058,558	428,797	540,787	16.028,143
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	10.506,596	114,565	261,200	10.883,148
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	9.854,573	436,295	460,652	10.751,52
8		TPS 3R Gambir Asri	8.383,005	76,323	172,744	8.632,073
Total			85.476,692	2.244,676	2.859,780	90.587,769



Gambar 4. 20 Grafik perbandingan Total Emisi GWP CO₂, CH₄, N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) di 8 sampel lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman



Gambar 4. 21 Total GWP CO₂, CH₄, N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) di 8 sampel lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman

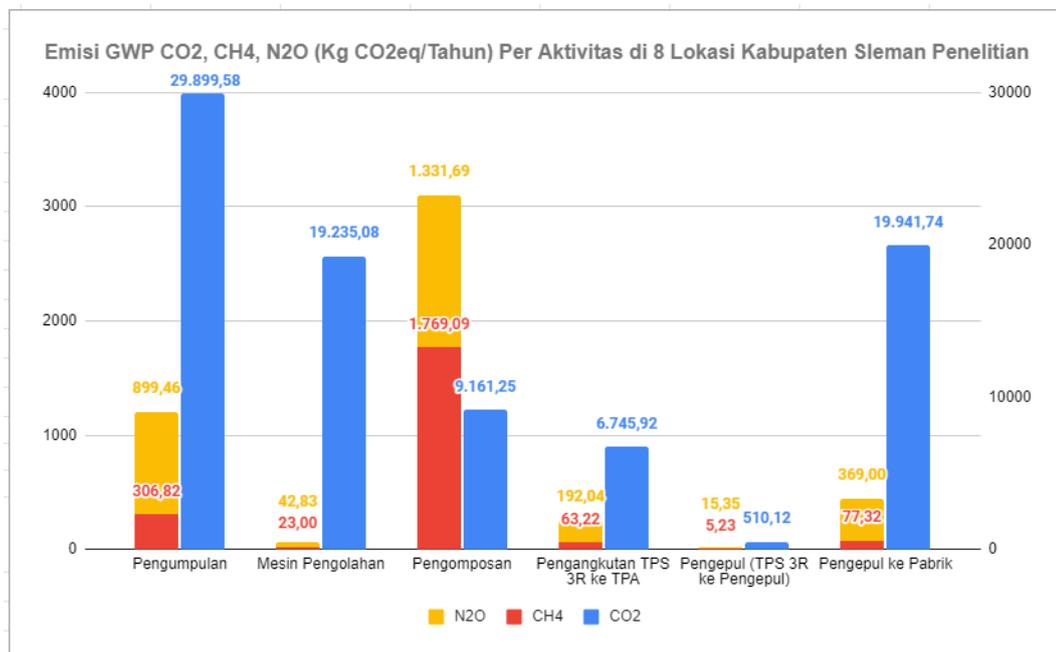
Berdasarkan dari gambar 4.21, perbandingan dari hasil perhitungan total nilai GWP CO₂ tertinggi terdapat di TPS 3R Mexicana sebesar 15.058,558 (Kg CO₂eq/Tahun). Nilai GWP terbesar CH₄ serta N₂O terdapat di TPS 3R Brama Muda sebesar CH₄ 699,139 (Kg CO₂eq/Tahun) dan N₂O sebesar 619,603 (Kg CO₂eq/Tahun). Keseluruhan emisi terbesar dari aktivitas di TPS 3R terdapat di TPS 3R Mexicana 16.028,143 (Kg CO₂eq/Tahun) dan terendah di TPS 3R Cambahan Maju 6.128,926 (Kg CO₂eq/Tahun). Tingginya emisi GRK disebabkan dari besarnya konsumsi bahan bakar yang digunakan berdasarkan kebutuhan mesin pengolahan serta jarak tempuh pengumpulan sampah dan pengangkutan sampah. Semakin banyak bahan bakar yang digunakan akan semakin banyak juga emisi yang dihasilkan.

4.5.2 Rata-Rata Per Aktivitas dan Jumlah Seluruh Emisi 23 TPS 3R di Kabupaten Sleman

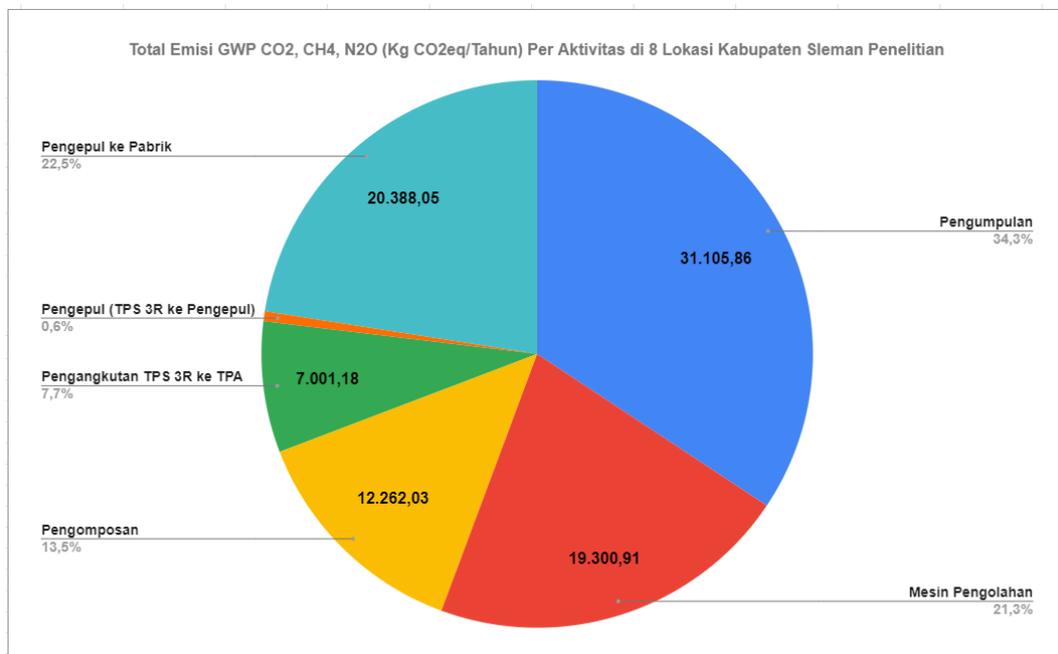
Tabel 4. 53 Total Emisi GWP Per Aktivitas di TPS 3R Kabupaten Sleman

No	Aktivitas	GWP (Kg CO ₂ eq/Tahun)			TOTAL
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
1	Pengumpulan	29.899,584	306,821	899,458	31.105,863
2	Mesin Pengolahan	19.235,083	23,0001	42,826	19.300,909
3	Pengomposan	9.161,246	1.769,088	1.331,694	12.262,028
4	Pengangkutan TPS 3R ke TPA	6.745,921	63,217	192,0401	7.001,178
5	Pengepul (TPS 3R ke Pengepul)	510,121	5,234	15,345	530,701
6	Pengepul ke Pabrik	19.941,741	77,315	368,995	20.388,052
Total		85.493,696	2.244,675	2.850,361	90.588,733

Tabel 4.53 merupakan total aktivitas pengolahan di TPS 3R sampai menuju pabrik industri dari pengepul yang mengambil sampah anorganiknya di TPS 3R. Total emisi GWP tersebut untuk mengetahui penyumbangan emisi GRK yang tertinggi.



Gambar 4. 22 Emisi GWP (CO₂, CH₄, N₂O) (Kg CO₂eq/Tahun) Per Aktivitas di 8 Lokasi Penelitian Kabupaten Sleman



Gambar 4. 23 Total GWP (CO₂, CH₄, N₂O) (Kg CO₂eq/Tahun) Per Aktivitas di 8 Lokasi Penelitian Kabupaten Sleman

Total emisi GWP per aktivitas di TPS 3R Kabupaten Sleman, untuk mengetahui dari seluruh aktivitas yang dilakukan pada TPS 3R, aktivitas

pengumpulan menjadi aktivitas yang tertinggi dalam menghasilkan emisi gas rumah kaca sebesar 31.205,863 (Kg CO₂eq/Tahun) . Sedangkan aktivitas terendah dalam menghasilkan emisi GRK terdapat di aktivitas pengepul (TPS 3R ke Pengepul) sebesar 530,701 (Kg CO₂eq/Tahun). Aktivitas pengumpulan menjadi tinggi dikarenakan ritasi yang ada dari adanya banyak sampah di setiap rumah, sehingga perlu dilakukan pengambilan berulang kali apabila dalam satu rute belum selesai. Aktivitas pengepul (TPS 3R ke Pengepul) memiliki emisi terendah dikarenakan jarak tempuh yang cukup dekat, sehingga penggunaan bahan bakar tidak terlalu banyak.

Tabel 4. 54 Rata-rata Aktivitas per TPS 3R dan Total Emisi GWP di 23 TPS 3R Kabupaten Sleman

No	Aktivitas	Total Emisi Per Aktivitas di TPS3R Penelitian (Kg CO ₂ eq/Tahun)	RATA – RATA (Kg CO ₂ eq/Tahun)	Total Seluruh Emisi GWP TPS 3R di Kabupaten Sleman (23 TPS 3R) (Kg CO ₂ eq/Tahun)
1	Pengumpulan	31.105,863	3.888,232	89.429,357
2	Mesin Pengolahan	19.300,909	2.412,613	55.490,115
3	Pengomposan	12.262,028	1.532,753	35.253,331
4	Pengangkutan TPS 3R ke TPA	7001,178	875,147	20.128,386
5	Pengepul (TPS 3R ke Pengepul)	530,701	66,337	1.525,767
6	Pengepul ke Pabrik	20.388,052	2.548,506	58.615,651
Total		90.588,733	90.588,733	260.442,607

Contoh perhitungan:

- Rata-rata Pengumpulan

$$= \frac{\text{Total Emisi per Aktivitas}}{\text{Jumlah Sampel Lokasi Penelitian}}$$

$$= \frac{31.105,863 \text{ (Kg CO}_2\text{eq/Tahun)}}{8 \text{ TPS 3R}}$$

$$= 3.888,232 \text{ (Kg CO}_2\text{eq/Tahun)}$$
- Total 23 TPS 3R

$$= \text{Rata – rata} \times \text{Jumlah seluruh TPS 3R}$$

$$= 3.888,232 \text{ (Kg CO}_2\text{eq/Tahun)} \times 23 \text{ TPS 3R}$$

$$= 89.429,357 \text{ (Kg CO}_2\text{eq/Tahun)}$$

Rata-rata peraktivitas dan rata-rata total peraktivitas pada 8 TPS 3R penelitian di Kabupaten Sleman digunakan sebagai penentuan dalam menentukan

total emisi GWP yang dihasilkan di 23 TPS 3R, serta 8 TPS 3R tersebut dapat mewakili dari 23 TPS 3R untuk mengetahui jumlah emisi GWP pada aktivitas pengelolaan sampah yang dilakukan di TPS 3R. Setelah dilakukan rata-rata, total emisi yang dihasilkan di 23 TPS 3R Kabupaten Sleman sebesar 260.442,607 (Kg CO₂eq/Tahun).

4.6. Perbandingan Aktivitas Diluar TPS 3R

4.6.1 Pembakaran

Pembakaran sampah secara terbuka mencakup dari pembakaran sampah yang dilakukan secara terbuka dimana emisinya langsung ke udara terbuka atau ditempat penimbunan sampah terbuka. Skenario pembakaran dilakukan untuk mengetahui apakah pengelolaan sampah secara pembakaran terbuka dapat mengurangi emisi GRK yang dihasilkan atau lebih efektif adanya pengelolaan sampah di TPS 3R. Apabila skenario pembakaran dapat menghasilkan emisi yang lebih kecil maka dapat digunakan sebagai pengelolaan sampah yang saat ini menjadi permasalahan di Yogyakarta.

Perhitungan pembakaran membutuhkan data *dry matter* (DM), fraksi karbon (CF), fraksi fosil karbon (FCF), dan faktor oksidasi (OF) yang datanya sudah ada ketentuan di IPCC 2006. Sampah yang dibakar secara terbuka akan menghasilkan emisi GRK berupa CH₄, CO₂, dan N₂O. Persamaan yang digunakan persamaan (3.10), (3.11) dan (3.12). Perhitungan emisi GRK pada TPS 3R GIAAAAAT akan digunakan sebagai contoh perhitungan pada timbulan sampah yang dibakar secara terbuka dalam kurun waktu 1 tahun, sebagai berikut:

Tabel 4. 55 Timbulan Sampah pada 8 sampel lokasi TPS 3R di Kabupaten Sleman 1 Tahun

No	Kategori	Nama	Total Kg/Tahun	Total Gg/Tahun
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	49.900.032	49,9003
2		TPS 3R Randu Alas	24.950.016	24,95
3		TPS 3R Brama Muda	49.132.339,2	49,132

Lanjutan Tabel 4.55

No	Kategori	Nama	Total Kg/Tahun	Total Gg/Tahun
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	39.920.025,6	39,92
5		TPS 3R Mexicana	79.840.051,2	79,84
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	59.880.038,4	59,88
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	8.996,400	8,996
8		TPS 3R Gambir Asri	9.212.313,6	9,212
Total			321.831,216	321,831

a. Emisi CO₂

Berikut ini tabel hasil perhitungan pembakaran CO₂ pada beberapa jenis sampah:

Tabel 4. 56 Pembakaran CO₂ pada TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman

Jenis Sampah	Jumlah Sampah Yang Dibakar (Gg/Tahun)	Dry Matter Content (Dm)	Fraksi Karbon (CF)	Fraksi Fosil Karbon (FCF)	Faktor Oksidasi (OF)	Faktor Konversi	Emisi CO ₂ (Gg/Tahun)	Emisi CO ₂ (Kg/Tahun)
	a	b	c	d	e	f	g	h
	$g = a \times b \times c \times d \times e \times f$						$h = g \times 10^6$	
Sisa Makanan	44,316	40%	38%	0	0,58	3,667	0	0
Kayu/Ranting	0,587	85%	50%	0	0,58	3,667	0	0
Kertas/Karton	6,038	90%	46%	0,01	0,58	3,667	0,053	53.168,645
Plastik	4,708	100%	75%	1	0,58	3,667	7,511	7.510.667,494
Logam	1,222	100%	0%	0	0,58	3,667	0	0
Kain	0,9404	80%	50%	0,2	0,58	3,667	0,16002	160.023,721
Karet/Kulit	0,329	40%	67%	0,2	0,58	3,667	0,037	37.559,707
Kaca	1,048	100%	0%	0	0,58	3,667	0	0
Lainnya	0,688	90%	0%	0	0,58	3,667	0	0
Total							7.761	7.761.419,569

Contoh perhitungan pembakaran CO₂ pada kertas/karton:

Diketahui: Volume sampah = 2,5 liter → 0,0025 m³

Berat = 0,4 kg

Komposisi sampah kertas/karton= 10,08 %

$$\begin{aligned} \text{Jumlah sampah masuk} &= 12 \text{ m}^3/\text{hari} \rightarrow 72 \text{ m}^3/\text{minggu} \rightarrow \\ &3.744 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$

Catatan: - Volume sampah dan berat sumber dari SNI 8632-2018

- Komposisi sampah sumber dari SIPSN

- Massa Jenis (Kg/m^3)

$$= \left(\frac{0,4 \text{ kg}}{0,0025 \text{ m}^3} \right) = 160 \text{ kg/m}^3$$
- Jumlah sampah (Kg/Hari)

$$\begin{aligned} &= \text{Massa jenis } (\text{Kg/m}^3) \times \text{jumlah sampah masuk } (\text{m}^3/\text{hari}) \\ &= 160 \text{ kg/m}^3 \times 12 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 1.920 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$
- Jumlah sampah yang dibakar Kg/Tahun

$$\begin{aligned} &= \text{Komposisi Sampah } (\%) \times \text{Jumlah Sampah Masuk } (\text{kg/hari}) \\ &= 10,08 \% \times 1.920 \text{ kg/hari} \\ &= 19.353,6 \text{ kg/hari} \\ &= 116.121,6 \text{ kg/minggu} \\ &= 6.038.323,2 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$
- Jumlah sampah yang dibakar Gg/Tahun

$$\begin{aligned} &= \frac{6.038.323,2 \text{ kg/tahun}}{10^6} \\ &= 6,038 \text{ Gg/Tahun} \end{aligned}$$
- Emisi CO_2 ($\text{Gg CO}_2/\text{Tahun}$)

$$\begin{aligned} &= \text{Jumlah sampah yang dibakar } (\text{Gg/Tahun}) \times \text{DM} \times \text{CF} \times \text{FCF} \times \text{OF} \\ &\quad \times \text{Faktor Konversi} \\ &= 6,038 (\text{Gg/Tahun}) \times 90\% \times 46\% \times 0,01 \times 0,58 \times \left(\frac{44}{12} \right) \\ &= 0,053 (\text{Gg CO}_2/\text{Tahun}) \end{aligned}$$
- Emisi CO_2 ($\text{Kg CO}_2/\text{Tahun}$)

$$\begin{aligned} &= \text{Emisi CO}_2 (\text{Gg CO}_2/\text{Tahun}) \times 10^6 \\ &= 0,053 (\text{Gg CO}_2/\text{Tahun}) \times 10^6 \\ &= 53.168,645 (\text{Kg CO}_2/\text{Tahun}) \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel 4.56 diatas, data dari Dm, CF, FCF, OF dan faktor konversi sudah terdapat ketentuannya di Kementrian Lingkungan Hidup (KLH) 2012 Buku II, Volume 4. Hasil dari pembakaran jenis sampah plastik yang memiliki emisi CO₂ terbesar, yaitu 7.510.667,494 (Kg/Tahun). Setelah didapatkan hasil tersebut maka dijumlah keseluruhan dari jenis sampahnya, kemudian akan dilakukan perhitungan nilai Global Warming Potential (GWP) keseluruhan dari jenis sampah dengan hasil emisi CO₂ dikalikan sesuai nilai GWP. Karena nilai GWP CO₂ 1 maka hasil yang didapatkan sama, yaitu 7.761.419,596 (Kg CO₂eq/Tahun).

Tabel 4. 57 Nilai GWP CO₂ pada Pembakaran

Jenis Gas	Nilai GWP	Emisi (Kg/Tahun)	GWP CO ₂ (Kg CO ₂ eq/Tahun)
	a	b	c = a x b
CO ₂	1	7.761.419,569	7.761.419,569

b. Emisi CH₄

Berikut ini tabel hasil perhitungan pembakaran CH₄ pada beberapa jenis sampah:

Tabel 4. 58 Pembakaran CH₄ pada TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman

Jenis Sampah	Jumlah Sampah Yang Dibakar (Gg)	Faktor Emisi (Gg CH ₄)	Emisi CH ₄ (Gg CH ₄ /Tahun)	Emisi CH ₄ (Kg CH ₄ /Tahun)
	a	b	c c = a x b x 10 ⁻⁶	d d = c x 10 ⁶
Sisa Makanan	44,316	6.500	0,288	288.060,364
Kayu/Ranting	0,587	6.500	0,003	3.815,884
Kertas/Karton	6,038	6.500	0,039	39.249,101
Plastik	4,708	6.500	0,031	30.604,953
Logam	1,222	6.500	0,007	7.943,270
Kain	0,9404	6.500	0,006	6.113,203
Karet/Kulit	0,329	6.500	0,002	2.141,568
Kaca	1,048	6.500	0,006	6.814,08
Lainnya	0,688	6.500	0,004	4.477,824
Total			0,389	389.220,249

Contoh Perhitungan pembakaran CH₄ pada kertas/karton:

- Emisi CH₄ (Gg/Tahun)
 = Jumlah Sampah yang dibakar (Gg/Tahun) x Faktor Emisi CH₄ x (10⁻⁶)
 = 6.038 Gg/Tahun x 6.500 x 10⁻⁶
 = 0,039 Gg/Tahun
- Emisi CH₄ (Kg/Tahun)
 = Emisi CH₄ (Gg/Tahun) x 10⁶
 = 0,039 Gg/Tahun x 10⁶
 = 39.249,101 Kg/Tahun

Berdasarkan tabel 4.58 diatas, hasil dari pembakaran jenis sampah sisa makanan yang memiliki emisi CH₄ terbesar, yaitu 288060,3648 Kg/Tahun. Setelah didapatkan hasil tersebut maka dijumlah keseluruhan dari jenis sampahnya, kemudian akan dilakukan perhitungan nilai Global Warming Potential (GWP) keseluruhan dari jenis sampah dengan hasil emisi CH₄ dikalikan sesuai nilai GWP dan didapatkan hasil sebesar 10.586.790,70 (Kg CO₂eq/Tahun).

Tabel 4. 59 Nilai GWP CH₄ pada TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman

Jenis Gas	Nilai GWP	Emisi (Kg/Tahun)	GWP (Kg CO ₂ eq/Tahun)
	a	b	c = a x b
CH ₄	27,2	389.220,249	10.586.790,79

c. Emisi N₂O

Berikut hasil perhitungan pembakaran N₂O pada beberapa jenis sampah:

Tabel 4. 60 Pembakaran N₂O pada TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman

Jenis Sampah	Jumlah Sampah Yang Dibakar (Gg)	Faktor Emisi (Gg N ₂ O)	Emisi N ₂ O (Gg/Tahun)	Emisi N ₂ O (Kg/Tahun)
	a	b	c	d
			c = a x b x 10 ⁻⁶	d = c x 10 ⁶
Sisa Makanan	44,316	150	0,006	6.647,546

Lanjutan Tabel 4.60

Jenis Sampah	Jumlah Sampah Yang Dibakar (Gg)	Faktor Emisi (Gg N ₂ O)	Emisi N ₂ O (Gg/Tahun)	Emisi N ₂ O (Kg/Tahun)
	a	b	c	d
				$c = a \times b \times 10^{-6}$
Kayu/Ranting	0,587	150	0,00008	88,058
Kertas/Karton	6,038	150	0,0009	905,748
Plastik	4,708	150	0,0007	706,268
Logam	1,222	150	0,0002	183,306
Kain	0,9404	150	0,0001	141,073
Karet/Kulit	0,329	150	0,00004	49,421
Kaca	1,048	150	0,0002	157,248
Lainnya	0,688	150	0,0001	103,334
Total			0,008	8.982,005

Contoh perhitungan pembakaran N₂O pada kertas/karton :

- Emisi N₂O (Gg/Tahun)
 = Jumlah Sampah yang dibakar (Gg/Tahun) x Faktor Emisi N₂O x (10⁻⁶)
 = 6,038 Gg/Tahun x 150 x 10⁻⁶
 = 0,0009 Gg/Tahun
- Emisi N₂O₄ (Kg/Tahun)
 = Emisi N₂O (Gg/Tahun) x 10⁶
 = 0,0009 Gg/Tahun x 10⁶
 = 905,748 Kg/Tahun

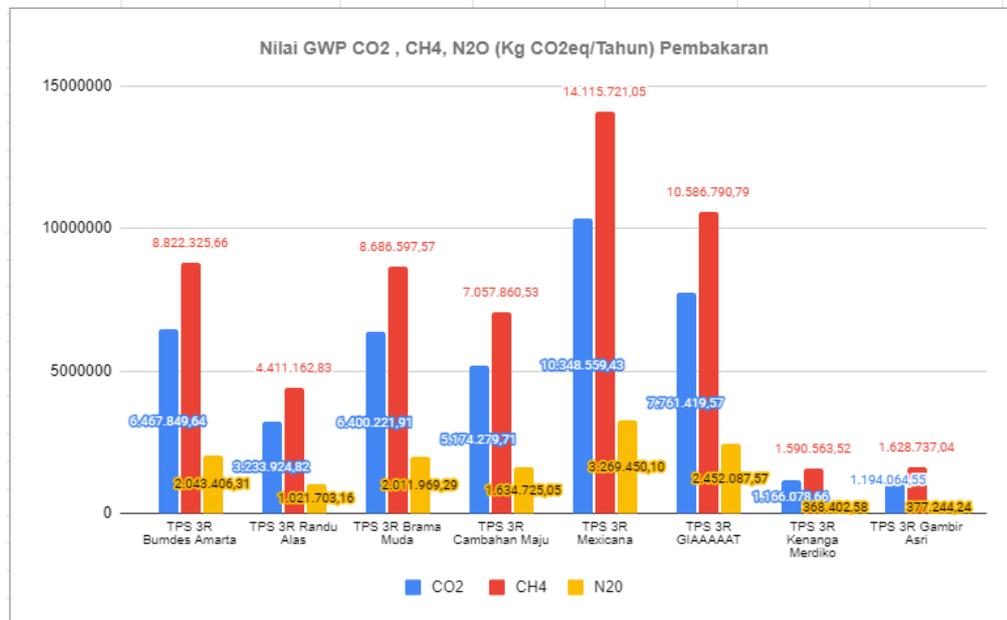
Berdasarkan tabel 4.60 diatas, hasil dari pembakaran jenis sampah sisa makanan yang memiliki emisi N₂O terbesar, yaitu 6.647,546 Kg/Tahun. Setelah didapatkan hasil tersebut dijumlah keseluruhan dari jenis sampahnya, kemudian dilakukan perhitungan nilai GWP keseluruhan dari jenis sampah dengan hasil emisi N₂O dikalikan sesuai nilai GWP dan didapatkan hasil sebesar 2.452.087,572 (Kg CO₂eq/Tahun).

Tabel 4. 61 Nilai GWP N₂O

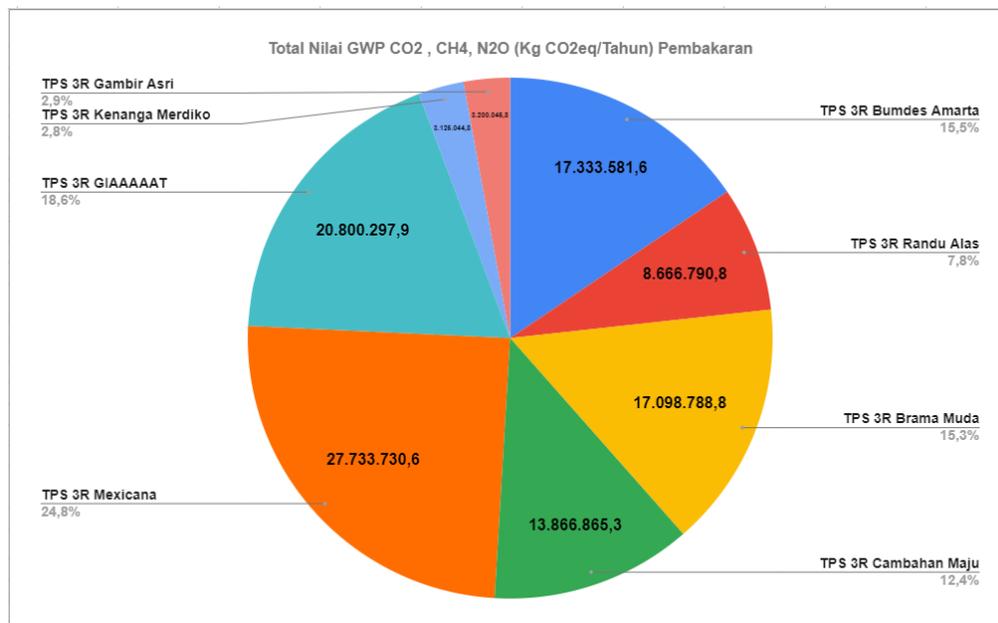
Jenis Gas	Nilai GWP	Emisi (Kg/Tahun)	GWP (Kg CO ₂ eq/Tahun)
	a	b	c = a x b
N ₂ O	273	8.982,005	2.452.087,572

Tabel 4. 62 Nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) pada Pembakaran di 8 sampel lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman

No	Kategori	Nama	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	6.467.849,64	8.822.325,66	2.043.406,31	17.333.581,6
2		TPS 3R Randu Alas	3.233.924,82	4.411.162,83	1.021.703,15	8.666.790,8
3		TPS 3R Brama Muda	6.400.221,91	8.686.597,57	2.011.969,29	17.098.788,8
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	5.174.279,71	7.057.860,53	1.634.725,05	13.866.865,3
5		TPS 3R Mexicana	10.348.559,43	14.115.721,05	3.269.450,1	27.733.730,6
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	7.761.419,57	10.586.790,79	24.52.087,57	20.800.297,9
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	1.166.078,66	1.590.563,52	368.402,58	3.125.044,8
8		TPS 3R Gambir Asri	1.194.064,55	1.628.737,04	377.244,24	3.200.045,8
Total			41.746.398,29	56.899.758,99	13.178.988,3	111.825.145,6



Gambar 4. 24 Grafik Perbandingan nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O pada Pembakaran di 8 sampel lokasi TPS 3R Kabupaten Sleman



Gambar 4.25 Total GWP (CO₂, CH₄, N₂O) (Kg CO₂eq/Tahun) pada Pembakaran

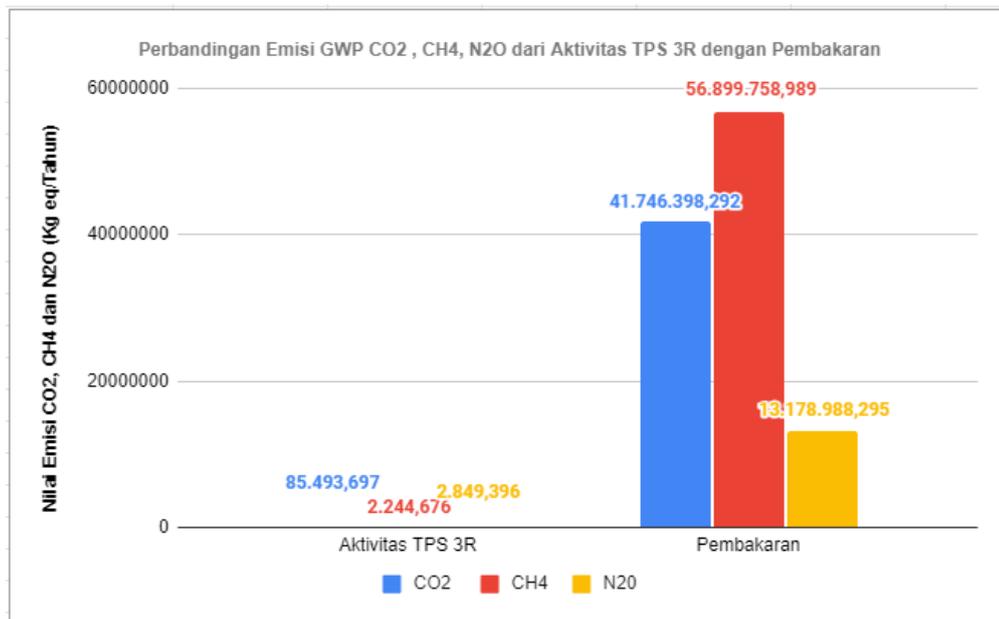
Berdasarkan dari gambar 4.25, perbandingan nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O pada Pembakaran yang tertinggi terdapat di TPS 3R Mexicana dan yang terendah di TPS 3R Kenanga Merdiko. Besarnya nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O di TPS 3R Mexicana diakibatkan oleh banyaknya sampah yang dihasilkan dan ketika pembuangan ke TPA hanya beberapa residu saja yang terangkut.

d. Perbandingan Emisi (CO₂, CH₄, N₂O) dari Aktivitas TPS 3R dengan Skenario Pembakaran

Berikut hasil perbandingan nilai emisi GWP CO₂, CH₄, N₂O dari aktivitas TPS 3R dengan skenario pembakaran.

Tabel 4.63 Nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) dari Aktivitas TPS 3R dengan Skenario Pembakaran

Total Keseluruhan	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Aktivitas TPS 3R	85.476,692	2.250,509	2.859,780
Pembakaran	41.746.398,29	56.899.758,99	13.178.988,3



Gambar 4. 26 Grafik perbandingan nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) dari Aktivitas TPS 3R dengan Skenario Pembakaran

Berdasarkan gambar 4.26, grafik perbandingan yang memiliki emisi CO₂, CH₄, N₂O tertinggi terdapat pada skenario pembakaran dikarenakan pada proses pembakaran sampah kandungan karbon (C) pada sampah akan berubah menjadi CO₂. Kemudian, emisi CH₄ terdapat pada pembakaran terbuka dan fraksi yang besar dari karbon di dalam sampah tidak dapat teroksidasi, sedangkan emisi N₂O menghasilkan oksidasi senyawa nitrogen organik yang terkandung di dalam sampah.

4.6.2 Penimbunan

a. Perhitungan Emisi (CO₂, CH₄, N₂O) dari Aktivitas Pengangkutan Sampah ke *Landfill*

Perhitungan pada skenario pengangkutan yang menuju ke TPA ini prinsipnya hampir sama dengan pengangkutan TPS 3R ke TPA. Ritasi pada pengangkutan ini berdasarkan dari jumlah sampah yang terangkut semua ke TPA. Pengangkutan ini menuju TPA Piyungan di Ngablak, Stimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul. Perhitungan ini menggunakan durasi waktu selama 1 Tahun pengangkutan, sebagai contoh perhitungan

menggunakan TPS 3R GIAAAAAT. Persamaan yang digunakan persamaan (3.13), (3.14), (3.15) dan (3.16). Hasil perhitungan total emisi GRK (CO₂, CH₄, N₂O) dari aktivitas pengangkutan sumber menuju TPA Piyungan sebagai berikut:

Tabel 4. 64 Emisi CO₂, CH₄, N₂O (Kg/Tahun) pada Pengangkutan Sumber ke TPA

Jenis Kendaraan	Kapasitas Truk (m ³)	Faktor Kompaksi	Total Timbunan Sampah	Jumlah Pengangkutan (Ritasi)/Tahun	Jarak Tempuh (Km) (PP)	Jarak Tempuh (Km/Tahun)	Konsumsi Bahan Bakar (Liter/Tahun)	Konsumsi Bahan Bakar (TJ/Tahun)	Emisi (Kg/Tahun)		
									CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Truk	6	2	3.744	312	44,6	13.915,2	3.092,267	0,111	8.286,001	0,434	0,434

Contoh perhitungan CO₂:

- Jumlah pengangkutan (Ritasi/Tahun)

$$= \frac{\text{Total Timbunan Sampah}}{\text{Kapasitas Truk (m}^3\text{) x Faktor Kompaksi}}$$

$$= \frac{3744}{(6 \times 2)}$$

$$= 312 \text{ Ritasi/Tahun}$$

- Jarak Tempuh (Km/Tahun)

$$= \text{Jarak Tempuh (Km) x Jumlah Pengangkutan (Ritasi/Tahun)}$$

$$= 44,6 \text{ km x } 312 \text{ Ritasi/Tahun}$$

$$= 13.915,2 \text{ Km/Tahun}$$

- Konsumsi Bahan Bakar (Liter/Tahun)

$$= \frac{\text{Jarak Tempuh (Km/Tahun)}}{\text{Jarak Tempuh (Km)}}$$

$$= \frac{13915,2 \text{ (Km/Tahun)}}{44,6 \text{ km}}$$

$$= 3.092,267 \text{ Liter/Tahun}$$

- Konsumsi Bahan Bakar (TJ/Tahun)

$$= \text{Konsumsi BB (L/Tahun) x Nilai Kalor (TJ/Liter)}$$

$$= 3.092,267 \text{ (L/Tahun) x } (36 \times 10^{-6})$$

$$= 0,111 \text{ TJ/Tahun}$$

- Emisi CO₂ (Kg/Tahun)
 = Konsumsi BB (TJ/Tahun) x Faktor Emisi CO₂
 = 0,111 TJ/Tahun x 74.433 Kg/TJ
 = 8.286,001 Kg/Tahun

Tabel 4. 65 Nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) dari Pengangkutan Sumber ke TPA di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman

Jenis Gas	Nilai GWP	Emisi (Kg/Tahun)	GWP (Kg CO ₂ eq/Tahun)
	a	b	c = a x b
CO ₂	1	8.286,001	8.286,001
CH ₄	27,2	0,434	11,808
N ₂ O	273	0,434	118,524

Berdasarkan tabel 4.65, hasil GWP terbesar terdapat pada emisi CO₂, serta emisi CO₂ menghasilkan GWP yang sama dengan emisi (Kg/Tahun). Hal tersebut dikarenakan nilai perkalian GWP hanya di kali 1, sehingga hasilnya sama.

b. Perhitungan Emisi (CO₂, CH₄, N₂O) dari Sampah yang ditimbun ke *Landfill*

Sampah-sampah yang di buang ke TPA kemudian ditimbun dapat menghasilkan gas akibat terjadinya proses degradasi anaerobik dari sampah biodegradable. Komponen emisi yang utama dihasilkan, yaitu gas metana (CH₄). Perhitungan sampah yang di timbun di *landfill* menggunakan contoh perhitungan di TPS 3R GIAAAAAT. Berikut contoh hasil dari perhitungan potensi emisi GRK yang dihasilkan jika sampah dibuang ke TPA.

Tabel 4. 66 Emisi CH₄ (Kg/Tahun) pada Penimbunan sampah sumber dari TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman di Timbun

Jenis Sampah	Massa Sampah (Gg/tahun)	Faktor Koreksi Metana (MCF)	Degradasi Organik Karbon (DOCi)	Fraksi DOC (DOCF)	Fraksi CH ₄ (F)	Recovery CH ₄ (Gg CH ₄)	Faktor Oksidasi (OX)	Emisi CH ₄ (Gg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)
--------------	-------------------------	-----------------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	--	----------------------	----------------------------------	----------------------------------

	a	b	c	d	e	f	g	$h = ((a \times b \times c \times d \times e \times (16/12)) - f) \times (1 - g)$	$i = h \times 10^6$
Sisa Makanan	44,316	0,5	0,15	0,5	0,5	0	0,1	0,997	997.132,032
Kayu/Ranting	0,587	0,5	0,43	0,5	0,5	0	0,1	0,037	37.865,318
Kertas/Karton	6,038	0,5	0,4	0,5	0,5	0	0,1	0,362	362.299,392
Plastik	4,708	0,5	0	0,5	0,5	0	0,1	0	0
Logam	1,222	0,5	0	0,5	0,5	0	0,1	0	0
Kain	0,94	0,5	0,24	0,5	0,5	0	0,1	0,033	33.857,741
Karet/Kulit	0,329	0,5	0,39	0,5	0,5	0	0,1	0,019	19.274,112
Kaca	1,048	0,5	0	0,5	0,5	0	0,1	0	0
Lainnya	0,688	0,5	0	0,5	0,5	0	0,1	0	0
Total								1,4504	1.450.428,595

Contoh perhitungan CH₄ Penimbunan pada kertas/karton:

- Emisi CH₄ (Gg/Tahun)

$$= ((\text{Massa sampah (Gg/Tahun)} \times \text{MCF} \times \text{DOC}_i \times \text{DOC}_f \times F \times \frac{16}{12}) - \text{Recovery CH}_4 \text{ (Gg)}) \times (1 - \text{Faktor Oksidasi})$$

$$= ((6,038 \text{ (Gg/Tahun)} \times 0,5 \times 0,4 \times 0,5 \times 0,5 \times \frac{16}{12}) - 0) \times (1 - 0,1)$$

$$= 0,362 \text{ Gg/Tahun}$$
- Emisi CH₄ (Kg/Tahun)

$$= \text{Emisi CH}_4 \text{ (Gg/Tahun)} \times 10^6$$

$$= 0,362 \text{ Gg/Tahun} \times 10^6$$

$$= 362.299,392 \text{ Kg/Tahun}$$

Tabel 4. 67 Nilai GWP CH₄ (Kg CO₂eq/Tahun) pada Penimbunan di TPS 3R GIAAAAAT Kabupaten Sleman di Timbun

Jenis Gas	Nilai GWP	Emisi (Kg/Tahun)	GWP (Kg CO ₂ eq/Tahun)
	a	b	c = a x b
CH ₄	27,2	1.450.428,595	39.451.657,79

Tabel 4. 68 Emisi CO₂, CH₄, N₂O (Kg/Tahun) dari aktivitas Pengangkutan ke TPA dan Penimbunan

No	Kategori	Nama	Emisi (Kg/Tahun)		
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	9.258,274	1.208.690,981	0,485
2		TPS 3R Randu Alas	4.164,675	604.345,466	0,218
3		TPS 3R Brama Muda	8.109,743	1.190.095,683	0,424
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	5.895,569	966.952,705	0,308
5		TPS 3R Mexicana	11.592,969	1.933.905,401	0,607
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	8.286,001	1.450.429,029	0,434
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	3.088,671	217.913,111	0,161
8		TPS 3R Gambir Asri	1.714,936	223.142,951	0,089
Total			52.110,841	7.795.475,328	2,73

Tabel 4. 69 Nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) dari aktivitas Pengangkutan ke TPA dan Penimbunan

No	Kategori	Nama	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
1	Besar	TPS 3R Bumdes Amarta	9.258,27	32.876.394,69	132,43	32.885.785,4
2		TPS 3R Randu Alas	4.164,68	16.438.196,68	59,57	16.442.420,9
3		TPS 3R Brama Muda	8.109,74	32.370.602,56	116,003	32.378.823,3
4	Sedang	TPS 3R Cambahan Maju	5.895,57	26.301.113,6	84,33	26.307.093,5
5		TPS 3R Mexicana	11.592,97	52.602.226,91	165,83	52.613.985,7
6	Kecil	TPS 3R GIAAAAAT	8.286,001	39.451.669,6	118,52	39.460.074,1
7		TPS 3R Kenanga Merdiko	3.088,67	5.927.236,64	44,18	5.930.369,5
8		TPS 3R Gambir Asri	1.714,94	6.069.488,26	24,53	6.071.227,7
Total			52.110,84	212.036.928,93	745,401	212.089.785,2

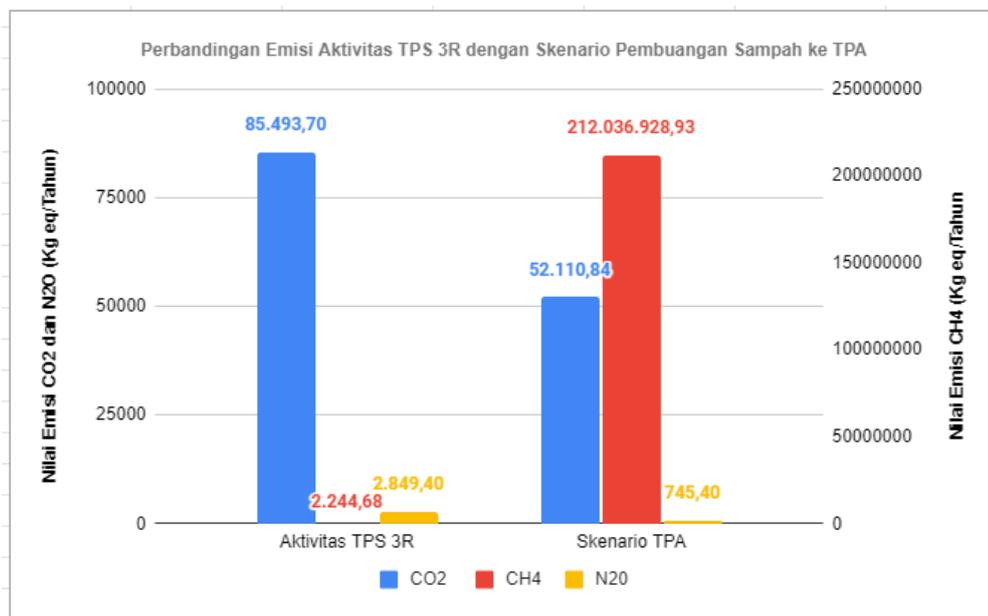
Berdasarkan dari tabel 4.69, total emisi GWP dari aktivitas pengangkutan ke TPA dan penimbunan tertinggi terdapat di TPS 3R Mexicana dan terendah terdapat di TPS 3R Kenanga Merdiko. Hal ini disebabkan penggunaan konsumsi bahan bakar yang lebih banyak pada transportasi pengangkutan ke TPA dan banyaknya sampah, sehingga menghasilkan emisi yang lebih besar.

c. Perbandingan Emisi (CO₂, CH₄, N₂O) dari Aktivitas TPS 3R dengan Skenario Penimbunan di TPA

Berikut hasil perbandingan nilai emisi GWP CO₂, CH₄, dan N₂O dari aktivitas TPS 3R dengan skenario apabila sampah langsung dilakukan penimbunan di TPA dalam kurun waktu 1 Tahun.

Tabel 4. 70 Nilai GWP CO₂, CH₄, N₂O (Kg CO₂eq/Tahun) pada Perbandingan Aktivitas TPS 3R dengan Skenario Pembuangan ke TPA

Total Keseluruhan	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Aktivitas TPS 3R	85.476,692	2.250,509	2.859,780
Skenario TPA	52.110,841	212.036.928,933	745,401



Gambar 4. 27 Grafik Perbandingan Emisi CO₂, CH₄, N₂O dari Aktivitas TPS 3R dengan Skenario Penimbunan di TPA

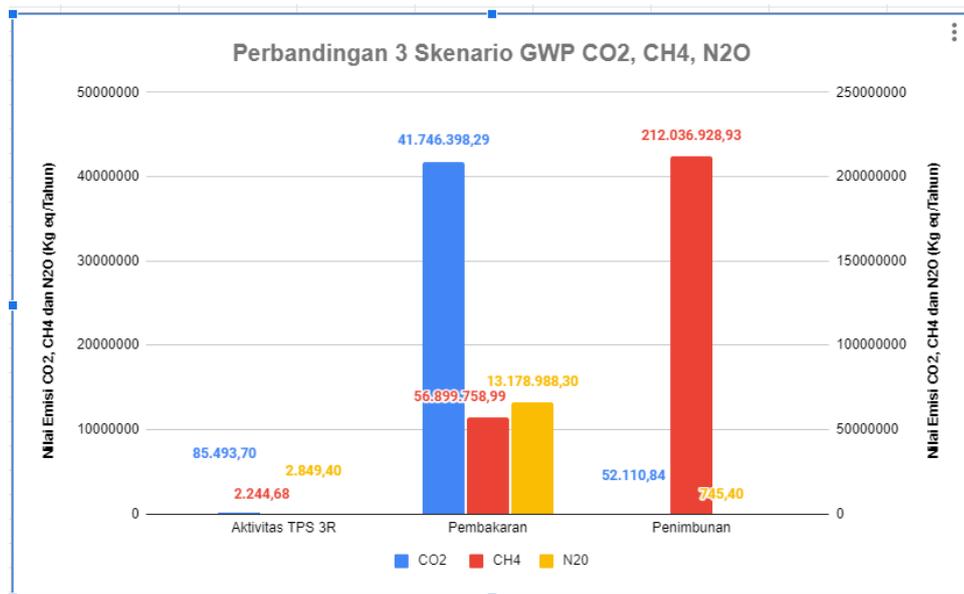
Berdasarkan gambar 4.27, grafik perbandingan aktivitas TPS 3R dengan skenario pembuangan ke TPA menunjukkan hasil di skenario pembuangan ke TPA lebih besar. Hal tersebut dikarenakan ritasi pada pengangkutan lebih banyak, ritasi pengangkutan menyesuaikan dengan jumlah timbulan sampah. Pengangkutan dilakukan hingga timbulan sampah di sumber habis dibawa ke TPA, sehingga membutuhkan konsumsi bahan bakar yang banyak.

4.6.3 Perbandingan Aktivitas TPS 3R, Pembakaran dan Pembuangan ke TPA (Penimbunan)

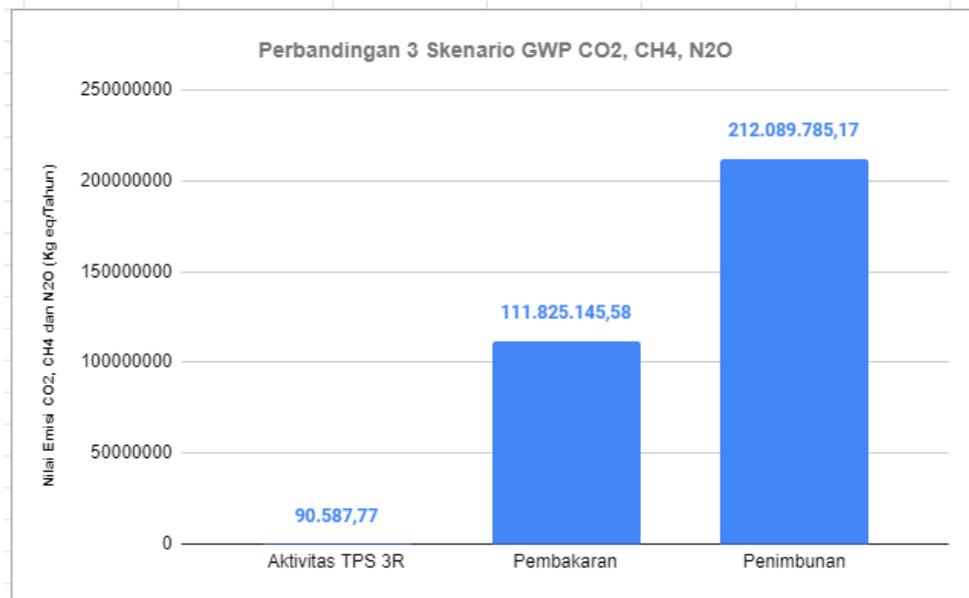
Perbandingan aktivitas TPS 3R, pembakaran dan pembuangan ke TPA untuk melihat pengelolaan sampah yang menghasilkan emisi GRK terkecil dan paling efektif untuk dilakukan. Berikut hasil perhitungan yang telah didapatkan dalam kurun waktu 1 tahun.

Tabel 4. 71 Perbandingan GWP CO₂, CH₄, N₂O dari Aktivitas TPS 3R, Pembakaran dan Pembuangan ke TPA (Penimbunan)

Total Keseluruhan	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Aktivitas TPS 3R	85.476,692	2.250,509	2.859,780	9.0587,769
Pembakaran	41.746.398,29	56.899.758,99	13.178.988,3	111.825.145,576
Penimbunan	52.110,841	212.036.928,933	745,401	212.089.785,174



Gambar 4. 28 Grafik Perbandingan Emisi CO₂, CH₄, N₂O dari Aktivitas TPS 3R, Pembakaran dan Pembuangan ke TPA (Penimbunan)



Gambar 4. 29 Perbandingan Total (CO₂, CH₄, N₂O) dari 3 Skenario

Berdasarkan gambar 4.29, grafik perbandingan skenario ketiganya yang menyumbang emisi terbesar pada skenario penimbunan, dikarenakan komposisi sampah yang dihasilkan paling tinggi terdapat pada sampah organik. Hal tersebut yang mengakibatkan penyumbangan tingginya emisi CH₄ dari aktivitas penimbunan sampah. Selain itu, berdasarkan dari faktor IPCC (2006), jenis sampah yang ada tidak semua dapat menghasilkan emisi dan jenis sampah yang ada pada penimbunan lebih banyak menghasilkan emisi. Skenario yang paling efektif untuk pengurangan emisi GRK dengan pengolahan di TPS 3R. Apabila sampah yang dihasilkan dikelola terlebih dahulu dapat membantu dalam pengurangan emisi gas rumah kaca. Upaya perubahan pengelolaan sampah dari proses penimbunan di TPA ke proses daur ulang terlebih dahulu untuk mencegah emisi GRK yang dihasilkan dari penimbunan (De La Barrera dan Hooda, 2016).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian emisi gas rumah kaca pada aktivitas operasional TPS 3R di Kabupaten Sleman, Yogyakarta dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Aktivitas yang dilakukan oleh TPS 3R sehingga menghasilkan emisi gas rumah kaca, seperti penggunaan kendaraan pengumpulan sampah dari sumber ke TPS 3R, penggunaan mesin pengolahan sampah (pengayak, pencacah, pemilah), pengomposan, penggunaan kendaraan pengangkutan dari TPS 3R ke pengepul dan kendaraan pengangkutan dari TPS 3R ke TPA Piyungan. Kendaraan pengumpulan dan pengangkutan membutuhkan konsumsi bahan bakar yang menyesuaikan dengan jarak tempuh yang dilalui, serta penggunaan mesin juga membutuhkan bahan bakar. Semakin banyak jumlah konsumsi bahan bakar yang digunakan, maka akan menghasilkan peningkatan emisi CO₂ GRK dari pembakaran per liter konsumsi bahan bakar. Sedangkan pengomposan Sebagian besar gas yang keluar dalam bentuk emisi CH₄, emisi N₂O terdapat dalam kompos dikarenakan oksidasi senyawa nitrogen organik yang terkandung dalam sampah.
2. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas TPS 3R, yaitu menghasilkan emisi GRK 90.587,769 (Kg CO₂eq/Tahun). Skenario kedua, yaitu pembakaran timbulan sampah secara terbuka menghasilkan emisi GRK 111.825.145,576 (Kg CO₂eq/Tahun). Skenario ketiga, yaitu penimbunan timbulan sampah menghasilkan emisi GRK 212.089.785,174 (Kg CO₂eq/Tahun). Skenario tertinggi yaitu penimbunan, sehingga dapat ditarik kesimpulan pengolahan sampah di TPS 3R lebih efektif dilakukan karena

jumlah total emisi yang dihasilkan lebih rendah dari skenario pembakaran dan skenario penimbunan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait emisi gas rumah kaca di TPS 3R Kabupaten Sleman yang lain, untuk mengetahui emisi gas rumah kaca yang dihasilkan.
2. Dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan skenario yang berbeda agar dapat mengetahui perbandingan hasil emisi GRK yang terkecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Addinsyah, Amar dan Herumurti, Welly. 2017. Studi Timbulan dan Reduksi Sampah Rumah Kompos Serta Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca di Surabaya Timur. *Jurnal Teknik ITS*. Vol. 6, No. 1, ISSN: 2337-3539. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS): Surabaya.
- Afifah, Nailul. Dkk. 2022. Studi Komparasi Metode Pengomposan Secara Windrow Bata Berongga dan Vermikomposting. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. Vol. 19, No. 1. Page: 121-128. Universitas Negeri Sunan Ampel Surabaya: Surabaya.
- Anifah, dkk. 2021. Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Kegiatan Pengelolaan Sampah di Kelurahan Karang Joang, Balikpapan. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. Volume 13, Nomor 1.
- Arsanti, Vidyana & Giyarsih, Rum Sri. 2012. Pengelolaan Sampah oleh Masyarakat Perkotaan di Kota Yogyakarta. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. Vol. 4, Nomor 1, Page: 55-66.
- BPS Kabupaten Sleman. 2022. Kabupaten Sleman Dalam Angka 2022.
- Budiarti, Desy. 2018. Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca dari Kegiatan Bank Sampah di Kabupaten Sleman dengan Metode US-EPA. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Christiawan, Indra Putu. Dkk. 2016. Studi Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan di Kelurahan Banyuning. *Jurnal Media Komunikasi Geografi*. Vol. 17, Nomor 2.
- Dhiya, Athaya dan Damanhuri, Enri. 2019. Analaisa Strategi Keberlanjutan TPS3R dalam Upaya Minimasi Pengangkutan Sampah ke TPA. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Volume 25, Nomor 2, Page 33-52. Institut Teknologi Bandung: Bandung.

- Gusmawati, Dwi Rizki. Dkk. 2021. Pemetaan Keefektifan Keberadaan Tempat Pengolahan sampah TPS 3R dalam Mengatasi Persampahan Di Kabupaten Sleman. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. Vol. 13, No. 1, Hal. 49 – 56. P-ISSN: 1978-5763, e-ISSN: 2579-3896.
- Hardani, dkk. 2020. Metode Penelitian Kuantitatif. Yogyakarta: CV. Pustaka Ilmu Grup.
- Humenah, Yuliana. 2019. *Pengaruh TPS 3R Terhadap Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca (CH₄, CO₂, dan N₂O) Di Kota Sukabumi*. Universitas Pasundan: Bandung.
- Husnuddlon, Ihza Auliya. 2020. *Manajemen Komunikasi Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta Dalam Menangani Jogja Darurat Sampah*. Uiversitas Islam negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta: Yogyakarta.
- Idriani, Sarah. 2020. *Emisi Gas Rumah Kaca Dari Pengangkutan Sampah di Kota Yogyakarta dengan Tingkat Kepadatan Penduduk Rendah*. Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta.
- Jayatati, P.D Rieszki Friesca. 2020. Identifikasi Potensi Gas Rumah Kaca dengan Metode IPCC (Studi Kasus Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Kecamatan Rungkut Surabaya). *Jurnal Envirous*. Vol. 1, No. 1.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2020. Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca Bidang Energi.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Buku II Volume 1.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Buku II Volume 2.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Buku II Volume 3.

- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Buku II Volume 4.
- Kustiasi, Tuti. Dkk. 2014. Faktor Penentu Emisi Gas Rumah Kaca Dalam Pengelolaan Sampah Perkotaan. *Jurnal Permukiman*. Vol. 9, Nomor 2, Page: 78-90.
- Lestari, Amanda Juwita. 2017. Strategi Adaptasi dan Mitigasi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Sektor Transportasi dan Sektor Persampahan di Kota Batu. Thesis-RE142541. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Malina, Citra Asmi. Dkk. 2017. Kajian Lingkungan Tempat Pemilahan Sampah di Kota Makassar. *Jurnal Inovasi dan Pelayanan Publik Makassar*. Vol. 1, Nomor 1.
- Maziya, Binazir Fina. 2017. Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Karbon Dioksida Kegiatan Pengelolaan Sampah Kecamatan Genteng Kota Surabaya. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol. 3, No. 2, Hal. 1-9.
- Mulasari, Asti. Dkk. 2016. Analisis Situasi Permasalahan Sampah Kota Yogyakarta dan Kebijakan Penanggulangnya. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Universitas Negerej Semarang: Semarang.
- Norken, Nyoman I. Dkk. 2019. Analisis Risiko Pembangunan dan Pengelolaan TPS 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) di Kota Denpasar (Studi Kasus TPS 3R Desa Sanur Kauh). *Jurnal Spektran*. Vol. 7. Nomor 2, Hal. 232-243.
- Nurdiana, Juli. Dkk. 2017. Pengolahan Sampah Organik Domestik Melalui *Windrow Composting*. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi IV*. Universitas Mulawarman: Samarinda.
- SNI 19-3964-1994. *Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan*. Badan Standarisasi Nasional; Jakarta.

- Sumadilaga, H. Danis. 2020. Pedoman Teknis Pelaksanaan Kegiatan Padat Karya Direktorat Jenderal Cipta Karya. Surat Edaran Direktorat Jenderal Cipta Karya Nomor: 03/SE/DC/2020.
- Suprihatin. Dkk. 2008. Potensi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Melalui Pengomposan Sampah. *Jurnal. Tek. Ind. Pert. Vol 18 (1), Page 53-59.* Fakultas Teknologi Pertanian, IPB: Bandung.
- Suwatanti, EPS dan Widiyaningrum, P. 2017. Pemanfaatan MOL Limbah Sayur pada Proses Pembuatan Kompos. *Jurnal MIPA.* Vol. 40, No. 1, Page 1-6. ISSN: 0215-9945. Universitas Negeri Semarang: Semarang.
- Pemerintah Indonesia. 2008. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah.* Lembaran RI Tahun 2008, No. 18. Sekretariat Negara: Jakarta.
- Peraturan MENLHK RI. 2017. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.73/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2017 Tentang Pedoman Penyelenggaraan dan Pelaporan Inventaris Gas Rumah Kaca Nasional.*
- Permen ESDM RI. 2019. *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2019 Tentang Pedoman Penyelenggaraan dan Mitigasi Gas Rumah Kaca Bidang Energi.*
- Prabowo, Setyo. Dkk. 2017. Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca yang Dihasilkan dari Pembakaran Sampah di Jawa Tengah. *Jurnal Proceeding Biology Education Conference.* Vol. 14, Nomor 1, Page: 187-194.
- Rini, Setyo Titien. Dkk. 2020. Kajian Potensi Gas Rumah Kaca dari Sektor Sampah di Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (TPA) Randegan, Kota Mojokerto. *Jurnal of Research and Technology.* Vol. 6, No. 1.
- Romawati, Eka Wahyu. 2018. *Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca dari Sampah Rumah Tangga di Kecamatan Bulak, Kota Surabaya dengan Metode IPCC.* Tugas Akhir - RE 141581. Insitut Teknologi Sepuluh November: Surabaya.

- R, O Trisnawati. 2020. Penyuluhan Pengelolaan Sampah Dengan Konsep 3R Dalam Mengurangi Limbah Rumah Tangga. *Jurnal Cakrawala: Studi Manajemen Pendidikan Islam Dan Studi*. Vol. 4, Nomor 2.
- Septiani, Vinny. 2019. *Potensi Pengurangan Emisi Gas Metan (CH₄) dari Kegiatan di TPS 3R dan Rumah Kompos Nitikan Kota Yogyakarta*. Tugas Akhir. TA/TL/2019/1002. Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta.
- SIPSN. Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/home/fasilitas/tps3r>. Diakses tanggal 17 Mei 2022.
- SNI 19-3983-1995 Tentang Spesifikasi Timbulan Sampah Kota Sedang dan Kota Kecil.
- Triana, Vivi. 2008. Pemnasan Global. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Universitas Andalas: Sumatera Barat.
- Trisnawati, Evi Luh. Dkk. 2018. Manajmen Pengelolaan Sampah Melalui TPS 3R (Tempat Pengolahan Sampah *Reuse-Reduce-Recycle*) di Desa Selat Kecamatan Sukasada kabupaten Buleleng. *Ejurnal UNIPAS*. Volume 9, Nomor 1.
- Ulya, Faiqotul Siti. 2018. Analisi Prediksi *Quick Count* dengan Metode *Stratified Random Sampling* dan Estimasi *Confidence Interval* Menggunakan Metode Maksimum Likelihood. *JUNNES urnal of Mathematics*. Volume 7, Nomor 1. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Wahyudi, Jatmiko. 2019. Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Dari Pembakaran Terbuka Sampah Rumah Tangga Menggunakan Model IPPC. *Jurnal Litbang*. Vol. XV, Nomor 1, Page: 65-76.
- Wangi, Sekar Lisa. Dkk. 2016. Kajian Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄, dan N₂O) Akibat Aktivitas Kendaraan. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Volume 5, Nomor 4.

- Widawarti , Nining Budi. 2018. Pengaruh Penggunaan Metode Open Windrow dan Takakura Terhadap Pengomposan Dedaunan Kering. *Info Teknik*. Vol. 19, No. 1. Universitas Mulawarman: Kalimantan Timur.
- Yasmin, Naushin. Dkk. 2022. Emission Of Greenhouse (GHGs) During Composting and Vermicomposting: Measurement, Mitigation, and Perspectives. *Journal Energy Nexus*.

LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Kuisisioner ke TPS 3R dan Pengepul

1. Kuisisioner TPS 3R

**FORM DATA PENELITIAN UNTUK PETUGAS/PENGELOLA
TPS 3R KABUPATEN SLEMAN**

Hari/tanggal: _____

A. Identitas TPS 3R dan Responden

1. Nama TPS 3R	:	
2. Alamat Lengkap	:	
3. Nama Responden	:	
4. Jabatan	:	
5. No Telp/Hp	:	

B. Profil TPS 3R

1. Visi	:	
2. Misi	:	
3. Waktu Operasional (Jam/Hari)	:	
4. Tahun berdiri	:	

C. Teknis Operasional TPS 3R

C1. Pelanggan dan Sampah

1. Berapakah jumlah pelanggan TPS 3R?
Jawaban: _____

Sekolah : _____ unit _____ : _____
 Masyarakat : _____ rumah _____ : _____
 Kantor : _____ unit _____ : _____

Jawaban:
 Gerobak sampah : _____ unit
 Motor sampah : _____ unit
 Truk Sampah : _____ unit
 _____ : _____ unit

2. Berapa kapasitas sampah pada kendaraan pengangkut?
Jawaban: _____ (ton/m³) per (tossa/_____)*)
 (*) Coret yang tidak diperlukan

3. Apakah sampah sudah terpilah sejak dari sumber?
Jawaban:
 Sudah
 Belum
 Sudah sebagian

4. Berapakah jumlah rute pengangkutan sampah?
Jawaban:
 1
 2
 3

5. Bagaimanakah jadwal pengangkutan sampah yang dilakukan?
Jawaban:
 Setiap hari per rute
 2 kali dalam seminggu per rute
 3 kali dalam seminggu per rute

6. Ketika pengangkutan dalam satu rute sudah melebihi kapasitas pengangkutan sebelum selesai semua, apakah akan dilakukan pengangkutan kembali?
Jawaban: _____

2. Berapakah jumlah sampah yang masuk ke dalam TPS 3R?
Jawaban: _____ (ton/m³)*(hari/minggu/bulan)*
 (*) Coret yang tidak diperlukan

Bulan	Minggu ke-	Berat Sampah (kg)								
		Sisa Makanan	Kayu/Bahan anyam	Kertas/Karton	Plastik	Logam	Kain	Karet/Kulit	Kaca	Lainnya
	1									
	2									
	3									
	4									
	1									
	2									
	3									
	4									
	1									
	2									
	3									
	4									

3. Apakah sampah yang masuk pada TPS 3R diangkut oleh petugas?
Jawaban:
 Iya
 Tidak

4. Berapakah biaya iuran pelanggan TPS 3R?
Jawaban: Rp _____ / (hari/minggu/bulan)*
 (*) Coret yang tidak diperlukan

C2. Pengangkutan

5. Apa jenis kendaraan pengangkutan yang digunakan?
 Iya
 Alasan: _____
 Tidak
 Alasan: _____

11. Data jarak tempuh dan konsumsi bahan bakar kendaraan pengangkut
Jawaban:

No.	Kendaraan	Rute	Ritasi	Jarak Tempuh	Konsumsi Bahan Bakar (Liter per (hari/minggu/bulan)

12. Apa jenis bahan bakar yang digunakan pada kendaraan pengangkut?
Jawaban:
 Pertalite
 Pertamina
 Solar

13. Berapakah biaya bahan bakar untuk kendaraan pengangkut?
Jawaban: Rp _____ / (hari/minggu/bulan)

C3. Mesin Pengolahan Sampah

15. Apa saja fasilitas yang ada pada TPS 3R ini?

Jawaban:

Area penerimaan Area pengayakan
 Area pemilahan Area pematangan kompos
 Area pencacahan Area penampungan residu
 Area pengomposan Kantor
 WC

Lainnya: _____

16. Apa saja tahap pengolahan sampah yang ada pada TPS 3R ini?

Jawaban:

Penerimaan Pengomposan
 Pemilahan Pengayakan Kompos
 Pencacahan Pengemasan Kompos

Lainnya: _____

17. Apa saja mesin yang digunakan pada tahapan pengolahan sampah beserta spesifikasinya dan berapakah jumlah unitnya yang ada pada TPS 3R ini?

Jawaban:

Mesin pemilahan : _____ unit Mesin pengayakan : _____ unit
Spesifikasinya Spesifikasinya

Mesin pencacahan : _____ unit Mesin pengemasan : _____ unit
Spesifikasinya Spesifikasinya

Mesin pengomposan : _____ unit

Spesifikasinya
 Lainnya : _____

18. Berapakah rata-rata waktu penggunaan mesin-mesin tersebut?

Jawaban:

Mesin pemilahan : _____ jam per hari Mesin pengayakan : _____ jam/hari
 Mesin pencacahan : _____ jam per hari Mesin pengemasan : _____ jam/hari
 Mesin pengomposan : _____ jam per hari
 Lainnya : _____

19. Berapakah kapasitas sampah pada masing-masing mesin?

Jawaban:

Mesin pemilahan : _____ ton Mesin pengayakan : _____ ton
 Mesin pencacahan : _____ ton Mesin pengemasan : _____ ton
 Mesin pengomposan : _____ ton
 Lainnya : _____

20. Apakah mesin tersebut menggunakan bahan bakar? Jika iya, bahan bakar jenis apa yang digunakan pada mesin tersebut?

Jawaban:

Mesin pemilahan : _____ Mesin pengayakan : _____

Mesin pencacahan : _____ Mesin pengemasan : _____
 Mesin pengomposan : _____
 Lainnya : _____

Rekapitulasi Data Konsumsi Bahan Bakar Penggunaan Mesin

No.	Mesin	Durasi Penggunaan	Konsumsi Bahan Bakar

C4. Pengomposan

21. Metode pengomposan apa yang digunakan pada TPS 3R ini?

Jawaban:

Open windrow Komposter drum
 Bata berongga Takakura susun

22. Berapa lama waktu yang dibutuhkan pada tahap pengomposan?

Jawaban:

23. Apa saja jenis sampah organik yang digunakan dalam tahap pengomposan?

Jawaban:

24. Bagaimana dengan sampah organik yang tidak digunakan dalam tahap pengomposan? Apa pengolahan yang dilakukan terhadap sampah-sampah tersebut?

Jawaban:

25. Bagaimanakah keberlanjutan terhadap hasil pengomposan, apakah dijual ke masyarakat?

Jawaban:

Iya Tidak

Keterangan:

D. Keterlibatan Pihak Lain

1. Apakah sampah anorganik yang sudah dipilah diambil oleh pengepul?

Jawaban:

Iya Tidak

2. Berapakah jumlah pengepul tersebut?

Jawaban:

_____ pengepul

3. Siapa saja nama pengepul yang bekerjasama dengan TPS 3R ini?

Jawaban:

Nama : _____
No Hp/telep : _____
Alamat : _____

Nama :	
No Hp/telp :	
Alamat :	
Nama :	
No Hp/telp :	
Alamat :	
4. Berapa lamakah waktu pengambilan yang dilakukan oleh pengepul?	
Jawaban: _____ (Hari/Minggu/Bulan)* (*) Coret yang tidak diperlukan	
5. Apakah terdapat bantuan operasional dari pihak lain?	
Jawaban: <input type="checkbox"/> Pemerintah <input type="checkbox"/> Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) <input type="checkbox"/> Perusahaan <input type="checkbox"/> _____	
6. Bantuan apakah yang ditawarkan oleh pihak tersebut?	
Jawaban: _____	

2. Kuisisioner Pengepul

KUISISIONER UNTUK PENGEPUL TPS 3R KABUPATEN SLEMAN

Hari/tanggal:

A. Identitas TPS 3R

1. Nama TPS 3R :	
2. Alamat Lengkap :	
3. No Telp/Hp :	

B. Pengepul

1. Nama :	
2. Alamat Lengkap :	
3. No Telp/Hp :	
4. Tahun Berdiri :	
5. Jadwal Operasional :	
6. Berapa lama sudah menjadi pengepul? Jawaban : _____ (Bulan/Tahun)* (*) Coret yang tidak diperlukan	
7. Berapa banyak sampah yang dapat dikumpulkan dalam satu kali pengambilan? Jawaban : _____ (Kg/Ton/Liter) (*) Coret yang tidak diperlukan	

8. Setelah sampah diterima dari TPS 3R, kemanakah tujuan akhir dari sampah yang sudah diterima? Jawaban : <input type="checkbox"/> Sesama pengepul <input type="checkbox"/> Industri <input type="checkbox"/> _____	
--	--

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 :

Lampiran 1. 2 Dokumentasi Wawancara dan Pengamatan Langsung ke TPS 3R

1. TPS 3R Brama Muda



2. TPS 3R Bumdes Amarta



3. TPS 3R Cambahan Maju



4. TPS 3R Gambir Asri



5. TPS 3R GIAAAAAT



6. TPS 3R Kenanga Merdiko





7. TPS 3R Mexicana



8. TPS 3R Randu Alas



Lampiran 1. 3 Dokumentasi ke Pengepul

1. Pengepul Pak Harno Makaryo

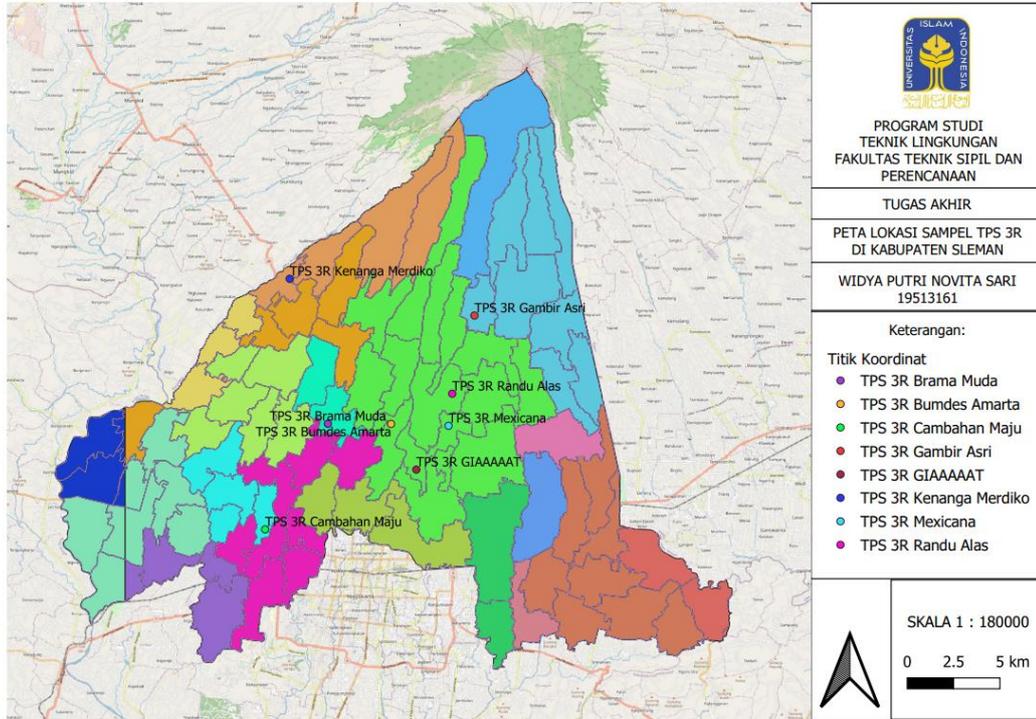




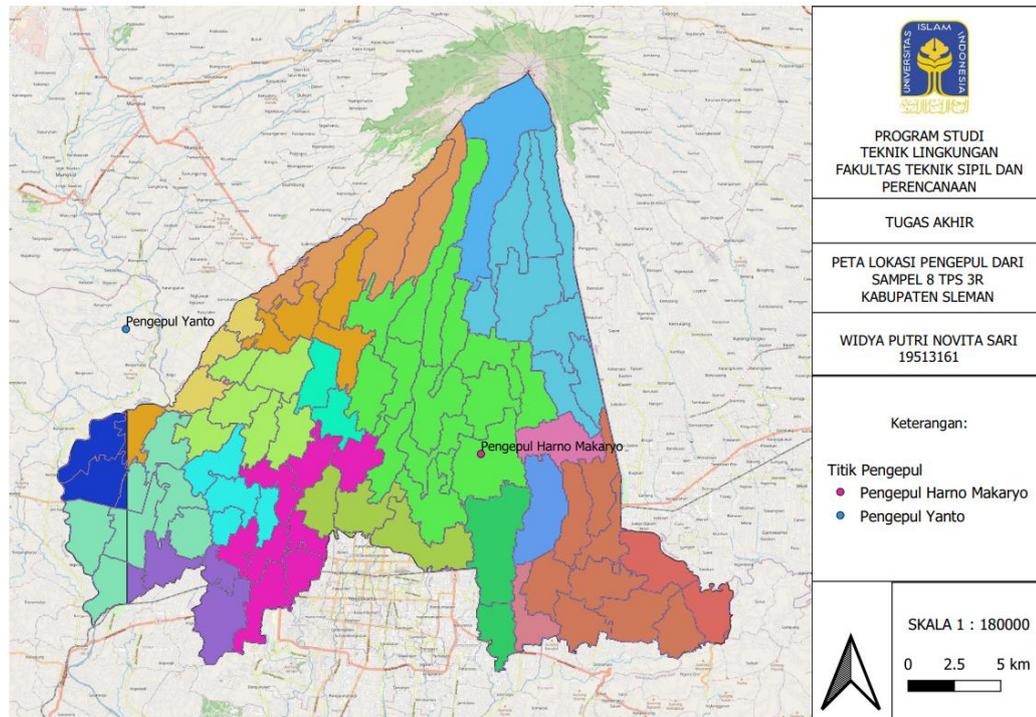
2. Pengepul Pak Yanto



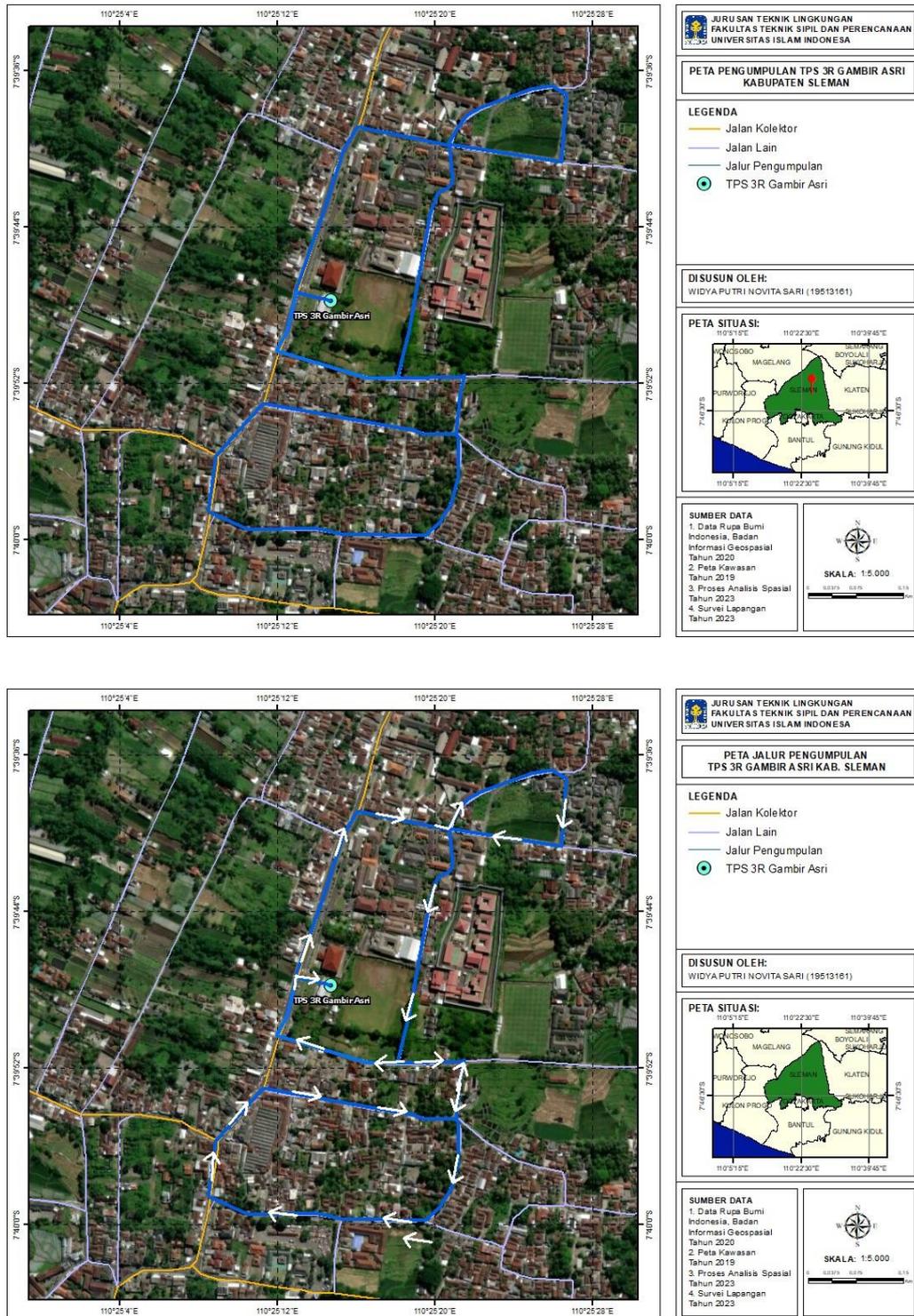
Lampiran 1. 4 Peta Lokasi Penelitian TPS 3R



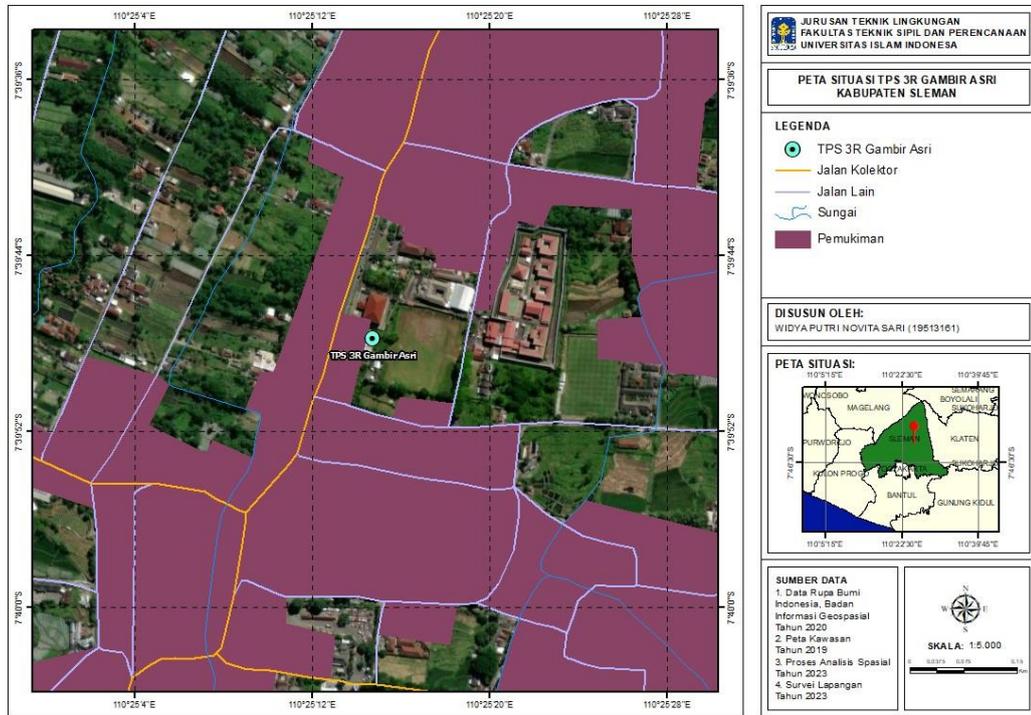
Lampiran 1. 5 Peta Lokasi Penelitian Pengepul



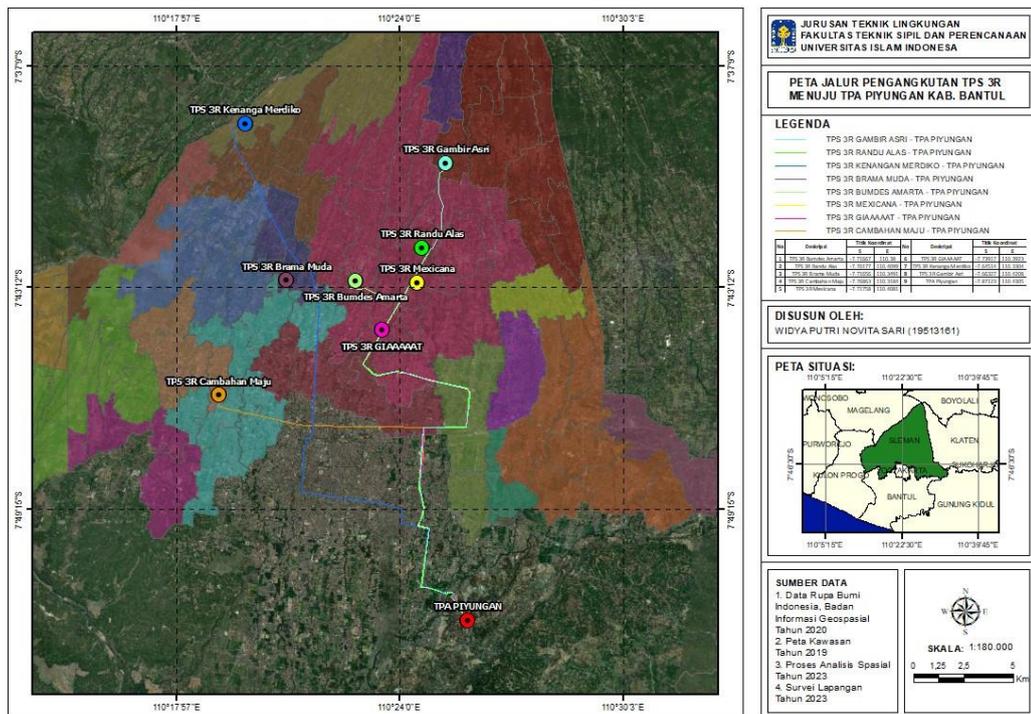
Lampiran 1. 6 Peta contoh Jalur Pengumpulan Rute 1 TPS 3R Gambir Asri



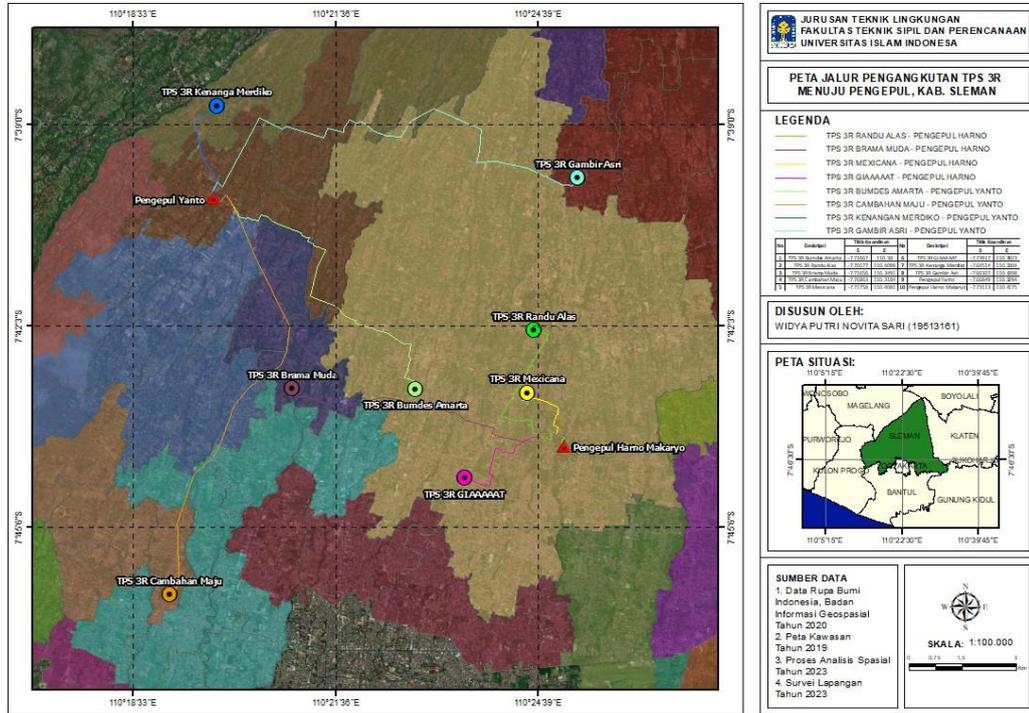
Lampiran 1. 7 Peta Situasi Pemukiman di daerah TPS 3R Gambir Asri



Lampiran 1. 8 Peta Jalur Pengangkutan TPS 3R ke TPA Piyungan, Bantul



Lampiran 1. 9 Peta Jalur Pengangkutan TPS 3R ke Pengepul



RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Merarai Dua, Kalimantan Barat, 12 April 2001. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis menempuh Pendidikan di SDN 11 SP 2 Pandan pada tahun 2007 – 2013 di Merarai Dua, Sintang Kalimantan Barat. Kemudian melanjutkan Pendidikan di SMPN 1 Sungai Tebelian di Merarai Satu, Sintang, Kalimantan Barat pada tahun 2013 – 2016 dan menempuh Pendidikan di SMA ISLAM MALANG pada tahun 2016 – 2019 di Kota Malang, Jawa Timur. Setelah lulus 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 melaksanakan Kerja Praktik pada bulan Juni 2022 di PT. Multi Tech Mandiri Medan dengan topik pembahasan Analisis Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Petugas Sampling PT. Multi Tech Mandiri Medan. Selain itu, pada kegiatan non akademik, penulis mengikuti kepanitiaan dalam acara Lintas Lingkungan 2020 dan Enviro Fest 2023. Kemudian, penulis menjadi Sekretaris Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) UII Periode Tahun 2021/2022 divisi Dalam Negeri. Pada bulan Maret 2023 – Agustus 2023 penulis melakukan penelitian terkait Studi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Pada Aktivitas Operasional TPS 3R di Kabupaten Sleman, Yogyakarta sebagai syarat menyelesaikan studi strata 1 di Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.