

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

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



ADAM SATWIKA MAHENDRA

19513198

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

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


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




Disusun Oleh:

ADAM SATWIKA MAHENDRA
19513198

Disetujui,
Dosen Pembimbing:


Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng.
NIK. 095130404
Tanggal: 17/10 '23


Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D
NIK. 155131304
Tanggal: 18/10 '23



Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII


Any Julianti, 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 KOTA
YOGYAKARTA

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Selasa
Tanggal : 10 Oktober 2023

Disusun Oleh:

ADAM SATWIKA MAHENDRA
19513198

Tim Penguji:

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

(Hijrah Purnama Putra)

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

(Adam Rus Nugroho)

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

(Elita Nurfitriyani Sulistyono)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dan disebutkan nama penulis serta dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Program *software* 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, 10 Oktober 2023

Yang membuat pernyataan,



Adam Satwika Mahendra

NIM : 19513198

PRAKATA/PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan dengan berjudul “Studi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Pada Aktivitas Operasional TPS 3R di Kota Yogyakarta” yang dilaksanakan sejak Maret 2023. Penyusunan laporan ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Strata Satu (S1) dari Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan ini, penulis turut mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang membantu dan memberikan semangat, dukungan, dorongan, serta bimbingan dalam menyelesaikan laporan ini. Sehingga, pada kesempatan ini perkenankan peneliti menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

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

6. Ibu Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan yang sangat membantu dalam penelitian dan penyusunan laporan.
7. Seluruh dosen, staf dan keluarga besar Teknik Lingkungan FTSP UII, yang sudah membantu, mengajar, dan mendukung selama menempuh perkuliahan ini.
8. Seluruh teman-teman yang selalu memberikan doa, dukungan serta semangat kepada penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

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

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 10 Oktober 2023



Adam Satwika Mahendra

ABSTRACT

Waste management activities have become one of the sectors that can generate greenhouse gas emissions. The waste processing activities themselves contribute to greenhouse gas emissions by 32.65% of the national greenhouse gas emissions in the waste sector. These greenhouse gas emissions can lead to global warming and climate change. One form of waste management in Yogyakarta City comes from the activities of the 3R waste management site (TPS 3R). Therefore, this research is necessary to identify the operational activities of TPS 3R in Yogyakarta City, as well as to calculate and analyze the greenhouse gas emissions generated. The calculation method used in this research is based on the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). The potential greenhouse gas emissions generated come from activities such as collection, machine usage, composting, transportation to the landfill, transportation to collectors, and collectors to recycling industries. The results show that the largest greenhouse gas emissions come from composting activities, accounting for 29.29%. In this research, an additional waste processing method or scenario was introduced as a comparison to the existing results. The added scenario involves open burning of waste entering TPS 3R and direct disposal to the landfill. The results indicate that waste management at TPS 3R generates the lowest greenhouse gas emissions compared to the two processing methods. Based on the estimated calculations, TPS 3R in Yogyakarta City generates greenhouse gas emissions of 73.162,36 kg CO₂eq/year. In contrast, emissions from the burning scenario amount to 2.618.935,74 kg CO₂eq/year, and for the landfilling scenario, it is 1.914.063,85 kg CO₂eq/year. Therefore, greenhouse gas emissions generated from burning and landfilling are greater than those produced by TPS 3R under existing conditions, making TPS 3R one of the appropriate methods for waste management.

Keywords: Global Warming, Greenhouse Gas, IPCC, TPS 3R, Waste Management

ABSTRAK

Kegiatan pengelolaan sampah menjadi salah satu sektor yang dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca. Kegiatan pengolahan sampah sendiri menyumbang emisi gas rumah kaca sebesar 32,65% pada GRK nasional di sektor limbah. Emisi gas rumah kaca ini dapat menyebabkan pemanasan global dan perubahan iklim. Salah satu bentuk pengelolaan sampah di Kota Yogyakarta berasal dari aktivitas TPS 3R. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian ini untuk mengidentifikasi aktivitas operasional TPS 3R Kota Yogyakarta, serta menghitung dan menganalisis emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. Metode perhitungan yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Potensi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan berasal dari aktivitas pengumpulan, penggunaan mesin, pengomposan, pengangkutan ke TPA, pengangkutan ke pengepul dan pengepul ke industri daur ulang. Hasil dari emisi gas rumah kaca terbesar berasal dari aktivitas pengomposan yaitu sebesar 29,29%. Pada penelitian ini terdapat penambahan metode pengolahan atau skenario sebagai pembanding dari hasil eksisting. Skenario yang ditambahkan yaitu jika sampah yang masuk ke TPS 3R akan dilakukan pembakaran secara terbuka dan dibuang langsung ke TPA. Hasil yang didapatkan, pengelolaan sampah di TPS 3R menjadi penghasil gas rumah kaca terkecil dari kedua metode pengolahan tersebut. Berdasarkan estimasi hasil perhitungan yang telah dilakukan, TPS 3R di Kota Yogyakarta menghasilkan emisi gas rumah kaca sebesar 73.162,36 kg CO₂eq/tahun. Sedangkan, emisi yang dihasilkan dari skenario pembakaran sebesar 2.618.935,74 kg CO₂eq/tahun dan untuk skenario penimbunan 1.914.063,85 kg CO₂eq/tahun. Berdasarkan hal tersebut, emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari pembakaran dan penimbunan lebih besar dari emisi yang dihasilkan dari TPS 3R dalam kondisi eksisting, menjadikan TPS 3R sebagai salah satu metode yang tepat untuk mengelola sampah.

Kata kunci: Gas Rumah Kaca, IPCC, Pemanasan Global, Pengelolaan Sampah, TPS 3R

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iv
PRAKATA/PENGANTAR.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sampah (Limbah Padat)	5
2.2 Pengelolaan Sampah	5
2.3 Tempat Pengolahan Sampah - Reduce Reuse Recycle (TPS 3R).....	6
2.4 Gas Rumah Kaca.....	7
2.5 Pemanasan Global.....	8
2.6 IPCC (<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>)	9
2.7 Potensi Emisi GRK dari Aktivitas TPS 3R.....	10
2.8 Penelitian Terdahulu.....	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Tahapan Penelitian	15
3.2 Lokasi Penelitian.....	16

3.3 Metode Pengumpulan Data.....	19
3.3.1 Data Primer	19
3.3.2 Data Sekunder	20
3.4 Metode Analisis Data	20
3.4.1 Aktivitas Pengelolaan Berbasis TPS 3R.....	21
3.4.2 Aktivitas Pengolahan di Luar TPS 3R.....	27
3.4.3 <i>Global Warming Potential</i>	32
3.5 Kesimpulan.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	33
4.1.1 Gambaran Umum TPS 3R	33
4.1.2 Gambaran Umum Pengepul.....	34
4.2 Aktivitas Pengelolaan Berbasis TPS 3R.....	38
4.2.1 Aktivitas Pengolahan TPS 3R	38
4.2.2 Aktivitas Pengolahan Pengepul Kota Yogyakarta.....	40
4.3 Potensi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas TPS 3R.....	40
4.3.1 Aktivitas Pengumpulan.....	40
4.3.2 Aktivitas Penggunaan Mesin.....	43
4.3.5 Aktivitas Pengomposan	46
4.3.7 Aktivitas Pengangkutan ke TPA.....	49
4.3.8 Aktivitas Pengepul TPS 3R.....	51
4.4 Potensi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengepul Kota Yogyakarta.....	57
4.4.1 Aktivitas Pengambilan Pengepul.....	57
4.4.2 Aktivitas Pengiriman Pengepul	59
4.5 Total Emisi Gas Rumah Kaca Aktivitas Pengelolaan Berbasis TPS 3R	64
4.5.1 Aktivitas TPS 3R.....	64
4.5.2 Aktivitas Pengepul Kota	66
4.6 Perbandingan Aktivitas di Luar TPS 3R	70
4.6.1 Skenario Pembakaran	71
4.6.2 Skenario Penimbunan	75
4.6.3 Perbandingan Total Keseluruhan.....	79

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	81
5.1 Kesimpulan.....	81
5.2 Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA.....	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai <i>Global Warming Potential</i> (GWP).....	9
Tabel 2.2 Studi Terdahulu	12
Tabel 3.1 Lokasi Penelitian TPS 3R.....	16
Tabel 3.2 Lokasi Penelitian Pengepul.....	18
Tabel 3.3 Asumsi Efisiensi Bahan Bakar Kendaraan.....	21
Tabel 3.4 Nilai Kalor Bahan Bakar Indonesia.....	22
Tabel 3.5 Faktor Emisi CO ₂ dari Bahan Bakar Kendaraan	23
Tabel 3.6 Faktor Emisi CH ₄ dan N ₂ O dari Bahan Bakar Kendaraan.....	23
Tabel 3.7 Faktor Emisi Pembakaran Stasioner/Mesin	24
Tabel 3.8 Faktor Emisi Konsumsi Energi Listrik	25
Tabel 3.9 Faktor Emisi CH ₄ dan N ₂ O dari Pengomposan.....	26
Tabel 3.10 Nilai DOC Tiap Komposisi Sampah.....	26
Tabel 3.11 Nilai Dm, CF & FCF Tiap Komposisi Sampah.....	28
Tabel 3.12 Nilai MCF dari Tipe TPA.....	31
Tabel 3.13 Nilai OX dari Tipe TPA	31
Tabel 3.14 Nilai <i>Global Warming Potential</i> (GWP).....	32
Tabel 4.1 Profil Lokasi Penelitian TPS 3R.....	33
Tabel 4.2 Profil Lokasi Penelitian Pengepul TPS 3R	34
Tabel 4.3 Profil Lokasi Penelitian Pengepul Kota Kelompok Besar	35
Tabel 4.4 Profil Lokasi Penelitian Pengepul Kota Kelompok Sedang	36
Tabel 4.5 Profil Lokasi Penelitian Pengepul Kota Kelompok Kecil	37
Tabel 4.6 Emisi GRK Aktivitas Pengumpulan TPS 3R	41
Tabel 4.7 Emisi GRK Aktivitas Penggunaan Mesin BBM TPS 3R	45
Tabel 4.8 Emisi GRK Aktivitas Penggunaan Mesin Listrik TPS 3R.....	45
Tabel 4.9 Emisi GRK Aktivitas Pengomposan TPS 3R.....	48
Tabel 4.10 Emisi GRK Aktivitas Pengangkutan TPS 3R	50
Tabel 4.11 Emisi GRK Aktivitas Pengiriman Pengepul TPS 3R	55

Tabel 4.12 Emisi GRK Aktivitas Pengepul TPS 3R.....	56
Tabel 4.13 Emisi GRK Aktivitas Pengambilan Pengepul Kota	58
Tabel 4.14 Emisi GRK Aktivitas Pengiriman Pengepul Kota.....	60
Tabel 4.15 Total Emisi GRK Tiap Aktivitas Operasional TPS 3R	64
Tabel 4.16 Rerata Emisi GRK Tiap Aktivitas Operasional TPS 3R.....	65
Tabel 4.17 Total Emisi GRK Tiap Aktivitas Pengepul Kota Yogyakarta.....	66
Tabel 4.18 Rerata Emisi GRK Tiap Aktivitas Pengepul Kota Yogyakarta	68
Tabel 4.19 Komposisi Sampah Kota Yogyakarta	70
Tabel 4.20 Timbulan Sampah di Tiap TPS 3R	70
Tabel 4.21 Komposisi Sampah Tiap TPS 3R	71
Tabel 4.22 Timbulan Tiap Jenis Sampah TPS 3R.....	72
Tabel 4.23 Timbulan Tiap Jenis Sampah TPS 3R dalam Berat Kering	72
Tabel 4.24 Hasil Emisi GRK Skenario Pembakaran	74
Tabel 4.25 Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan Pengangkut.....	76
Tabel 4.26 Hasil Emisi GRK Aktivitas Pengangkutan Skenario.....	76
Tabel 4.27 Total Emisi GRK Aktivitas Pengangkutan TPA Skenario	77
Tabel 4.28 Hasil Emisi GRK Aktivitas Penimbunan Skenario	78
Tabel 4.29 Hasil Emisi GRK Skenario Penimbunan	78
Tabel 4.30 Perbandingan Emisi GRK Keseluruhan.....	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	15
Gambar 3.2 Peta Titik Lokasi Penelitian TPS 3R Kota Yogyakarta.....	16
Gambar 3.3 Nomogram Harry King.....	17
Gambar 3.4 Peta Titik Lokasi Penelitian Pengepul Kota Yogyakarta	19
Gambar 4.1 Diagram Alir Aktivitas Pengolahan TPS 3R.....	39
Gambar 4.2 Diagram Alir Aktivitas Pengepul TPS 3R.....	39
Gambar 4.3 Diagram Alir Aktivitas Pengepul Kota Yogyakarta.....	40
Gambar 4.4 Hasil Emisi GRK Aktivitas Pengumpulan TPS 3R.....	43
Gambar 4.5 Hasil Emisi GRK Aktivitas Penggunaan Mesin TPS 3R.....	46
Gambar 4.6 Hasil Emisi GRK Aktivitas Pengomposan TPS 3R.....	49
Gambar 4.7 Hasil Emisi GRK Aktivitas TPS 3R Pengangkutan ke TPA	51
Gambar 4.8 Hasil Emisi GRK Aktivitas Pengambilan Pengepul TPS 3R.....	53
Gambar 4.9 Hasil Emisi GRK Aktivitas Pengiriman Pengepul TPS 3R	56
Gambar 4.10 Total Emisi GRK Aktivitas Pengepul TPS 3R	57
Gambar 4.11 Hasil Emisi GRK Aktivitas Pengambilan Pengepul Kota.....	62
Gambar 4.12 Hasil Emisi GRK Aktivitas Pengiriman Pengepul Kota.....	63
Gambar 4.13 Total Emisi GRK Tiap Aktivitas Operasional TPS 3R	64
Gambar 4.14 Persentase Emisi GRK Tiap Aktivitas Operasional TPS 3R.....	65
Gambar 4.15 Total Emisi GRK Tiap TPS 3R.....	66
Gambar 4.16 Total Emisi GRK Tiap Aktivitas Pengepul Kota	67
Gambar 4.17 Persentase Emisi GRK Tiap Aktivitas Pengepul Kota.....	67
Gambar 4.18 Total Emisi GRK Pengepul Kota Yogyakarta	69
Gambar 4.19 Perbandingan Emisi GRK dengan Skenario Pembakaran	74
Gambar 4.20 Perbandingan Emisi GRK dengan Skenario Penimbunan	79
Gambar 4.21 Perbandingan Emisi GRK Keseluruhan.....	80

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Data Penelitian TPS 3R
- Lampiran 2 : Timbulan dan Komposisi Sampah
- Lampiran 3 : Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca TPS 3R
- Lampiran 4 : Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Pengepul Kota
- Lampiran 5 : Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Skenario
- Lampiran 6 : Dokumentasi Lapangan
- Lampiran 7 : Peta Lokasi dan Rute
- Lampiran 8 : Kuisisioner Penelitian

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perubahan pola konsumsi masyarakat membuat volume sampah terus meningkat, serta jenis dan karakteristiknya menjadi semakin beragam seperti sampah yang sulit terurai dan berbahaya (Trisnawati & Agustana, 2018). Menurut UU Nomor 18 Tahun 2008, sampah sudah menjadi permasalahan nasional sehingga perlu dilakukan pengelolaan secara menyeluruh dan terpadu. Salah satu bentuk upaya yang dapat dilakukan yaitu berupa pengolahan dengan konsep 3R (Natalia dkk, 2021). Tempat Pengolahan Sampah berbasis 3R (TPS 3R) menjadi salah satu contoh upaya kegiatan pengelolaan yang dapat dilakukan. TPS 3R memiliki tujuan untuk mengurangi jumlah sampah dan meningkatkan karakteristik, serta kualitas sampah sebelum dibuang atau diolah lebih lanjut di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) (Magistra, 2021).

Kegiatan pengelolaan sampah ini menjadi salah satu sektor yang dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca (Bogner dalam Hutagalung dkk, 2020). Hal ini dibuktikan dengan adanya 5% total emisi gas rumah kaca secara global dihasilkan dari pengelolaan limbah padat (Gautam dkk, 2021). Menurut KLHK dalam Novia (2022) pada data Inventarisasi GRK Nasional tahun 2020, sektor limbah menjadi salah satu penyumbang dari gas rumah kaca sebesar 7% dari total GRK nasional yaitu sebesar 134,119 Gg CO₂e. Sedangkan, kegiatan pengolahan sampah sendiri menyumbang emisi gas rumah kaca sebesar 32,65% dari sektor limbah atau sebesar 43,784 Gg CO₂e. Kegiatan pengelolaan sampah yang dapat menimbulkan emisi gas rumah kaca seperti pembakaran bahan bakar dari kendaraan pengangkut sampah pada kegiatan pengangkutan ke TPA yang menghasilkan emisi gas rumah kaca berupa CO₂, CH₄ dan N₂O. Selain itu, proses pengolahan sampah secara biologi

yaitu penimbunan sampah organik yang terdegradasi atau pengomposan dapat menghasilkan CH₄ (Oktafayanza dkk, 2021).

Emisi gas rumah kaca merupakan penyebab terjadinya pemanasan global dan perubahan iklim. Pemanasan global mengakibatkan terjadinya peningkatan temperatur bumi. Peningkatan temperatur Bumi ini sudah mencapai 0,5 °C selama abad ke-20 dan diproyeksikan akan terus meningkat sekitar 1,5-5,8 °C di tahun 2100 pada laporan pemantauan Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Sedangkan, dampak dari perubahan iklim berupa perubahan curah hujan, peningkatan intensitas badai, kenaikan permukaan laut, perubahan dalam salinitas, serta peningkatan sedimentasi di daerah pesisir dan lautan. (Adinatha & Arif, 2022). Permasalahan ini telah menjadi perhatian khusus secara global dan menjadi fokus pembahasan di berbagai negara dengan tujuan mengurangi dampaknya terhadap kelangsungan hidup manusia di Bumi (Surtani, 2015). Indonesia termasuk salah satu negara memberikan perhatian khusus terhadap dampak dari permasalahan tersebut. Secara internasional, upaya mitigasi terhadap pemanasan global diatur pada Protokol Kyoto yang menetapkan kewajiban dalam pengurangan emisi gas rumah kaca bagi negara - negara maju (Purwanta, 2009).

Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) tahun 2022, timbulan sampah di Indonesia mencapai sekitar 34.755.003,29 ton. Sedangkan, pada Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta sendiri timbulan sampah yang dihasilkan sebesar 582.873,65 ton dan Kota Yogyakarta menduduki peringkat ketiga dalam memproduksi sampah yaitu sebanyak 110.642,60 ton. Komposisi sampah ini meliputi 46,45% sisa makanan, 0,25% kayu-ranting, 17,4% kertas-karton, 31,05% plastik, 0,55% logam, 1,05% kain, 0,6% karet-kulit, 1,05% kaca, dan 1,6% sampah lainnya. Kota Yogyakarta merupakan wilayah yang telah melaksanakan pengelolaan terhadap sampah yang dihasilkan. Salah satu bentuk pengelolaan tersebut berasal dari TPS 3R. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengukur potensi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas pengelolaan sampah di TPS 3R Kota Yogyakarta.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apa saja aktivitas operasional yang dilakukan di TPS 3R?
2. Berapa jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas operasional TPS 3R?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi aktivitas operasional TPS 3R di Kota Yogyakarta.
2. Menghitung dan menganalisis jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh TPS 3R di Kota Yogyakarta dari aktivitas operasional.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi terhadap jumlah emisi gas rumah kaca dari aktivitas operasional TPS 3R di Kota Yogyakarta.
2. Membantu pemerintah untuk melakukan inventarisasi emisi gas rumah kaca di Kota Yogyakarta.

1.5 Ruang Lingkup

1. Lokasi penelitian berada di TPS 3R Kota Yogyakarta.
2. Waktu dilaksanakan penelitian mulai dari bulan Juni - Juli.
3. Perhitungan sumber emisi gas rumah kaca berasal dari penggunaan kendaraan, mesin operasional dan pengomposan dalam aktivitas operasional di TPS 3R yang terdiri dari aktivitas pengumpulan, aktivitas pengolahan, aktivitas pengomposan, aktivitas pengangkutan ke TPA, aktivitas pengangkutan ke pengepul dan aktivitas pengiriman ke industri daur ulang
4. Parameter emisi gas rumah kaca yang dihitung yaitu emisi Karbon Dioksida (CO_2), Metana (CH_4) dan Dinitrogen Oksida (N_2O).
5. Perhitungan emisi gas rumah kaca menggunakan Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang mengacu pada metode Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Tier 1 dan 2.

6. Perhitungan Tier 2 hanya digunakan untuk emisi CO₂ dari kendaraan.
7. Pada perhitungan emisi Tier 2, kendaraan yang menggunakan bahan bakar bensin akan diasumsikan menggunakan bahan bakar Pertamina (RON 92) karena bahan bakar Pertamina (RON 90) tidak terdapat dalam faktor emisi, selain itu bahan bakar Premium (RON 88) sudah tidak tersedia lagi di Indonesia.
8. Bahan bakar yang digunakan dalam perhitungan adalah solar dan bensin (Pertamax)
9. Jumlah dan komposisi sampah yang digunakan dalam perhitungan skenario berasal dari sampah yang masuk di TPS 3R.
10. Jarak yang digunakan dalam aktivitas pengangkutan dari sumber ke TPA di skenario diasumsikan sama dengan jarak TPS 3R ke TPA pada kondisi eksisting.
11. Emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari skenario pembakaran dan penimbunan dihitung dalam satu tahun.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah (Limbah Padat)

Menurut WHO sampah merupakan benda yang sudah tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disukai yang berasal dari aktivitas manusia (Handoyo dkk, 2021). Sedangkan menurut SNI 19-2454-2002 dalam Kafhi (2017), sampah merupakan limbah padat organik dan anorganik yang harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan, serta melindungi investasi pembangunan karena dianggap tidak berguna lagi. Sampah digolongkan menjadi 2 berdasarkan sifatnya yaitu sampah organik (*degradable*) yaitu sampah yang mudah diuraikan secara alami, seperti daun, sayuran, dan daging, kemudian sampah anorganik (*undegradable*) yaitu sampah yang sulit terurai atau membutuhkan waktu yang sangat lama, seperti plastik, kaca, kaleng dan beracun (B3) yaitu limbah yang berasal dari bahan-bahan berbahaya dan beracun seperti limbah rumah sakit, limbah pabrik dan lain-lain (Abidin dkk, 2021). Karakteristik sampah terbagi menjadi 2 berdasarkan sifatnya, yaitu karakteristik fisik (nilai kalor, kadar air, kadar abu, berat jenis, distribusi ukuran, dan kadar volatil) dan karakteristik kimia, seperti unsur C, N, P, H, S, dan sebagainya (Damanhuri dkk, 2010). Komposisi sampah biasanya ditunjukkan dalam bentuk persentase berat atau volume basah. Berdasarkan dari karakteristik dan komposisi sampah tersebut bisa dimanfaatkan untuk mengestimasi jumlah emisi gas rumah kaca yang akan dihasilkan nantinya (Kustiasih, 2014).

2.2 Pengelolaan Sampah

Berdasarkan UU Nomor 18 Tahun 2008, pengelolaan sampah merupakan kegiatan kegiatan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah secara sistematis, menyeluruh dan berkesinambungan. Inti dari dari kegiatan pengelolaan sampah ini terdapat pada pengurangan dan penanganan sampah. Pada pengurangan sampah terdapat kegiatan berupa pembatasan terhadap timbulan sampah yang

dihasilkan, melakukan daur ulang sampah dan memanfaatkan kembali sampah yang bisa digunakan. Hal ini, biasa disebut dengan 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*). Sedangkan, kegiatan pada penanganan sampah berupa:

- a) Pemilahan yang bertujuan untuk mengelompokkan dan memisahkan sampah berdasarkan jenis, jumlah dan sifat sampah.
- b) Pengumpulan berupa bentuk pengambilan dan pemindahan sampah dari sumber menuju TPS atau TPST.
- c) Pengangkutan dengan membawa sampah dari sumber atau tempat penampungan sementara atau tempat pengolahan sampah terpadu menuju tempat pemrosesan akhir.
- d) Pengolahan yang berguna untuk mengubah karakteristik, komposisi dan jumlah sampah
- e) Pemrosesan akhir sampah berupa pengembalian sampah atau residu hasil pengolahan sebelumnya ke lingkungan secara aman

2.3 Tempat Pengolahan Sampah - Reduce Reuse Recycle (TPS 3R)

Tempat Pengolahan Sampah (TPS) 3R merupakan kegiatan penanganan sampah sejak dari sumber dengan mengurangi timbulan sampah, dekomposisi secara biologi dan penerapan pengelolaan sampah secara ramah lingkungan. Prinsip dari penyelenggaraan TPS 3R ini difokuskan pada konsep *Reduce* (mengurangi), *Reuse* (menggunakan kembali) dan *Recycle* (daur ulang) dengan melakukan pemanfaatan sampah organik sebagai kompos dan anorganik sebagai bahan sekunder kegiatan industri. Hal ini, dilakukan untuk mengurangi sampah sejak dari sumber (Widiana dkk, 2017). Berdasarkan Permen PU Nomor 03 Tahun 2013, TPS 3R merupakan tempat dilakukannya kegiatan pengumpulan, pemilahan, penggunaan ulang dan pendauran ulang dalam skala Kawasan. Pada tahap pengoperasian TPS 3R meliputi kegiatan:

- a) Penampungan sampah
- b) Pemilahan sampah
- c) Pengolahan sampah organik
- d) Pendaaur ulangan sampah anorganik

- e) Pengelolaan sampah spesifik rumah tangga dan B3 sesuai ketentuan berlaku
- f) Pengumpulan sampah residu ke truk sampah atau kontainer untuk diangkut ke TPA

2.4 Gas Rumah Kaca

Gas rumah kaca (GRK) merupakan sekelompok gas yang memiliki kemampuan untuk menciptakan efek rumah kaca di atmosfer bumi. Fungsi utama GRK ini mirip dengan kaca yaitu membiarkan cahaya matahari masuk, namun menangkap panas yang dipancarkan dari dalamnya (Sarmaji dalam Martha, 2019). Gas rumah kaca memiliki jenis yang bermacam – macam antara lain yaitu CO₂ (Karbon Dioksida), CH₄ (Metana), N₂O (Dinitrogen Oksida), HFC (Hidrofluorokarbon), PFC (Perfluorokarbon) dan SF₆ (Sulfur Heksafluorida). Namun dari semua jenis-jenis gas tersebut terdapat gas utama yaitu CO₂, CH₄ dan N₂O (KLH, 2012: Buku I). Menurut Cicerone dalam Suriandjo (2018), emisi gas CO₂, CH₄ dan N₂O masing-masing menyumbang 55%, 15% dan 6% dari total efek rumah kaca. Meskipun sumbangan gas N₂O terhadap atmosfer rendah, namun gas N₂O di atmosfer sangat stabil dan mempunyai waktu tinggal sampai 150 tahun.

Para ahli menggambarkan istilah gas rumah kaca untuk menjelaskan peran atmosfer bumi. Atmosfer bumi dianalogikan seperti kaca pada bangunan rumah kaca yang dapat memungkinkan cahaya matahari untuk masuk dan menghangatkan permukaan bumi menjadikannya tempat yang layak untuk kehidupan makhluk hidup karena tanpa atmosfer, bumi akan menjadi sangat dingin. Adanya gas – gas di atmosfer yang mampu menyerap dan memancarkan radiasi inframerah yang menyebabkan hal tersebut terjadi. Istilah “Gas Rumah Kaca” merujuk pada gas – gas yang terdapat dalam atmosfer secara alami maupun dari kegiatan manusia yang mampu menyerap dan kemudian memancarkan radiasi inframerah kembali. Sebagian radiasi matahari dalam bentuk gelombang pendek yang mencapai permukaan bumi, kemudian dipancarkan kembali ke atmosfer dalam bentuk radiasi gelombang panjang dapat disebut sebagai radiasi inframerah. Radiasi gelombang panjang ini akan diserap oleh gas – gas rumah kaca yang terdapat di lapisan atmosfer bawah, berada dekat dengan permukaan bumi akan diserap, dan

menghasilkan efek panas yang dikenal sebagai efek rumah kaca (KLH dalam Martha, 2019).

Penyebab emisi gas – gas rumah kaca meningkat semakin cepat karena adanya kegiatan manusia yang telah meningkat setelah era pra-industri. Kegiatan tersebut berasal dari penggunaan energi dari bahan bakar minyak untuk berbagai kegiatan manusia terutama dalam proses-proses industri, transportasi, dan kegiatan pembukaan hutan untuk keperluan pembangunan, intensifikasi budidaya tanaman serta produksi limbah. Berdasarkan KLH (2012), kegiatan tersebut dirangkum menjadi 4 sektor utama sebagai sumber emisi yang masuk ke dalam inventarisasi gas rumah kaca, antara lain.

- Sektor energi
- Sektor industri
- Sektor pertanian, kehutanan dan penggunaan lahan lainnya
- Sektor limbah

2.5 Pemanasan Global

Pemanasan global terjadi ketika konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer meningkat yang mengakibatkan akumulasi panas di atmosfer, sehingga menghasilkan efek rumah kaca yang berlebihan. Pemanasan global ini akan menyebabkan perubahan seperti suhu air laut akan meningkat dan mengakibatkan peningkatan penguapan di udara. Perubahan-perubahan ini pada akhirnya menghasilkan perubahan iklim yang mencakup perubahan dalam pola dan unsur cuaca secara berkelanjutan dan dalam jangka waktu yang lama (Wunanto, 2021). Iklim sendiri merujuk pada rata-rata kondisi fisik udara, seperti suhu, tekanan, kelembaban, hujan, angin, dan sebagainya, selama kurun waktu tertentu seperti harian, mingguan, bulanan, musiman, dan tahunan. Peningkatan suhu global juga berpotensi mengakibatkan perubahan lain, seperti peningkatan permukaan air laut, peningkatan intensitas fenomena cuaca ekstrem, dan perubahan dalam jumlah dan pola curah hujan. Efek lain dari pemanasan global ini dapat berdampak terhadap

pertanian, membuat hilangnya gletser, dan kepunahan berbagai jenis hewan (Surtani, 2015).

Dampak gas rumah kaca terhadap pemanasan global bervariasi, dan tiap – tiap gas rumah kaca memiliki dampak yang berbeda meskipun memiliki konsentrasi yang sama. Cara mempermudah dalam membandingkan dampak ini dengan menggunakan Indeks Potensi Pemanasan Global (Global Warming Potential) (Wunanto, 2021). Direktorat Inventarisasi GRK dan MPV (2021) menjelaskan bahwa nilai Global Warming Potential (GWP) digunakan untuk mengubah data emisi gas rumah kaca non-CO₂ menjadi setara dengan karbon dioksida. Karbon dioksida ekuivalen (CO₂eq) adalah ukuran yang digunakan untuk membandingkan kemampuan berbagai gas rumah kaca dalam menyebabkan pemanasan global atau untuk menilai potensi bahaya yang dihasilkan oleh masing-masing gas rumah kaca (Adinatha & Arif, 2022). Nilai GWP dapat ditemukan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.1 Nilai *Global Warming Potential* (GWP)

No	Jenis Gas	Periode 100 Tahun
		GWP (CO ₂ eq)
1	CO ₂	1
2	CH ₄ -fossil	29.8
3	CH ₄ -non fossil	27
4	N ₂ O	273

Sumber: AR6 IPCC, 2021

2.6 IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*)

Pedoman IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) merupakan salah satu metode untuk menghitung jumlah dari emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari sektor persampahan. Pada pedoman IPCC, metode yang digunakan untuk menghitung perkiraan jumlah emisi terbagi menjadi 3 tingkat akurasi (Suharto dkk 2021). Metode tersebut dikenal dengan istilah ‘Tier’. Semakin tinggi kedalaman metode yang dipergunakan, maka inventarisasi gas rumah kaca yang dihasilkan semakin rinci dan akurat. Dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK tidak harus menggunakan Tier yang tinggi karena masalah keterbatasan data dan sumber daya, tetapi bisa menggunakan Tier yang paling rendah. (KLH, 2012: Buku

I). Tingkat ketelitian perhitungan ini terkait dengan data dan metode perhitungan yang digunakan, berikut pembagian metode perhitungan emisi GRK berdasarkan tingkat ketelitiannya (tier):

- Tier 1: estimasi berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi default IPCC.
- Tier 2: estimasi berdasarkan data aktivitas yang lebih akurat dan faktor emisi default IPCC atau faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific*).
- Tier 3: estimasi berdasarkan metoda spesifik suatu negara dengan data aktivitas yang lebih akurat (pengukuran langsung) dan faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific*).

Penentuan Tier dalam inventarisasi GRK sangat ditentukan oleh ketersediaan data dan tingkat kemajuan suatu negara atau pabrik/industri dalam hal pelaksanaan penelitian untuk menyusun metodologi atau menentukan faktor emisi spesifik yang berlaku bagi negara/pabrik tersebut. Indonesia sendiri dalam pelaksanaan inventarisasi gas rumah kaca umumnya menggunakan Tier 1 berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi default IPCC (KLH, 2012: Buku II).

2.7 Potensi Emisi GRK dari Aktivitas TPS 3R

Berikut merupakan aktivitas-aktivitas yang ada di dalam TPS 3R:

A. Pengumpulan dan Pengangkutan

Proses pengumpulan sampah mulai dari sumber ke TPS, sedangkan untuk pengangkutan sampah mulai dari TPS ke TPA. Pada umumnya kendaraan sebagai pengumpul sampah yaitu gerobak dan motor sampah, sedangkan kendaraan pengangkut sampah yang digunakan adalah pick-up atau truk. Kendaraan – kendaraan ini menggunakan bahan bakar fosil sebagai sumber energi dalam operasionalnya. Pembakaran dari bahan bakar fosil ini dapat menghasilkan gas karbondioksida (CO₂) yang menjadi salah satu jenis dari gas rumah kaca (Anifah dkk, 2021).

B. Pemilahan

Sampah yang masuk kedalam TPS 3R perlu dilakukan kegiatan pemilahan. Pemilahan ini berfungsi untuk mengelompokkan dan memisahkan sampah yang sesuai dengan jumlah, jenis dan sifatnya (Muslimah, 2020). Pada kegiatan pemilahan dapat dilakukan dengan manual ataupun dengan mesin untuk mempermudah proses pemilahan (Marlena dkk, 2020). Mesin yang digunakan dapat berpotensi untuk menghasilkan emisi gas rumah kaca.

C. Pencacahan

Kegiatan pencacahan pada pengolahan sampah organik berfungsi untuk mempercepat proses dekomposisi menjadi pupuk organik dengan menggunakan alat pencacah sampah organik (Rahayu, 2021). Selain itu, mesin pencacah juga dapat digunakan untuk mencacah plastik dapat diproses oleh suatu industri yang mengharus dalam bentuk tertentu seperti butiran, biji, serbuk, pecahan dengan menggunakan mesin pencacah plastik (Nur dkk, 2014). Mesin yang digunakan ini dapat berpotensi sebagai penyumbang gas rumah kaca.

D. Pengomposan

Pengomposan merupakan proses penguraian sampah organik dengan bantuan mikroorganisme. Proses dari penguraian ini dapat menghasilkan gas-gas seperti gas metan dan sejenisnya. Gas metan ini merupakan salah satu jenis dari gas rumah kaca. (Kustiatih dkk, 2014).

E. Daur Ulang

Daur ulang sudah banyak digunakan untuk optimalisasi pengelolaan persampahan yang dikenal dengan istilah 3R atau 5R dengan versi yang lebih lengkap. Pada proses tersebut adanya kemungkinan penggunaan dari alat bantu atau mesin yang dapat berpotensi untuk menghasilkan gas rumah kaca. Istilah dari 3R yaitu Reduce, Reuse & Recycle (Ain, 2021)

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dapat digunakan sebagai salah satu acuan atau landasan dalam penelitian ini. Berikut merupakan beberapa hasil dari penelitian sebelumnya yang dapat digunakan dan sesuai dengan topik penelitian ini pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Studi Terdahulu

Peneliti	Judul	Hasil
Temireyeva1 dkk, 2022	<i>Exploring The Mitigation of Greenhouse Gas Missions From The Current Municipal Solid Waste System of Kazakhstan: Case Study of Nur-Sultan City</i>	Berdasarkan metodologi IPCC, evaluasi jumlah emisi GRK dari sistem pengelolaan sampah yang dilakukan di ibukota Kazakhstan terdapat 4 skenario pengelolaan sampah. Skenario 3 dan 4 menjadi skenario terbaik karena dapat membantu keberlanjutan di kota. Semakin rendah hasil emisi dari tiap skenario yang dilakukan, semakin mahal biaya yang dikeluarkan.
Xin dkk, 2020	<i>An Empirical Study on Greenhouse Gas Emission Calculations Under Different Municipal Solid Waste Management Strategies</i>	Studi ini mencakup mengenai pengumpul, pengangkutan dan 3 metode pembuangan akhir dengan menggunakan 5 skenario untuk mengevaluasi jumlah emisi GRK. Pada skenario ke 5 dapat mengurangi emisi sebesar 70,82% dimana sampah dapur dan daur ulang dipilah, didaur ulang dan residunya dibakar. Selain itu, TPA akan menghasilkan emisi GRK lebih besar daripada pembakaran dan pengomposan
Devadoss dkk, 2021	<i>Implications of Municipal Solid Waste Management on Greenhouse Gas Emissions in Malaysia And The Way Forward</i>	Estimasi emisi gas rumah kaca dari pengelolaan sampah di Malaysia yang difokuskan pada pengumpulan, pengangkutan dan pembuangan dengan menggunakan metode IPCC Pada tahun 2016 didapatkan hasil sebesar 6.898.167 ton CO ₂ -eq, kemudian diproyeksikan pada tahun 2030 akan menghasilkan emisi GRK sebesar 9.991.486 ton CO ₂ -eq. Upaya pengurangan emisi dilakukan dengan menggunakan kalkulator gas rumah kaca pengelolaan sampah dalam pendekatan daur ulang, pendekatan insenerasi dan pendekatan integrasi. Hasil dari pendekatan tersebut menghasilkan strategi terbaik untuk mengurangi emisi GRK yaitu dengan menargetkan 40% daur ulang dan 31,9% insenerasi dapat mengurangi emisi GRK sebanyak 64% (5.803.493 ton CO ₂ -eq) pada tahun 2050.

<p>Addinsyah, 2017</p>	<p>Studi Timbulan dan Reduksi Sampah Rumah Kompos serta Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca di Surabaya Timur</p>	<p>Studi ini ditujukan untuk mengetahui jumlah emisi GRK yang dihasilkan, serta upaya pengurangan dengan menggunakan 3 skenario untuk dibandingkan. Perhitungan emisi GRK ini berdasarkan metode IPCC. Hasil penelitian tingkat reduksi menyatakan sebesar 50,74% pada skenario pertama, kemudian sebesar 34,68% reduksi pada skenario 2. Hasil penelitian emisi GRK pada skenario 1 sebesar 5,8 Gg CO₂ per bulan, lalu 5,13 Gg CO₂ per bulan untuk skenario 2 dan 0,49 Gg CO₂ per bulan untuk skenario 3.</p>
<p>Anifah dkk, 2021</p>	<p>Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Kegiatan Pengelolaan Sampah di Kelurahan Karang Joang, Balikpapan</p>	<p>Perhitungan estimasi emisi GRK pada penelitian ini berdasarkan metode IPCC tahun 2019 Tier 1. Hasil dari penelitian ini, emisi GRK dari pengangkutan sampah sebesar 460,11 kg CO₂-eq/tahun/ton sampah. Terdapat 3 skenario dalam penelitian ini. Skenario 1 emisi GRK dari pemrosesan akhir dengan cara penimbunan menghasilkan sebesar 3.237 kg CO₂-eq/tahun/ton sampah. Skenario 2 pada proses pembakaran menghasilkan emisi sebesar 2.423 kg CO₂-eq/tahun/ton sampah. Skenario 3 berasal dari proses pengomposan dan pendaur ulangan menghasilkan sebesar 913 kg CO₂-eq/tahun/ton sampah. Proses daur ulang dan pengomposan dapat mengurangi emisi GRK sebesar 62,34%.</p>
<p>Silva dkk, 2020</p>	<p><i>Life-Cycle Assessment of Municipal Solid Waste Management Options: A Case Study of Refuse Derived Fuel Production in The City of Brasilia, Brazil</i></p>	<p>Terdapat 4 skenario pada studi ini untuk menentukan pengelolaan sampah yang lebih baik di kota Brasilia dengan menganalisis hasil dari jumlah emisi GRK tiap skenario. Hasil menunjukkan untuk sistem pengelolaan sampah saat ini sebesar 267,44 Gg CO₂-eq/tahun, kemudian untuk skenario 1 sebesar 305,64 Gg CO₂-eq/tahun, untuk skenario 2 sebesar 262,53 Gg CO₂-eq/tahun, untuk skenario 3 sebesar 210,79 Gg CO₂-eq/tahun dan skenario 4 sebesar 205,16 Gg CO₂-eq/tahun.</p>

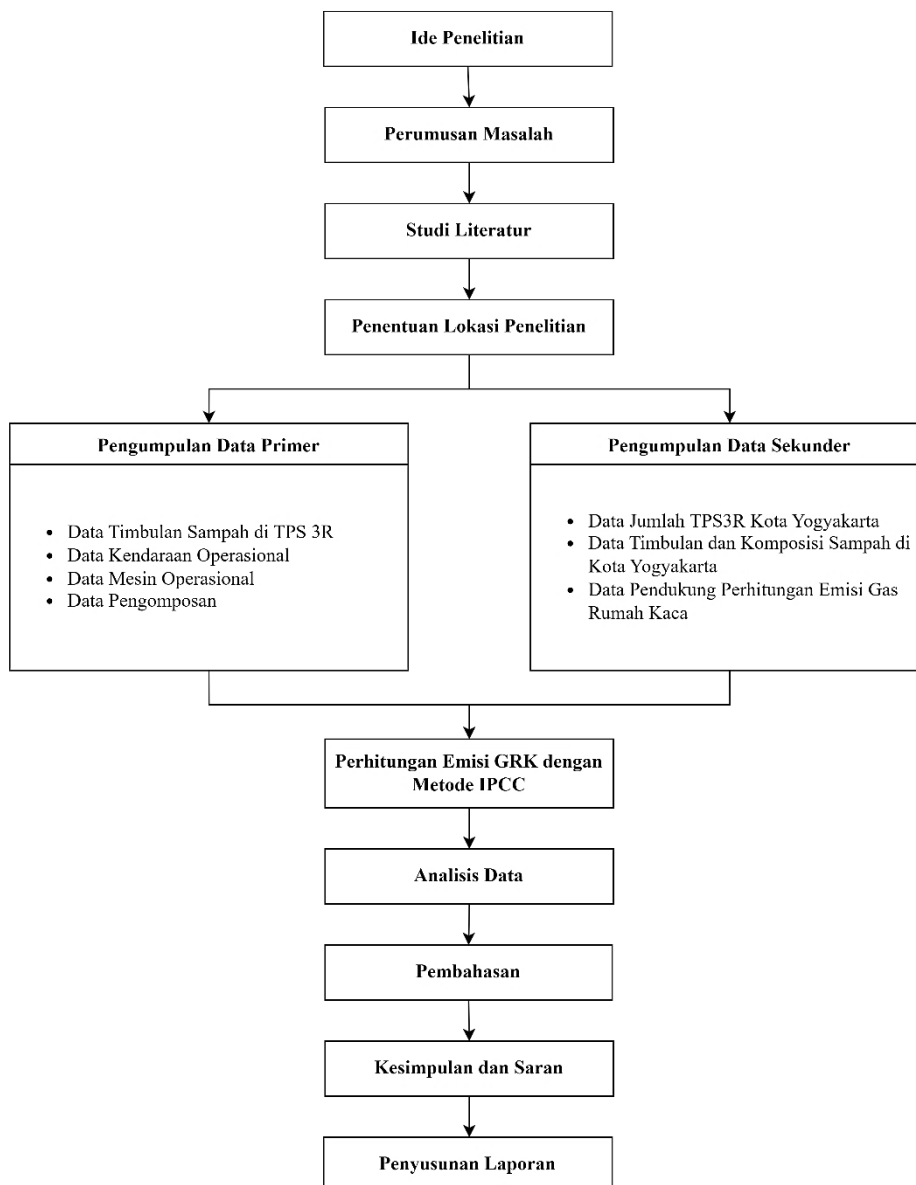
Peneliti	Judul	Hasil
Balthi, 2020	<i>Evaluation of Greenhouse Gas Emissions From Solid Waste Management Practices in State Capitals of North Eastern Nigeria</i>	Evaluasi emisi GRK dari pengelolaan sampah di ibu kota Nigeria bagian timur laut dengan menentukan kuantitas tahunan dari sampah yang dibuang ke <i>sanitary landfill</i> dan kemudian disimulasikan dengan 3 teknik. Teknik pertama yaitu <i>open dumping</i> dapat menghasilkan emisi sebesar 1223.502,69 tCO ₂ -eq. Kemudian, dengan teknik pembakaran terbuka meningkatkan emisi sebesar 127.812,63 tCO ₂ -eq yang membuat 3,3% lebih besar dari teknik <i>open dumping</i> . Terakhir dengan metode insinerasi dengan pemulihan energi dapat mengurangi jumlah emisi sekitar 42% dari yang ada dilapangan, sehingga hanya menghasilkan sebesar 37.042,84 tCO ₂ -eq

Berdasarkan hasil dari studi terdahulu tersebut, terdapat perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan. Perbedaan itu adanya penambahan skenario yang digunakan sebagai perbandingan antara kondisi eksisting yaitu pengolahan dilapangan dari aktivitas operasional TPS 3R dengan pengolahan diluar TPS 3R yang telah ditentukan. Penambahan ini tidak dimaksudkan sebagai upaya reduksi dari emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari kondisi eksisting karena tidak terdapat pengolahan atau pemanfaatan lebih lanjut seperti di dalam TPS 3R.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian



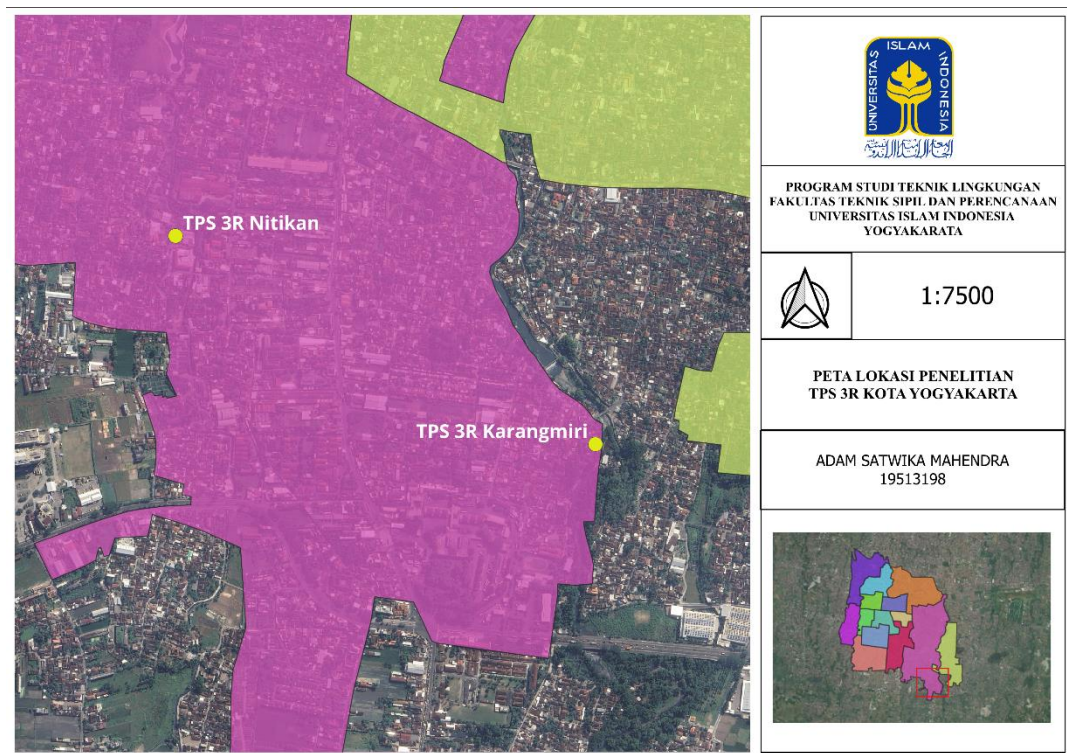
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di wilayah Kota Yogyakarta. Berdasarkan data SIPSN tahun 2022 Kota Yogyakarta hanya memiliki 2 TPS 3R, maka sampel pada penelitian ini berada di kedua TPS 3R tersebut yang dapat dilihat pada tabel 3.1 dan peta titik lokasi penelitian TPS 3R pada gambar 3.2.

Tabel 3.1 Lokasi Penelitian TPS 3R

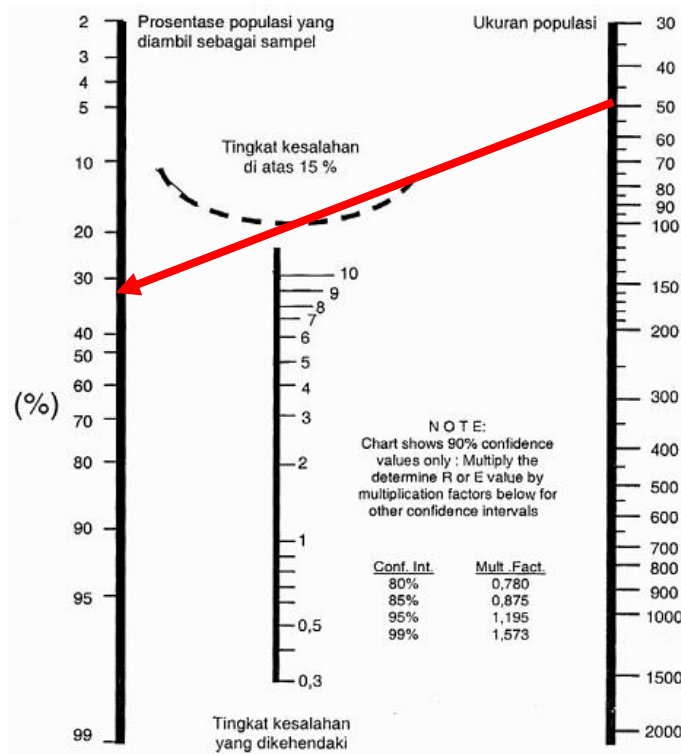
No	Nama Fasilitas	Alamat	Kelurahan	Kecamatan
1	TPS 3R Nitikan	Kampung Kranon Nitikan RT 43 RW 11	Sorosutan	Umbulharjo
2	TPS 3R Karangmiri	Kampung Mrican RT 23 RW 08	Giwangan	Umbulharjo



Gambar 3.2 Peta Titik Lokasi Penelitian TPS 3R Kota Yogyakarta

Selain itu, terdapat penambahan lokasi penelitian yang berasal dari pengepul di Kota Yogyakarta. Maksud dari penambahan lokasi penelitian ini agar data yang di dapatkan bisa lebih bervariasi. Berdasarkan data SIPSN tahun 2022 jumlah pengepul di Kota Yogyakarta didapatkan sebanyak 49 unit. Pada penentuan sampel di pengepul dilakukan stratified random sampling yang akan dibagi menjadi 3 kelompok yaitu besar, sedang dan kecil berdasarkan ukuran usaha dan barang yang

masuk. Pada penelitian ini, penentuan besarnya sampel dapat menggunakan teknik Nomogram Harry King (Sugiyono, 2009). Berikut merupakan cara dalam mencari jumlah sampel dengan menggunakan metode Nomogram Harry King.



Gambar 3.3 Nomogram Harry King

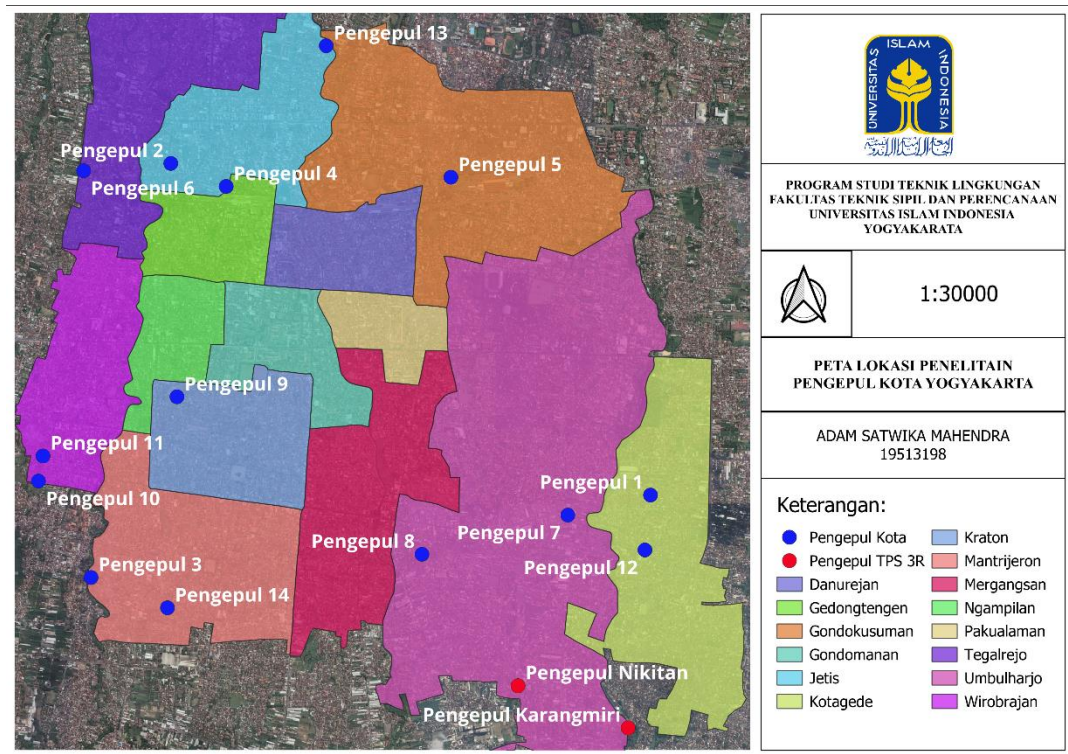
Pada penelitian ini tingkat kesalahan yang digunakan sebesar 15%, dan faktor pengali dari taraf kepercayaan 15% adalah 0,875. Pertama yang harus dilakukan yaitu dengan cara menarik garis dari populasi sebesar 49, melewati tingkat kesalahan 15%, maka akan ditemukan titik sebesar 32%. Setelah didapatkan data tersebut, maka perhitungan untuk jumlah sampel yang dibutuhkan adalah

$$49 \times 0,32 \times 0,875 = 13,72 \sim 14 \text{ sampel}$$

Jadi, total sampel yang dibutuhkan pada penelitian ini sebanyak 14 pengepul sebagaimana tercantum dalam tabel 3.2 dan lokasi penelitian pengepul yang ditunjukkan dalam gambar 3.3.

Tabel 3.2 Lokasi Penelitian Pengepul

No	Nama Pengepul	Alamat	Kelurahan	Kecamatan
Kelompok Besar				
1	Bu Rofi	Jl Depokan II RT 33 RW 10	Rejowinangun	Kotagede
2	Bu Wiwit	Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 18	Bumijo	Jetis
3	Pak Wasono	Dukuh Mantrijeron I/1562 A RT 79 RW 17	Gedongkiwo	Mantrijeron
4	Pak Makrub	Jl. Wongsodirjan No. 22	Sosromenduran	Gedongtengen
5	Pak Sriyono	Jl. Kusbini No. 30	Klitren	Gondokusuman
Kelompok Sedang				
6	Pak Tata	Tegalrejo III/368 RT 16 RW 05	Tegalrejo	Tegalrejo
7	Bu Fitri	Jl Veterean, Gg Gayam RT 20 RW 05	Pandeyan	Umbulharjo
8	Pak Gimam	Jl. Sorosutan No. 12	Sorosutan	Umbulharjo
9	Pak Babang	Kadipaten Kulon KT III/74 RT 20 RW 06	Kadipaten	Kraton
10	Pak Sugeng	Jl Srikaloka No. 33 RT 27 RW 06	Patangpuluhan	Wirobrajan
Kelompok Kecil				
11	Pak Nardi	Koncohimo RT 16 RW 03	Patangpuluhan	Wirobrajan
12	Bu Lina	Jl Depokan II No. 05 RT 08 RW 05	Prenggan	Kotagede
13	Pak Sudaryanto	Jetisharjo JT II/407 RT 24 RW 06	Cokrodiningratan	Jetis
14	Bu Fatonah	Minggiran MJ II RT.66 RW.17	Suryodiningratan	Mantrijeron



Gambar 3.4 Peta Titik Lokasi Penelitian Pengepul Kota Yogyakarta

3.3 Metode Pengumpulan Data

Sumber data pada penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder.

3.3.1 Data Primer

Data primer berasal dari observasi lapangan, hasil wawancara, serta pemberian kuisioner yang sekurang-kurangnya dapat menunjukkan:

- Data timbulan sampah di TPS 3R berasal dari total kapasitas tiap kendaraan pengumpul sampah.
- Data kendaraan operasional, berupa jenis kendaraan operasional dan jumlah tiap jenis kendaraan, jenis bahan bakar tiap kendaraan, jarak tempuh/layanan tiap kendaraan (km/hari/minggu), wilayah pelayanan atau lokasi yang dituju dan konsumsi bahan bakar tiap kendaraan (liter/hari/minggu). Data ini digunakan untuk mengetahui macam-macam aktivitas yang menggunakan kendaraan.

- Data mesin operasional berupa jenis mesin operasional dan jumlah tiap jenis mesin, jenis bahan bakar tiap mesin, durasi pemakaian tiap mesin (jam/hari/minggu) dan konsumsi bahan bakar tiap mesin (liter/jam/hari/minggu). Data ini digunakan untuk mengetahui macam-macam aktivitas yang menggunakan mesin.
- Data aktivitas pengomposan, berupa jenis metode atau teknik pengomposan, jumlah tiap teknik pengomposan, jumlah sampah organik yang dikomposkan tiap periode dan durasi proses pengomposan tiap periode.

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder diperoleh melalui studi literatur yang ada, serta web resmi pemerintah atau instansi yang mengenai penelitian ini, seperti:

- Data jumlah TPS 3R yang ada di Kota Yogyakarta bersumber dari SIPSN (Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional)
- Data timbulan dan komposisi sampah di Kota Yogyakarta bersumber dari SIPSN (Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional)
- Data pendukung dalam perhitungan emisi gas rumah kaca dari kendaraan, mesin, pengomposan, open burning dan landfill berdasarkan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) dan pemerintah atau instansi.

3.4 Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengolah data agar dapat berguna dalam menyelesaikan permasalahan dalam penelitian. Analisis dalam penelitian ini akan dilakukan penambahan aktivitas pengolahan sampah atau skenario. Penambahan ini bertujuan untuk melihat perbandingan hasil emisi gas rumah kaca dari aktivitas di TPS 3R dengan aktivitas diluar TPS 3R. Metode perhitungan emisi gas rumah kaca berasal dari Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, serta sumber atau referensi lainnya yang mengacu pada metode IPCC. Perhitungan emisi gas rumah kaca pada penelitian ini menggunakan Tier 1 karena Indonesia umumnya masih menggunakan

Tier 1 dalam pelaksanaan inventarisasi, sehingga perlu menggunakan nilai default IPCC. Sedangkan, untuk perhitungan emisi CO₂ yang dihasilkan oleh kendaraan dapat menggunakan Tier 2 karena Indonesia trlsh memiliki faktor emisi gas tersebut, sehingga tidak perlu menggunakan nilai default dari IPCC.

3.4.1 Aktivitas Pengelolaan Berbasis TPS 3R

Emisi gas rumah kaca akan dihitung berasal dari aktivitas operasional TPS 3R atau sesuai dengan kondisi eksisting. Emisi gas rumah kaca yang akan dihitung berupa CO₂, N₂O dan CH₄. Berikut metode perhitungan pada tiap aktivitasnya:

A. Kendaraan Operasional

Perhitungan emisi yang dihasilkan kendaraan operasional berasal dari aktivitas pengumpulan dan pengangkutan. Berikut merupakan alur perhitungan emisi gas rumah kaca dari kendaraan.

1) Konsumsi Bahan Bakar (liter)

Perhitungan di aktivitas ini membutuhkan data dari konsumsi bahan bakar dari tiap kendaraan. Apabila data konsumsi bahan bakar tidak didapatkan, dapat dilakukan pendekatan dengan mencari data jarak tempuh dari kendaraan tersebut. Jarak tempuh tersebut akan dibagi dengan asumsi dari efisiensi bahan bakar kendaraan (Kemenhub dalam Lestari, 2017). Berikut pada tabel 3.3 merupakan efisiensi bahan bakar yang dapat digunakan.

Tabel 3.3 Asumsi Efisiensi Bahan Bakar Kendaraan

Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Efisiensi Bahan Bakar (km/liter)
Motor	Bensin	21,5
Mobil	Bensin	7,8
Truk	Solar	4,5

Sumber: (Kemenhub dalam Lestari, 2017)

2) Konsumsi Energi (TJ)

Setelah mendapatkan data jumlah konsumsi bahan bakar dalam satuan liter, maka perlu dikonversikan ke dalam bentuk Terra Joule (TJ). Berikut perhitungan konversi konsumsi bahan bakar dari liter ke Terra Joule berdasarkan persamaan IPCC.

$$\text{Konsumsi BBa (TJ)} = \text{Konsumsi BBa (liter)} \times \text{Nilai Kalor (TJ/liter)} \dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

- Konsumsi BBa = Kebutuhan BBM dalam satuan liter
- Nilai Kalor = Nilai kalor berdasarkan jenis bahan bakar
- a = Jenis bahan bakar

(KLH, 2012)

Nilai kalor bahan bakar dari jenisnya bahan bakar yang digunakan oleh kendaraan operasional dapat ditentukan pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Nilai Kalor Bahan Bakar Indonesia

Jenis Bahan Bakar	Nilai Kalor (TJ/liter)
Bensin	33×10^{-6}
Solar (HSD, ADO)	36×10^{-6}
Keterangan: HSD: High Speed Diesel ADO: Automotive Diesel Oil	

Sumber: KLH, Buku II. Volume 1 (2012)

3) Emisi Gas Rumah Kaca (GRK)

Hasil konversi dari konsumsi bahan bakar tersebut digunakan untuk menghitung emisi gas rumah kaca tiap kendaraan operasional dengan menggunakan perhitungan berikut berdasarkan persamaan IPCC.

$$\text{Emisi GRK (kg/tahun)} = \text{Konsumsi BBa (TJ)} \times \text{EFa (kg/TJ)} \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

- Emisi GRK = Emisi yang dihasilkan (CO₂, N₂O, CH₄)
- Konsumsi BBa = Konsumsi bahan bakar a
- EFa = Faktor emisi menurut a
- a = Jenis bahan bakar

(KLH, 2012)

Faktor emisi gas rumah kaca dapat ditentukan dengan melihat tabel tabel 3.5 dan 3.6 di tiap jenis bahan bakarnya. Pada faktor emisi CO₂ penggunaan bahan bakar pertalite atau sejenisnya (RON 90) akan diasumsikan menggunakan pertamax atau sejenisnya (RON 92). Sedangkan faktor emisi untuk bahan bakar solar menggunakan faktor

dari *automotive diesel oil* (ADO). Pada kendaraan yang menggunakan bahan bakar bensin akan masuk ke dalam kategori *premium-dgn catalyst*.

Tabel 3.5 Faktor Emisi CO₂ dari Bahan Bakar Kendaraan

Jenis Bahan Bakar	Tier 1 (kg CO ₂ /TJ)	Tier 2/Lokal (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
<i>Industrial Diesel Oil</i> (IDO)	74.100	74.067
<i>Residual Fuel Oil</i> (RFO)	77.400	75.167

Sumber: KESDM, 2020

Tabel 3.6 Faktor Emisi CH₄ dan N₂O dari Bahan Bakar Kendaraan

Jenis Bahan Bakar	CH ₄ (kg/TJ)			N ₂ O (kg/TJ)		
	<i>Default</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>	<i>Default</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
<i>Premium-Uncontrolled</i>	33	9,6	110	3,2	0,96	11
<i>Premium-dgn Catalyst</i>	25	7,5	86	8	2,6	24
<i>Solar/ADO</i>	3,9	1,6	9,5	3,9	1,3	12

Sumber: KLH, Buku II. Volume 1 (2012)

B. Penggunaan Mesin

Perhitungan emisi penggunaan mesin berasal dari aktivitas pengolahan di TPS 3R. Perhitungan ini akan dibagi menjadi 2 yaitu perhitungan untuk mesin yang menggunakan bahan bakar dan mesin yang menggunakan energi listrik. Berikut merupakan tahap perhitungan emisi gas rumah kaca untuk tiap mesin.

- Mesin Bahan Bakar

- 1) Konsumsi Energi (TJ)

Setelah mendapatkan data jumlah konsumsi bahan bakar dalam satuan liter, maka perlu dikonversikan ke dalam bentuk Terra Joule (TJ). Berikut perhitungan konversi konsumsi bahan bakar dari liter ke Terra Joule berdasarkan persamaan IPCC.

$$\text{Konsumsi BBa (kg)} = \text{Konsumsi BBa (liter)} \times \text{Nilai Kalor (TJ/liter)} \dots\dots (3.3)$$

Keterangan:

Konsumsi BBa = Kebutuhan BBM dalam satuan liter

Nilai Kalor = Nilai kalor berdasarkan jenis bahan bakar
 a = Jenis bahan bakar
 (KLH, 2012)

Nilai kalor bahan bakar untuk mesin operasional ini seperti pada tabel 3.2 berdasarkan dari jenis bahan bakar yang digunakan.

2) Emisi Gas Rumah Kaca (GRK)

Hasil konversi dari konsumsi bahan bakar tersebut digunakan untuk menghitung emisi gas rumah kaca tiap mesin operasional dengan menggunakan perhitungan berikut berdasarkan persamaan IPCC.

$$\text{Emisi GRK (kg/tahun)} = \text{Konsumsi BBa (TJ)} \times \text{EFa (kg/TJ)} \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan:

Emisi GRK = Emisi yang dihasilkan (CO₂, N₂O, CH₄)

Konsumsi BBa = Konsumsi bahan bakar a

EFa = Faktor emisi menurut a

a = Jenis bahan bakar

(KLH, 2012)

Berdasarkan jenis bahan bakar yang digunakan, faktor emisi gas rumah kaca dapat ditentukan dengan melihat tabel 3.7 pada tiap jenis gas yang dihitung yaitu CO₂, N₂O dan CH₄.

Tabel 3.7 Faktor Emisi Pembakaran Stasioner/Mesin

Jenis Bahan Bakar	CO ₂ (kg/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ O (kg/TJ)
Bensin	69.300	3	0,6
Solar	74.100	3	0,6

Sumber: KLH, Buku II. Volume 1 (2012)

- Mesin Listrik

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

Keterangan:

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

Konsumsi Energi = Konsumsi energi listrik

EF = Faktor emisi (CO₂, N₂O, CH₄)

(KLH, 2012)

Nilai dari faktor emisi dari tiap gas dapat dilihat pada tabel 3.8.

Tabel 3.8 Faktor Emisi Konsumsi Energi Listrik

CO ₂ (kg CO ₂ /kWh)	CH ₄ (kg CH ₄ /kWh)	N ₂ O (kg N ₂ O/kWh)
0,774388897	0,00001594341	0,00000876813

Sumber: Ecometrica, 2011

C. Pengomposan

Pada kegiatan pengomposan ini perlu menghitung emisi yang dihasilkan dari alat atau teknik pengomposan. Rumus perhitungan emisi gas rumah kaca pada proses pengomposan adalah sebagai berikut:

- Emisi CH₄

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ (Gg CH}_4\text{/tahun)} = (\text{Mi} \times \text{EF}_i) \times 10^{-3} - \text{R} \dots \dots \dots (3.6)$$

Keterangan:

Mi = massa sampah yang dikomposkan (Gg)

EF_i = faktor emisi pada proses pengomposan (g CH₄/kg)

i = tipe pengolahan biologi (pengomposan atau digester anaerobic)

R = jumlah *recovery* emisi CH₄ (Gg CH₄)

(KLH, 2012)

- Emisi N₂O

$$\text{Emisi N}_2\text{O (Gg N}_2\text{O/tahun)} = (\text{Mi} \times \text{EF}_i) \times 10^{-3} \dots \dots \dots (3.7)$$

Keterangan:

Mi = massa sampah yang dikomposkan (Gg)

EF_i = faktor emisi pada proses pengomposan (g N₂O/kg)

i = tipe pengolahan biologi (pengomposan atau digester anaerobic)

(KLH, 2012)

Faktor emisi gas rumah kaca pada proses pengomposan dapat ditentukan dengan melihat tabel 3.9 pada tiap jenis gas yang dihitung yaitu N₂O dan CH₄. Pada penelitian ini tipe teknologi pengolahan biologi yang digunakan yaitu pengomposan yang berasal dari berat basah karena sampah organik memiliki kandungan atau air didalamnya. Kadar air ini dapat menjadi faktor penting dalam tingkat kematangan dan kualitas kompos (Kurnia dkk, 2017). Berikut faktor emisi yang digunakan berasal dari pengomposan yaitu

faktor default IPCC sebesar 4 g CH₄/kg dan 0,3 g N₂O/kg yang dapat dilihat pada tabel 3.9 untuk lebih detailnya.

Tabel 3.9 Faktor Emisi CH₄ dan N₂O dari Pengomposan

Tipe Teknologi Pengolahan Biologi	CH ₄ (g CH ₄ /kg limbah)		N ₂ O (g N ₂ O/kg limbah)		Keterangan
	Berat Basah	Berat Kering	Berat Basah	Berat Kering	
Pengomposan	10	4	0,6	0,3	Asumsi limbah yang diolah memiliki bahan kering dengan kandungan DOC 25-50%, N 2%, dan kelembaban 60%. Faktor emisi bahan kering limbah diperkirakan dari berat basah limbah dengan kelembaban 60%
Digester Anaerobik	2	1	-	-	

Sumber: KLH, Buku II. Volume 4 (2012)

- Emisi CO₂

$$\text{Emisi CO}_2 = (\text{Mr}/\text{Ar}) \times \text{C HWP} \dots\dots\dots (3.8)$$

$$\text{C HWP} = \text{Wi} \times \text{M} \times \text{DOC}_i \dots\dots\dots (3.9)$$

Keterangan :

C HWP = Carbon Stock sampah yang dikomposkan (Gg C/tahun)

Wi = fraksi sampah i pada sampah yang dikomposkan

M = massa total sampah yang yang dikomposkan (Gg/tahun)

DOC_i = nilai DOC untuk sampah jenis i

Mr = massa molekul relatif CO₂ (44)

Ar = massa atom relatif C (12)

(Addinsyah dkk, 2017)

Berdasarkan persamaan diatas, untuk nilai DOC_i pada tiap jenis sampahnya dapat dilihat pada tabel 3.10. Nilai DOC_i yang digunakan yaitu nilai dalam berat basah.

Tabel 3.10 Nilai DOC Tiap Komposisi Sampah

Komposisi Sampah	DOC (% berat basah)		DOC (% berat kering)	
	Default	Range	Default	Range
Kertas/Kardus	40	36 – 45	44	40 – 50
Tekstil	24	20 – 40	30	25 – 50
Sisa Makanan	15	8 – 20	38	20 – 50

Kayu	43	39 – 46	50	46 – 54
Sampah Kebun	20	18 – 22	49	45 – 55
Diapers	24	18 – 32	60	44 – 80
Karet & Kulit	39	39	47	47
Plastik	-	-	-	-
Logam	-	-	-	-
Kaca	-	-	-	-
Lain-lain, sampah sulit terurai	-	-	-	-

Sumber: IPCC, 2006

3.4.2 Aktivitas Pengolahan di Luar TPS 3R

Pada aktivitas pengolahan di luar TPS 3R, emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas operasional TPS 3R dibandingkan dengan emisi gas rumah kaca jika sampah yang dikelola oleh TPS 3R tersebut akan dilakukan pembakaran secara terbuka atau dibuang langsung ke TPA dengan tujuan untuk mengetahui metode mana yang lebih baik dalam menghasilkan emisi gas rumah kaca.

A. Skenario Pembakaran

Emisi gas rumah kaca akan dihitung berasal dari aktivitas pembakaran secara terbuka atau *open burning*. Pada aktivitas *open burning* jumlah dan jenis sampah diasumsikan dengan menggunakan sampah yang masuk ke dalam TPS 3R. Berikut metode perhitungan pada aktivitas pembakaran secara terbuka:

- Emisi CO₂

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{MSW} \times \sum_j (\text{WF}_j \times \text{Dm}_j \times \text{CF}_j \times \text{FCF}_j \times \text{OF}_j) \times 44/12 \dots \dots \dots (3.10)$$

atau

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum_j (\text{MSW} \times \text{WF}_j \times \text{Dm}_j \times \text{CF}_j \times \text{FCF}_j \times \text{OF}_j \times 44/12) \dots \dots \dots (3.11)$$

Keterangan:

Emisi CO₂ = Emisi GRK dari jenis gas CO₂ (Gg/tahun)

MSW = Jumlah total sampah yang dibakar (Gg/tahun)

WF_j = Fraksi atau persentasi jenis sampah j dalam MSW

Dm_j = Kandungan zat kering dari sampah j pada MSW

CF_j = Fraksi karbon dalam bahan kering pada sampah j

- FCF_j = Fraksi fosil karbon dalam total karbon sampah j
- OF_j = Faktor oksidasi (default IPCC 58%)
- 44/12 = Faktor konversi dari C ke CO₂
- j = Jenis Sampah

(KLH, 2012)

Pada persamaan emisi CO₂ nilai D_m, CF dan FCF menggunakan nilai default IPCC pada tiap jenis sampah yang dapat dilihat pada tabel 3.11. Sedangkan, nilai default faktor oksidasi menurut IPCC pada pembakaran sampah secara terbuka yaitu sebesar 58%.

Tabel 3.11 Nilai D_m, CF & FCF Tiap Komposisi Sampah

Komposisi Sampah	D _m (% berat basah)	CF (% berat kering)		FCF (% total karbon)	
	Default	Default	Range	Default	Range
Kertas/Kardus	90	46	45 – 50	1	0 – 5
Tekstil	80	50	25 – 50	20	0 – 50
Sisa Makanan	40	38	20 – 50	-	-
Kayu	85	50	46 – 54	-	-
Sampah Kebun	40	49	45 – 55	0	0
<i>Diapers</i>	40	70	54 – 90	10	10
Karet & Kulit	84	67	67	20	20
Plastik	100	75	67 – 85	100	95 – 100
Logam	100	NA	NA	NA	NA
Kaca	100	NA	NA	NA	NA
Lain-lain, sampah sulit terurai	90	3	0 – 5	100	50 – 100

Sumber: IPCC, 2006

- Emisi CH₄

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ (Gg/tahun)} = \text{MSW (Gg/tahun)} \times \text{FE CH}_4 \times 10^{-6} \dots\dots\dots (3.12)$$

Keterangan:

MSW = Jumlah total sampah yang dibakar

FE CH₄ = Faktor emisi metane (default IPCC 6500 kg CH₄/Gg *Wet*)

(KLH, 2012)

- Emisi N₂O

$$\text{Emisi N}_2\text{O (Gg/tahun)} = \text{MSW (Gg/tahun)} \times \text{FE N}_2\text{O} \times 10^{-6} \dots\dots\dots (3.13)$$

Keterangan:

MSW = Jumlah total sampah yang dibakar

FE N₂O = Faktor emisi N₂O (default IPCC 150 kg N₂O/Gg *Dry*)

(KLH, 2012)

B. Skenario Penimbunan

Emisi gas rumah kaca akan dihitung berasal dari aktivitas pembuangan secara langsung ke TPA atau *landfill*. Terdapat 2 jenis perhitungan pada skenario ini yaitu perhitungan emisi dari aktivitas pengangkutan dan penimbunan sampah di TPA. Jumlah dan jenis sampah di skenario ini diasumsikan dengan menggunakan jumlah sampah yang masuk ke dalam TPS 3R. Selain itu, data dari kendaraan yang digunakan juga akan diasumsikan seperti jenis kendaraan dan jarak tempuh (TPS 3R ke TPA). Berikut metode perhitungan pada aktivitas pengangkutan sampah ke TPA:

1) Pengangkutan

a) Konsumsi Bahan Bakar

Perhitungan dalam aktivitas pengangkutan ini perlu mencari total jarak yang ditempuh dalam setahun dari jumlah ritasi yang akan dilakukan dalam setahun dan jarak TPS 3R ke TPA. Jarak tempuh tersebut akan dibagi dengan asumsi dari efisiensi bahan bakar kendaraan. Asumsi efisiensi bahan bakar kendaraan dapat dilihat pada tabel 3.3.

b) Konsumsi Energi (TJ)

Setelah mendapatkan data jumlah konsumsi bahan bakar dalam satuan liter, maka perlu dikonversikan ke dalam bentuk Terra Joule (TJ). Berikut perhitungan konversi konsumsi bahan bakar dari liter ke Terra Joule berdasarkan persamaan IPCC.

$$\text{Konsumsi BBa (TJ)} = \text{Konsumsi BBa (liter)} \times \text{Nilai Kalor (TJ/liter)} \dots\dots (3.14)$$

Keterangan:

Konsumsi BBa = Kebutuhan BBM dalam satuan liter

Nilai Kalor = Nilai kalor berdasarkan jenis bahan bakar
 a = Jenis bahan bakar

(KLH, 2012)

Nilai kalor bahan bakar dari kendaraan pengangkut dapat ditentukan pada tabel 3.2 berdasarkan penggunaan jenis bahan bakarnya.

c) Emisi Gas Rumah Kaca (GRK)

Hasil konversi dari konsumsi bahan bakar tersebut digunakan untuk menghitung emisi gas rumah kaca tiap kendaraan operasional dengan menggunakan perhitungan berikut berdasarkan persamaan IPCC.

$$\text{Emisi GRK (kg/tahun)} = \text{Konsumsi BBa (TJ)} \times \text{EFa (kg/TJ)} \dots\dots\dots (3.15)$$

Keterangan:

Emisi GRK = Emisi yang dihasilkan (CO₂, N₂O, CH₄)

Konsumsi BBa = Konsumsi bahan bakar a

EFa = Faktor emisi menurut a

a = Jenis bahan bakar

(KLH, 2012)

Faktor emisi gas rumah kaca dari jenis bahan bakar yang digunakan dapat ditentukan pada tabel 3.3 dan tabel 3.4.

2) Penimbunan TPA

$$\text{CH}_4 = (\text{MSW} \times \text{MCF} \times \text{DOC} \times \text{DOCf} \times \text{F} \times 16/12 - \text{R}) \times (1 - \text{OX}) \dots\dots\dots (3.16)$$

$$\text{DOC} = \Sigma (\text{DOC}_i \times \text{Wi}) \dots\dots\dots (3.17)$$

atau

$$\text{CH}_4 = \Sigma_i ((\text{MSWi} \times \text{MCF} \times \text{DOC}_i \times \text{DOCf} \times \text{F} \times 16/12 - \text{R}) \times (1 - \text{OX})) \dots\dots (3.18)$$

Keterangan:

MSW = Jumlah sampah yang masuk ke TPA (Gg/tahun)

MCF = Faktor koreksi metana

DOC = Degradasi organik karbon dalam sampah (Gg C/Gg sampah)

DOCf = Fraksi DOC

F = Fraksi dari CH₄ di TPA

16/12 = Rasio berat molekul CH₄/C

R = *Recovery* CH₄ (Gg/tahun)

OX = Faktor Oksidasi

DOC_i = Degradasi organik karbon jenis sampah i (Gg C/Gg sampah)

W_i = Komposisi sampah jenis i

i = Jenis sampah

(IPCC, 2006)

Berdasarkan persamaan diatas, untuk nilai DOC_i pada tiap jenis sampahnya dapat dilihat pada tabel 3.10. Nilai DOC_i yang digunakan yaitu nilai dalam berat basah. Nilai MCF menggunakan tipe TPA terkelola semi anaerobik yaitu dengan nilai 0,5 yang dapat dilihat pada tabel 3.12, sedangkan untuk nilai OX menggunakan tipe TPA terkelola yang tertutup dengan nilai 0.1 yang dapat dilihat pada tabel 3.13. Pemilihan tipe TPA ini pada nilai MCF dan OX dikarenakan TPA Piyungan termasuk kedalam tipe TPA terkelola semi anaerobik dan memiliki material penutup yang dapat mengoksidasi CH₄ seperti tanah (Ariyani, 2018). Terakhir untuk nilai default dari DOC_f yaitu 0,5 dengan asumsi lingkungan TPA berada dalam kondisi anaerobik dan nilai default dari F sebesar 0,5 karena sebagian besar sampah di TPA menghasilkan gas CH₄ sekitar 50 persen (IPCC, 2006).

Tabel 3.12 Nilai MCF dari Tipe TPA

Faktor Koreksi Metana (MCF)	
Tipe TPA	Nilai
Terkelola anaerobik	1
Terkelola semi anaerobik	0,5
Tidak terkelola dalam (> 5 m)	0,8
Tidak terkelola dangkal (< 5 m)	0,4
Tidak memiliki kategori	0,6

Sumber: IPCC, 2006

Tabel 3.13 Nilai OX dari Tipe TPA

OX	
Tipe TPA	Nilai
tidak terkelola, tidak berkategori dan terkelola tidak tertutup (bahan yang mengoksidasi CH ₄)	0
terkelola tertutup (bahan yang mengoksidasi CH ₄)	0,1

Sumber: IPCC, 2006

3.4.3 Global Warming Potential

Nilai *Global Warming Potential* (GWP) digunakan untuk mengubah data emisi GRK non-CO₂ menjadi karbon dioksida ekuivalen (CO₂eq). Karbon dioksida ekuivalen (CO₂eq) adalah suatu ukuran yang digunakan untuk membandingkan kemampuan gas rumah kaca tertentu dengan gas CO₂ dalam menyebabkan pemanasan global atau untuk mengetahui potensi bahaya yang dihasilkan dari tiap gas rumah kaca (Adinatha & Arif, 2022).

$$\text{GWP (kg CO}_2\text{eq/tahun)} = \text{total emisi GRK} \times \text{Nilai GWP} \dots \dots \dots (3.19)$$

(Sulistiawati & Yuwono, 2019)

Nilai GWP dimaksud dalam perhitungan tersebut dilihat pada tabel 3.14.

Tabel 3.14 Nilai *Global Warming Potential* (GWP)

No	Jenis Gas	Periode 100 Tahun
		GWP (CO ₂ eq)
1	CO ₂	1
2	CH ₄ -fossil	29,8
3	CH ₄ -non fossil	27
4	N ₂ O	273

Sumber: AR6 IPCC, 2021

3.5 Kesimpulan

Pada penelitian ini hasil perhitungan emisi (CO₂, CH₄ dan N₂O) dari pengolahan sampah di TPS 3R akan dibandingkan dengan pengolahan sampah diluar TPS 3R yaitu pembakaran dan pembuangan secara langsung ke TPA. Tujuan dari perbandingan ini untuk membantu dalam mengidentifikasi metode mana yang lebih baik dalam menghasilkan emisi gas rumah kaca. Pada pengolahan sampah TPS 3R terdapat 3 jenis perhitungan emisi gas rumah kaca yaitu berasal dari pengomposan, kendaraan dan mesin operasional. Pada proses pembakaran hanya memiliki satu jenis perhitungan saja yang berasal dari aktivitas tersebut. Sedangkan, perhitungan emisi dari pembuangan secara langsung ke TPA terdapat 2 jenis perhitungan yang berasal dari aktivitas pengangkutan dan penimbunan sampah di TPA atau *landfill*. Metode atau acuan yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari IPCC.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

4.1.1 Gambaran Umum TPS 3R

Kota Yogyakarta hanya memiliki 2 TPS 3R diantara 14 Kecamatan. Kedua lokasi TPS 3R tersebut berada di Kecamatan Umbulharjo, Yogyakarta. Profil atau gambaran umum mengenai lokasi penelitian TPS 3R di Kota Yogyakarta dapat dilihat pada tabel 4.1. Pada tabel tersebut dapat ditentukan bahwa TPS 3R Nitikan merupakan TPS 3R yang besar, sedangkan TPS 3R Karangmiri merupakan TPS 3R yang kecil. Hal ini dibuktikan dengan cakupan pelayanan, serta aktivitas dan fasilitas operasional dari TPS 3R Nitikan jauh lebih besar dan banyak daripada TPS 3R Karangmiri.

Tabel 4.1 Profil Lokasi Penelitian TPS 3R

Nama Fasilitas	TPS 3R Nitikan	TPS 3R Karangmiri
Jadwal Operasional	Senin – Kamis (06.00 – 13.00) Jumat – Sabtu (06.00 – 11.00)	Senin – Kamis (06.00 – 13.00) Jumat – Sabtu (06.00 – 11.00)
Jumlah Pelanggan	1045 KK	110 KK
Iuran per Bulan	Rp25.000 – Rp50.000	Rp10.000 – Rp30.000
Cakupan Pelayanan	Rumah Warga, Depo/TPS & Penyapuan Jalan	Rumah Warga
Aktivitas	Pengumpulan, Pemilahan, Pencacahan, Pengomposan, Pengayakan, Pengepresan, Pendaaur Ulangan dan Pengangkutan (TPA dan Pengepul)	Pengumpulan, Pemilahan, Pencacahan, Pengomposan, Pengangkutan (TPA dan Pengepul)
Fasilitas Operasional		
Kendaraan	Motor Sampah (10), Kompaktor Truk (2) & <i>Dump Truck</i> (1)	Motor Sampah (2)
Mesin	Mesin Pres (1), Pemilah (1), Pencacah Kayu (1), Pencacah Daun (1), <i>Conveyor</i> Pencacah Daun (PD) (1), Pencacah	Pencacah Kompos (1)

Kompos (1), Pengayak (1) & Conveyor Belt (2)		
Pengomposan		
Durasi Pengomposan	2 bulan	3 bulan
Rerata Hasil Pengomposan	4375 kg	625 kg

Sumber: Hasil Penelitian

4.1.2 Gambaran Umum Pengepul

Lokasi penelitian pengepul terbagi menjadi 2 yaitu pengepul yang berasal dari TPS 3R dan pengepul yang berada di Kota Yogyakarta. Pengepul yang berasal dari TPS 3R memiliki total jumlah sebanyak 2 pengepul saja karena setiap TPS 3R memiliki masing-masing 1 pengepul. Profil atau gambaran umum dari pengepul TPS 3R dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Profil Lokasi Penelitian Pengepul TPS 3R

	Pengepul Nitikan	Pengepul Karangmiri
Nama Pengepul	Pak Yosep	Pak Ipong
Alamat	Nitikan UH IV/591A RT 45 RW 11	Kampung Mrican RT 23 RW 08
Jadwal Operasional	Senin - Sabtu (08.00 - 16.00)	Senin - Sabtu (10.00 - 16.00)
Jenis Barang Rosok	Plastik, Kertas, Kardus, Besi, Logam	Kardus, Kertas, Plastik, Besi, Logam
Wilayah Pengambilan	TPS 3R Nitikan	TPS 3R Karangmiri
Wilayah Pengiriman	Klaten; Kec. Piyungan, Bantul; Kec. Bantul, Bantul	Kec. Mlati, Sleman; Kec. Berbah, Sleman; Kec. Sewon, Bantul; Kec. Pleret, Bantul; Kec. Piyungan, Bantul
Kendaraan Pengiriman	Truk, Pick Up	Truk, Pick Up

Sedangkan, untuk pengepul Kota Yogyakarta akan dibagi menjadi 3 kelompok yaitu kelompok besar, sedang dan kecil berdasarkan ukuran usaha pengepul tersebut. Profil atau gambaran umum mengenai pengepul Kota Yogyakarta dapat dilihat mulai dari tabel 4.3 sampai tabel 4.5. Barang yang diambil oleh para pengepul rata-rata berasal dari bank sampah, rumah atau perumahan, toko, sekolah atau instansi dan pengepul lainnya.

Tabel 4.3 Profil Lokasi Penelitian Pengepul Kota Kelompok Besar

Nomor	Pengepul 1	Pengepul 2	Pengepul 3	Pengepul 4	Pengepul 5
Nama Pengepul	Bu Rofi	Bu Wiwit	Pak Wasono	Pak Makrub	Pak Sriyono
Alamat	Jl Depokan II RT 33 RW 10, Rejowinangun, Kotagede	Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 18, Bumijo, Jetis	Dukuh Mantrijeron I/1562 A RT 79 RW 17, Gedongkiwo, Mantrirejon	Jl. Wongsodirjan No. 22, Sosromenduran, Gedongtengen	Jl. Kusbini No. 30, Klitren, Gondokusuman
Jadwal Operasional	Senin - Sabtu (08.00 - 16.00)	Senin - Sabtu (08.00 - 16.00)	Senin - Sabtu (10.00 - 22.00)	Senin - Sabtu (07.00 - 15.00)	Senin - Sabtu (10.00 - 16.00)
Jenis Barang Rosok	Kardus, Kertas, Plastik, Besi, Logam	Kertas, Kardus	Kardus, Kertas, Plastik, Besi	Kertas, Besi, Plastik	Kardus, Kertas, Plastik, Besi, Logam
Aktivitas	Pengambilan, Pemilahan, Pengiriman	Pengambilan, Pemilahan, Pengepresan, Pengiriman	Pengambilan, Pemilahan, Pengiriman	Pengambilan, Pemilahan	Pemilahan
Wilayah Pengambilan	Yogyakarta	Kulonprogo; Bantul; Sleman Yogyakarta	Yogyakarta	Yogyakarta	Yogyakarta
Wilayah Pengiriman	Solo; Boyolali; Surabaya; Sleman	Tulungagung; Nganjuk; Sleman	Kec. Sewon, Bantul; Kec. Kretek, Bantul; Kec. Mlati, Sleman; Klaten	Tangerang; Surabaya; Sidoarjo	Kec. Depok, Sleman; Klaten
Kendaraan Pengambil	Pick Up	Truk, Pick Up	Pick Up	Pick Up	Motor, Mobil, Pick Up
Kendaraan Pengiriman	Truk	Truk, Pick Up	Truk, Pick Up	Truk	Truk, Pick Up

Tabel 4.4 Profil Lokasi Penelitian Pengepul Kota Kelompok Sedang

Nomor	Pengepul 6	Pengepul 7	Pengepul 8	Pengepul 9	Pengepul 10
Nama Pengepul	Pak Tata	Bu Fitri	Pak Gimán	Pak Babang	Pak Sugeng
Alamat	Tegalrejo III/368 RT 16 RW 05, Tegalrejo, Tegalrejo	Gg Gayam RT 20 RW 05, Pandeyan Umbulharjo	Jl. Sorosutan No. 12, Sorosutan, Umbulharjo	Kadipaten Kulon KT III/74 RT 20 RW 06, Kadipaten, Kraton	Jl Srikaloka No. 33 RT 27 RW 06, Patangpuluhan, Wirobrajan
Jadwal Operasional	Kamis - Sabtu (08.00 - 16.00)	Senin - Sabtu (08.00 - 16.00)	Senin - Sabtu (08.00 - 17.00)	Senin - Sabtu (08.00 - 16.00)	Senin - Sabtu (09.00 - 16.00)
Jenis Barang Rosok	Plastik, Kertas, Besi, Logam	Kardus, Kertas, Plastik, Besi	Kardus, Kertas, Plastik, Besi	Kardus, Kertas, Plastik, Besi, Logam	Plastik, Kertas, Kardus
Aktivitas	Pengambilan, Pemilahan, Pengiriman	Pengambilan, Pemilahan, Pengiriman	Pemilahan	Pengambilan, Pemilahan, Pengiriman	Pengambilan, Pemilahan, Pengiriman
Wilayah Pengambilan	Yogyakarta	Yogyakarta	Yogyakarta	Kec. Pakualaman, Yogyakarta; Kec. Mantrirejon, Yogyakarta; Kec. Kraton, Yogyakarta	Yogyakarta
Wilayah Pengiriman	Sleman; Bantul	Boyolali; Kec. Sewon, Bantul; Kec. Berbah, Sleman	Kec. Jetis, Bantul; Kec. Pleret, Bantul; Kec. Umbulharjo, Yogyakarta; Pati	Kec. Kasihan, Bantul; Kec. Gondokusuman, Yogyakarta; Kec. Depok, Sleman	Kec. Kasihan, Bantul
Kendaraan Pengambil	Pick Up	Pick Up	Motor, Mobil, Pick Up	Motor, Pick Up	Motor Roda 3
Kendaraan Pengiriman	Pick Up	Truk, Pick Up	Truk, Pick Up	Motor, Pick Up	Motor Roda 3

Tabel 4.5 Profil Lokasi Penelitian Pengepul Kota Kelompok Kecil

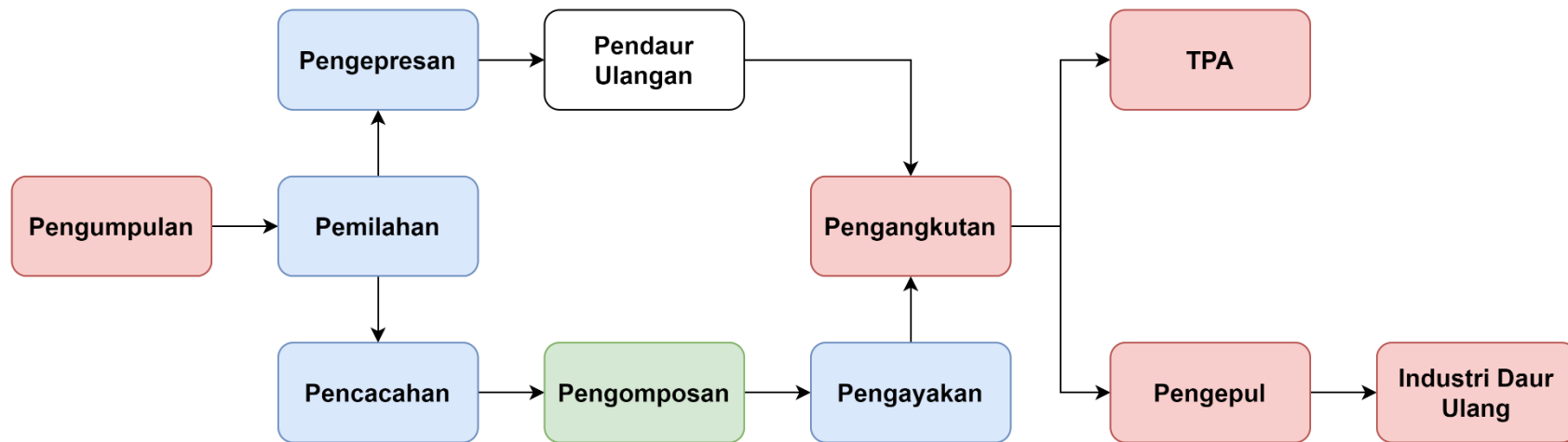
Nomor	Pengepul 11	Pengepul 12	Pengepul 13	Pengepul 14
Nama Pengepul	Pak Nardi	Bu Lina	Pak Sudaryanto	Bu Fatonah
Alamat	Koncohimo RT 16 RW 03, Parangpuluhan, Wirobrajan	Jl Depokan II No. 05 RT 08 RW 05, Prenggan, Kotagede	Jetisharjo JT II/407 RT 24 RW 06, Cokrodiningratan, Jetis	Minggiran MJ II RT.66 RW.17, Suryodiningratan, Mantrijeron
Jadwal Operasional	Senin - Sabtu (08.00 - 16.00)	Senin - Sabtu (08.00 - 16.00)	Senin - Sabtu (12.00 - 17.00)	Senin - Sabtu (10.00 - 16.00)
Jenis Barang Rosok	Kertas, Kardus, Plastik	Kardus, Kertas, Plastik, Besi, Logam	Kardus, Kertas, Plastik	Plastik
Aktivitas	Pengambilan, Pemilahan	Pengambilan, Pemilahan, Pengiriman	Pengambilan, Pemilahan, Pengiriman	Pengambilan, Pemilahan, Pengiriman
Wilayah Pengambilan	Yogyakarta	Yogyakarta; Bantul	Kec. Jetis, Yogyakarta	Kec. Mantrijeron, Yogyakarta
Wilayah Pengiriman	Kec. Godean, Sleman	Kec. Pleret, Bantul	Kec. Mlati, Sleman; Kec. Gamping, Sleman	Kec. Sewon, Bantul
Kendaraan Pengambil	Motor, Pick Up	Motor Roda 3	Motor	Motor
Kendaraan Pengiriman	Pick Up	Truk	Motor	Motor

4.2 Aktivitas Pengelolaan Berbasis TPS 3R

Menurut IPCC dalam Wahyudi (2019) sebagian besar emisi GRK dari pengelolaan sampah berupa emisi CH₄, CO₂ dan N₂O. Aktivitas pengolahan yang berpotensi menghasilkan gas rumah kaca berasal dari aktivitas yang terdapat penggunaan mesin dan kendaraan, serta pengomposan. Penyebab kendaraan dan mesin dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca karena menggunakan bahan bakar minyak berasal dari pembakaran energi bahan bakar fosil yang menjadi sumber utama salah satu jenis gas rumah kaca yaitu CO₂. Jumlahnya meliputi 40% dari seluruh gas rumah kaca yang berasal dari bahan bakar fosil. Produk-produk minyak bumi digunakan sebagai bahan bakar kendaraan, mesin dan berbagai pembangkit listrik tenaga uap (Wunanto, 2021). Berdasarkan hal tersebut penggunaan mesin listrik juga dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca secara tidak langsung karena emisi gas rumah kaca dari pemakaian listrik dihasilkan (Akli, 2018). Pengomposan dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca dari proses penguraian sampah organik akan menghasilkan gas metan (CH₄). Dalam kondisi pengomposan secara anaerob maupun aerob juga akan menghasilkan karbon dioksida (CO₂). Gas ini merupakan kontributor utama dari emisi global (Addinsyah dkk, 2017)

4.2.1 Aktivitas Pengolahan TPS 3R

Alur proses atau aktivitas dalam TPS 3R dapat dilihat pada gambar 4.1. Berdasarkan dari gambar tersebut dapat ditentukan jenis aktivitas yang dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca. Aktivitas yang menggunakan kendaraan yaitu pengumpulan dan pengangkutan. Aktivitas yang menggunakan mesin yaitu pemilahan, pengepresan, pencacahan, dan pengayakan. Terakhir terdapat pada aktivitas pengomposan yang dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca. Pada aktivitas daur ulang tidak terdapat penggunaan mesin dalam prosesnya, sehingga membuat aktivitas ini tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca. Pada gambar 4.2, aktivitas pengepul TPS 3R yang berpotensi menghasilkan emisi gas rumah kaca berasal dari aktivitas pengambilan dan pengiriman. Aktivitas ini terdapat penggunaan alat bantu transportasi atau kendaraan. Pada aktivitas pemilahan tidak berpotensi untuk menghasilkan emisi gas rumah kaca karena tidak menggunakan alat bantu seperti mesin atau sejenisnya.

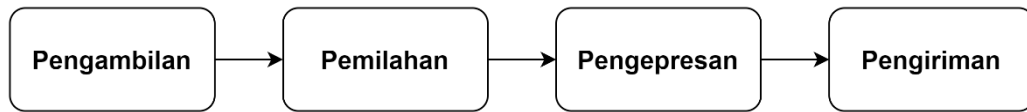


Gambar 4.1 Diagram Alir Aktivitas Pengolahan TPS 3R



Gambar 4.2 Diagram Alir Aktivitas Pengepul TPS 3R

4.2.2 Aktivitas Pengolahan Pengepul Kota Yogyakarta



Gambar 4.3 Diagram Alir Aktivitas Pengepul Kota Yogyakarta

Pada gambar 4.3 potensi emisi gas rumah kaca dihasilkan dari aktivitas pengambilan dan pengiriman. Aktivitas ini terdapat penggunaan kendaraan sebagai alat bantu transportasi, sedangkan pada aktivitas pemilahan dan pengepresan tidak berpotensi untuk menghasilkan emisi gas rumah kaca karena dilakukan secara manual atau tidak menggunakan alat bantu seperti mesin atau sejenisnya

4.3 Potensi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas TPS 3R

Potensi gas rumah kaca yang dihitung berdasarkan dari data-data yang telah didapatkan sebelumnya. Data tersebut diantara lain yaitu data konsumsi bahan bakar untuk mesin dan kendaraan, kemudian data pengomposan. Data tersebut dapat dilihat secara keseluruhan pada lampiran 1.

4.3.1 Aktivitas Pengumpulan

Berdasarkan data yang telah didapatkan, terdapat penggunaan kendaraan pada aktivitas ini. Emisi gas rumah kaca dari aktivitas ini berdasarkan jenis kendaraan yang digunakan, kondisi kendaraan, dan jumlah bahan bakar yang digunakan (Anifah dkk, 2021). Aktivitas pengumpulan ini merupakan proses pengambilan sampah dari sumber ke TPS 3R. Contoh dari rute yang dilalui pada saat pengumpulan ini dapat dilihat pada lampiran 6. Pada penentuan jumlah emisi gas rumah kaca dalam aktivitas ini membutuhkan data konsumsi bahan bakar dari tiap kendaraan pengumpul. Berikut contoh data yang telah didapatkan dari hasil wawancara pada salah satu kendaraan pengumpulan di TPS 3R Nitikan.

Jenis Kendaraan	= Kompaktor Truk (1)
Jenis Bahan Bakar	= Solar
Konsumsi BBM	= 15 liter/minggu = 780 liter/tahun

Setelah didapatkan data tersebut, kemudian dilakukan konversi terlebih dahulu dari liter ke Terra Joule (TJ) berdasarkan jenis bahan bakar yang digunakan. Berikut contoh perhitungan konversi bahan bakar dari kendaraan kompaktor truk (1) merujuk pada rumus 3.1 berdasarkan nilai kalor pada tabel 3.4.

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi BBa} &= 780 \text{ liter/tahun} \times (36 \times 10^{-6}) \text{ TJ/liter} \\ &= 0,028 \text{ TJ/tahun} \end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung jumlah emisi gas rumah kaca dari tiap kendaraan pengumpul. Berikut contoh perhitungan emisi gas rumah kaca dari kendaraan kompaktor truk (1) merujuk pada rumus 3.2 berdasarkan faktor emisi pada tabel 3.5 dan 3.6.

$$\text{Emisi CO}_2 = 0,028 \text{ TJ/tahun} \times 74.433 \text{ kg/TJ} = 2.090,079 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Emisi CH}_4 = 0,028 \text{ TJ/tahun} \times 3,9 \text{ kg/TJ} = 0,110 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = 0,028 \text{ TJ/tahun} \times 3,9 \text{ kg/TJ} = 0,110 \text{ kg/tahun}$$

Berikut pada tabel 4.6 merupakan hasil emisi gas rumah kaca dari tiap kendaraan pengumpul.

Tabel 4.6 Emisi GRK Aktivitas Pengumpulan TPS 3R

Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi BBa (TJ/tahun)	Emisi CO ₂ (kg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
TPS 3R Nitikan					
Kompaktor Truk (1)	Solar	0,028	2.090,079	0,110	0,110
Kompaktor Truk (2)	Solar	0,028	2.090,079	0,110	0,110
Motor Sampah (1)	Pertalite	0,017	1.245,816	0,429	0,137
Motor Sampah (2)	Pertalite	0,009	622,908	0,215	0,069
Motor Sampah (3)	Pertalite	0,004	311,454	0,107	0,034
Motor Sampah (4)	Pertalite	0,021	1494,979	0,515	0,165
Motor Sampah (5)	Pertalite	0,005	373,745	0,129	0,041
Motor Sampah (6)	Pertalite	0,004	311,454	0,107	0,034

Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi BBA (TJ/tahun)	Emisi CO ₂ (kg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
Motor Sampah (7)	Pertalite	0,005	373,745	0,129	0,041
Motor Sampah PJ(1)	Pertalite	0,017	1.245,816	0,429	0,137
Motor Sampah PJ(2)	Pertalite	0,017	1.245,816	0,429	0,137
Motor Sampah PJ(3)	Pertalite	0,017	1.245,816	0,429	0,137
Total			12.651,71	3,14	1,15
TPS 3R Karangmiri					
Motor Sampah (1)	Pertalite	0.004	311,454	0,107	0,034
Total			311,45	0,11	0,03
Keterangan: PJ = Penyapuan Jalan					

Hasil perhitungan tersebut akan ditotal keseluruhan untuk mengetahui emisi yang dihasilkan tiap TPS 3R pada aktivitas pengumpulan. Setelah itu, hasil tersebut dikonversikan ke dalam nilai *Global Warming Potential (GWP)* untuk mengetahui potensi bahaya yang dihasilkan dari tiap gas rumah kaca sebagai hasil akhir dari emisi di aktivitas pengumpulan ini. Berikut contoh perhitungan dari hasil *Global Warming Potential* di TPS 3R Nitikan yang mengacu pada rumus 3.19 berdasarkan nilai GWP pada tabel 3.14.

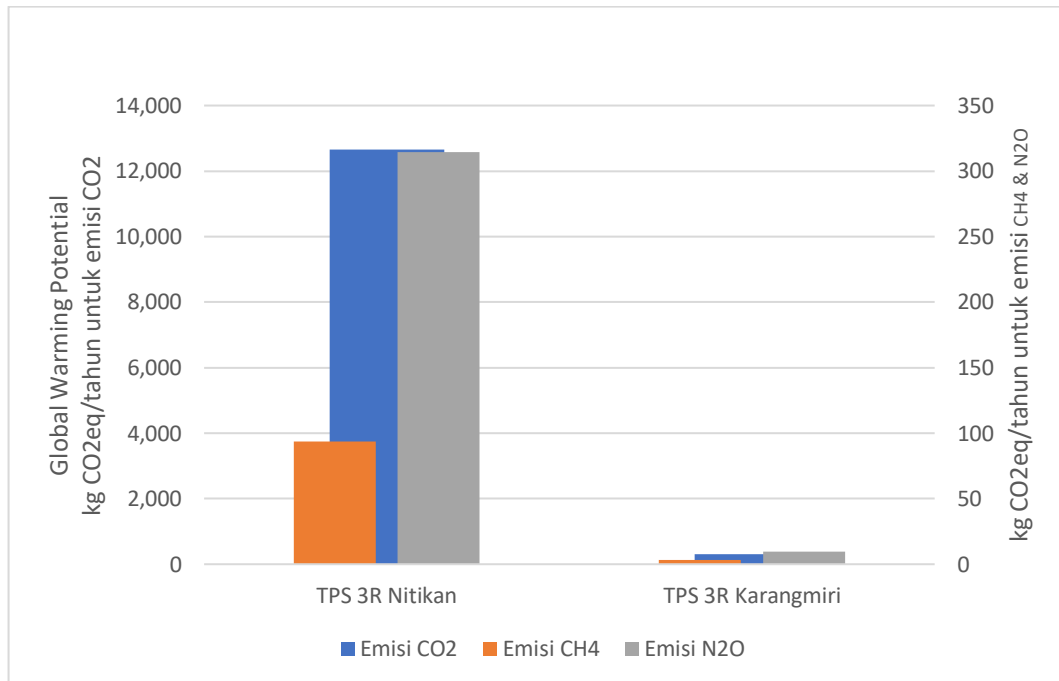
$$\begin{aligned} \text{GWP CO}_2 &= 12.651,71 \text{ kg CO}_2/\text{tahun} \times 1 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 12.651,71 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GWP CH}_4 &= 3,14 \text{ kg CH}_4/\text{tahun} \times 29,8 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 93,46 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GWP N}_2\text{O} &= 1,17 \text{ kg N}_2\text{O}/\text{tahun} \times 273 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 314,64 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun} \end{aligned}$$

Hasil GWP emisi gas rumah kaca dari aktivitas pengumpul dapat dilihat pada gambar 4.4. Berdasarkan gambar tersebut, emisi yang dihasilkan TPS 3R Nitikan jauh lebih besar dari TPS 3R Karangmiri karena jumlah kendaraan dan

cakupan layanan dari TPS 3R Nitikan lebih banyak dari TPS 3R Karangmiri. Berdasarkan IPCC (2006), faktor emisi dari kendaraan juga berpengaruh dalam jumlah emisi yang dihasilkan karena kendaraan yang menggunakan bensin akan lebih banyak menghasilkan emisi CH₄ dan N₂O, sedangkan kendaraan yang menggunakan solar akan lebih banyak menghasilkan emisi CO₂.



Gambar 4.4 Hasil Emisi GRK Aktivitas Pengumpulan TPS 3R

4.3.2 Aktivitas Penggunaan Mesin

Berdasarkan data yang telah didapatkan, kedua TPS 3R terdapat beberapa penggunaan mesin dalam pengolahannya. Mesin yang digunakan pada aktivitas ini memiliki 2 jenis yaitu mesin yang menggunakan bahan bakar dan mesin yang menggunakan listrik. Pada aktivitas ini dibutuhkan data konsumsi energi dari tiap mesin untuk menentukan jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. Berikut contoh data yang telah didapatkan dari hasil wawancara pada mesin operasional di TPS 3R Nitikan..

- Mesin BBM

Jenis Mesin = Pemilah

Jenis Bahan Bahan = Solar

Konsumsi BBM = 30 liter/minggu = 1.560 liter/tahun

- Mesin Listrik

Jenis Mesin = *Conveyor Belt* (1)

Konsumsi Daya = 54 kWh/minggu = 2.808 kWh/tahun

Setelah didapatkan data tersebut, perlu dilakukan konversi terlebih dahulu dari liter ke Terra Joule (TJ) untuk mesin yang menggunakan bahan bakar menurut jenis bahan bakar yang digunakan. Sedangkan, pada mesin yang menggunakan energi listrik dapat langsung dihitung jumlah emisi gas rumah kacanya setelah mendapatkan konsumsi daya listrik per tahunnya. Berikut contoh perhitungan konversi bahan bakar dari mesin pemilah di TPS 3R Nitikan merujuk pada rumus 3.3 berdasarkan nilai kalor pada tabel 3.4.

Konsumsi BBa = 1560 liter/tahun x (36 x 10⁻⁶) TJ/liter

Konsumsi BBa = 0,056 TJ/tahun

Selanjutnya menghitung jumlah emisi gas rumah kaca dari tiap mesin operasional. Berikut contoh perhitungan emisi gas rumah kaca dari mesin pemilah yang merujuk pada rumus 3.4 berdasarkan faktor emisi pada tabel 3.7 dan contoh perhitungan emisi gas rumah kaca dari *conveyor belt* (1) merujuk pada rumus 3.5 berdasarkan faktor emisi pada tabel 3.8.

- Mesin Pemilah

Emisi CO₂ = 0,056 TJ/tahun x 74100 kg/TJ = 4.161,456 kg CO₂/tahun

Emisi CH₄ = 0,056 TJ/tahun x 3 kg/TJ = 0,168 kg CH₄ /tahun

Emisi N₂O = 0,056 TJ/tahun x 0,6 kg/TJ = 0,034 kg N₂O/tahun

- *Conveyor Belt* (1)

Emisi CO₂ = 2.808 kWh/tahun x 0,774388897 kg/kWh

= 2.174,484 kg CO₂/tahun

Emisi CH₄ = 2.808 kWh/tahun x 0,00001594341 kg/kWh

= 0,045 kg CH₄/tahun

Emisi N₂O = 2.808 kWh/tahun x 0,00000876813 kg/kWh

= 0,025 kg N₂O/tahun

Berikut pada tabel 4.7 merupakan hasil emisi gas rumah kaca dari tiap mesin yang menggunakan bahan bakar di tiap TPS 3R, sedangkan pada tabel 4.8

merupakan hasil emisi gas rumah kaca dari tiap mesin yang menggunakan energi listrik.

Tabel 4.7 Emisi GRK Aktivitas Penggunaan Mesin BBM TPS 3R

Jenis Mesin	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi BBa (TJ/tahun)	Emisi CO ₂ (kg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
TPS 3R Nitikan					
Pemilah	Solar	0,056	4.161,456	0,168	0,034
Mesin Pres	Solar	0,056	4.161,456	0,168	0,034
Pencacah Kayu	Pertamax	0,009	594,594	0,026	0,005
Pencacah Daun	Solar	0,019	1.387,152	0,056	0,011
Conveyor PD	Pertamax	0,007	475,675	0,021	0,004
Pencacah Kompos	Solar	0,028	2.080,728	0,084	0,017
Pengayak	Pertamax	0,010	713,513	0,031	0,006
Total			13.574,57	0,55	0,11
TPS 3R Karangmiri					
Pencacah Kompos	Solar	0,009	693,576	0,028	0,006
Total			693,58	0,03	0,01
Keterangan: PD = Pencacah Daun					

Tabel 4.8 Emisi GRK Aktivitas Penggunaan Mesin Listrik TPS 3R

Jenis Mesin	Konsumsi Listrik (kWh/tahun)	Emisi CO ₂ (kg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
TPS 3R Nitikan				
Conveyor Belt (1)	2.808	2.174,484	0,045	0,025
Conveyor Belt (2)	2.808	2.174,484	0,045	0,025
Total		4.348,97	0,09	0,05

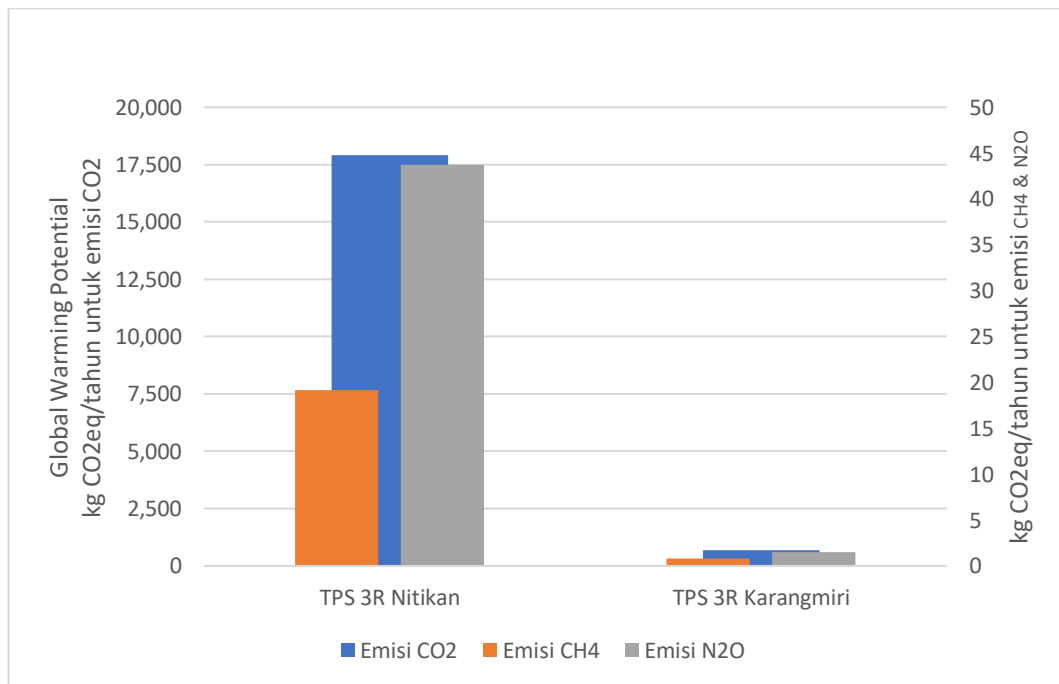
Hasil perhitungan tersebut akan ditotal keseluruhan untuk mengetahui emisi yang dihasilkan tiap TPS 3R pada aktivitas penggunaan mesin. Setelah itu, hasil tersebut dikonversikan ke dalam nilai *Global Warming Potential* (GWP) untuk mengetahui potensi bahaya yang dihasilkan dari tiap gas rumah kaca sebagai hasil akhir dari emisi di aktivitas penggunaan mesin ini. Berikut contoh perhitungan dari hasil *Global Warming Potential* di TPS 3R Nitikan yang mengacu pada rumus 3.19 berdasarkan nilai GWP pada tabel 3.14.

$$\begin{aligned} \text{GWP CO}_2 &= (13.574,57 + 4.348,97) \text{ kg CO}_2/\text{tahun} \times 1 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 17.923,54 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GWP CH}_4 &= (0,55 + 0,09) \text{ kg CH}_4/\text{tahun} \times 29,8 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 19,19 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GWP N}_2\text{O} &= (0,11 + 0,05) \text{ kg N}_2\text{O}/\text{tahun} \times 273 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 43,72 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun} \end{aligned}$$

Hasil GWP emisi gas rumah kaca dari aktivitas penggunaan mesin ini dapat dilihat pada gambar 4.5. Berdasarkan gambar tersebut, emisi yang dihasilkan TPS 3R Nitikan jauh lebih besar karena mesin yang dioperasikan lebih banyak dan frekuensi pemakaian mesin yang lebih sering sehingga menyebabkan penggunaan bahan bakar menjadi meningkat. Kenaikan penggunaan bahan bakar akan menyebabkan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan menjadi naik juga (Addinsyah, 2017).



Gambar 4.5 Hasil Emisi GRK Aktivitas Penggunaan Mesin TPS 3R

4.3.5 Aktivitas Pengomposan

Berdasarkan data yang telah didapatkan, kedua TPS 3R ini melakukan aktivitas pengomposan. Pada aktivitas ini dibutuhkan data jumlah dan komposisi

sampah yang dikomposkan di setiap periodenya. Berikut data aktivitas pengomposan dari TPS 3R Karangmiri

Jumlah Kompos = 625 kg
 Durasi Pengomposan = 3 bulan
 Total Jumlah Kompos = 625 kg/tahun x 12/3
 = 2500 kg/tahun = 0,003 Gg/tahun

Selanjutnya menghitung jumlah emisi gas rumah kaca dari aktivitas pengomposan merujuk pada rumus 3.6 dan 3.7 berdasarkan faktor emisi pada tabel 3.9. Berikut contoh perhitungan dari emisi gas rumah kaca aktivitas pengomposan di TPS 3R Karangmiri.

- Emisi CH₄

Emisi CH₄ = 0,003 Gg/tahun x 4 g/kg x 10⁻³ = 0
 Emisi CH₄ = 0,00001 Gg CH₄/tahun = 10 kg CH₄/tahun

- Emisi N₂O

Emisi N₂O = 0,002 Gg/tahun x 0.3 g/kg x 10⁻³
 Emisi N₂O = 0,000001 GgN₂O/tahun = 0,75 kg N₂O/tahun

- Emisi CO₂

Sedangkan, untuk menghitung emisi CO₂ diperlukan jumlah sampah yang dikomposkan setiap jenisnya berdasarkan tabel 3.10. Berikut perhitungan dari aktivitas pengomposan di TPS 3R Karangmiri merujuk pada rumus 3.9 dan 3.8.

Komposisi Sampah (tabel 4.20)

Wi Sisa Makanan = 0,4645/(0,4645 + 0,0025) = 0,995
 Wi Kayu & Ranting = 0,0025/(0,4645 + 0,0025) = 0,005

Sisa Makanan

C HWP = 0,003 Gg/tahun x 0,995 x 0,15 = 0,0004 Gg C/tahun
 Emisi CO₂ = 44/12 x 0,0004 Gg C/tahun
 = 0,001 Gg CO₂/tahun = 1.367,64 kg CO₂/tahun

Kayu & Ranting

C HWP = 0,003 Gg/tahun x 0,005 x 0,43 = 0,00001 Gg C/tahun
 Emisi CO₂ = 44/12 x 0,00001 Gg C/tahun

$$= 0,00002 \text{ Gg CO}_2/\text{tahun} = 21,10 \text{ kg CO}_2/\text{tahun}$$

$$\text{Total Emisi CO}_2 = (1.367,64 + 21,10) \text{ kg CO}_2/\text{tahun}$$

$$= 1.388,74 \text{ kg CO}_2/\text{tahun}$$

Berikut pada tabel 4.9 merupakan hasil emisi gas rumah kaca dari aktivitas pengomposan di tiap TPS 3R.

Tabel 4.9 Emisi GRK Aktivitas Pengomposan TPS 3R

Nama TPS 3R	Emisi CO ₂ (kg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
TPS 3R Nitikan	14.581,77	105	7,88
TPS 3R Karangmiri	1.388,74	10	0,75

Hasil tersebut akan dikonversikan ke dalam nilai *Global Warming Potential* (GWP) untuk mengetahui potensi bahaya yang dihasilkan dari tiap gas rumah kaca sebagai hasil akhir dari emisi di aktivitas pengomposan. Berikut contoh perhitungan dari hasil *Global Warming Potential* di TPS 3R Karangmiri yang mengacu pada rumus 3.19 berdasarkan nilai GWP pada tabel 3.14.

$$\text{GWP CO}_2 = 1.388,74 \text{ kg CO}_2/\text{tahun} \times 1 \text{ kg CO}_2\text{eq}$$

$$= 1.388,74 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun}$$

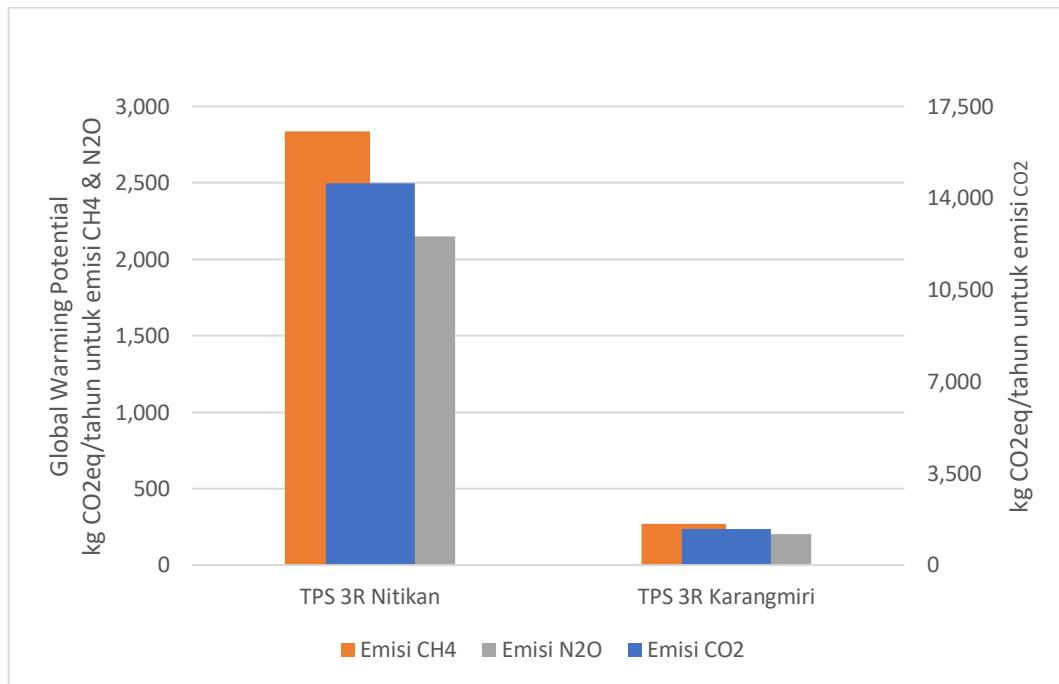
$$\text{GWP CH}_4 = 10 \text{ kg CH}_4/\text{tahun} \times 27 \text{ kg CO}_2\text{eq}$$

$$= 270 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun}$$

$$\text{GWP N}_2\text{O} = 0,75 \text{ kg N}_2\text{O}/\text{tahun} \times 273 \text{ kg CO}_2\text{eq}$$

$$= 204,75 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun}$$

Hasil GWP emisi gas rumah kaca dari aktivitas pengomposan dapat dilihat pada gambar 4.6. Berdasarkan gambar tersebut jumlah emisi yang dihasilkan dari TPS 3R Nitikan jauh lebih besar dari TPS 3R Karangmiri karena TPS 3R Nitikan memiliki cakupan pelayanan yang lebih besar, sehingga jumlah sampah yang dikomposkan lebih banyak dan memiliki durasi pengomposan yang lebih pendek.



Gambar 4.6 Hasil Emisi GRK Aktivitas Pengomposan TPS 3R

4.3.7 Aktivitas Pengangkutan ke TPA

Berdasarkan data yang telah didapatkan, aktivitas ini terdapat penggunaan kendaraan sebagai alat bantu transportasi. Kendaraan pengangkut dari TPS 3R yaitu *dump truck*, sedangkan kendaraan pengangkut dari TPS 3R Karangmiri yaitu *dump truck* dan motor sampah. Kegunaan motor sampah pengangkut di TPS 3R Karangmiri ini untuk mengantarkan sampah residu ke TPS 3R Nitikan, yang kemudian akan dilanjutkan pengangkutan ke TPA dengan menggunakan *dump truck*. Jadi, proses pengangkutan dari TPS 3R Karangmiri tidak secara langsung ke TPA, melainkan melalui perantara TPS 3R Nitikan terlebih dahulu. Contoh dari rute yang dilalui pada saat pengangkutan ke TPA ini dapat dilihat pada lampiran 6. Pada penentuan jumlah emisi gas rumah kaca dalam aktivitas ini membutuhkan data konsumsi bahan bakar dari tiap kendaraan pengangkut. Berikut contoh data yang telah didapatkan dari hasil wawancara pada kendaraan pengangkut di TPS 3R Nitikan.

Jenis Kendaraan = *Dump Truck*

Jenis Bahan Bakar = Solar

Konsumsi BBM = 75 liter/minggu = 3.900 liter/tahun

Setelah didapatkan data tersebut, kemudian dilakukan konversi terlebih dahulu dari liter ke Terra Joule (TJ) menurut jenis bahan bakar yang digunakan. Berikut contoh perhitungan konversi bahan bakar dari kendaraan *dump truck* merujuk pada rumus 3.1 berdasarkan nilai kalor pada tabel 3.4.

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi BBa} &= 3.900 \text{ liter/tahun} \times (36 \times 10^{-6}) \text{ TJ/liter} \\ &= 0,140 \text{ TJ/tahun} \end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung jumlah emisi gas rumah kaca dari kendaraan pengangkut. Berikut contoh perhitungan emisi gas rumah kaca dari kendaraan *dump truck* yang merujuk pada rumus 3.2 berdasarkan faktor emisi pada tabel 3.5 dan 3.6.

$$\text{Emisi CO}_2 = 0,140 \text{ TJ/tahun} \times 74.433 \text{ kg/TJ} = 10.450,393 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Emisi CH}_4 = 0,140 \text{ TJ/tahun} \times 3,9 \text{ kg/TJ} = 0,548 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = 0,140 \text{ TJ/tahun} \times 3,9 \text{ kg/TJ} = 0,548 \text{ kg/tahun}$$

Berikut pada tabel 4.10 merupakan hasil emisi gas rumah kaca dari tiap kendaraan pengangkut.

Tabel 4.10 Emisi GRK Aktivitas Pengangkutan TPS 3R

Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi BBa (TJ/tahun)	Emisi CO ₂ (kg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
TPS 3R Nitikan					
<i>Dump Truck</i>	Solar	0,140	10.450,393	0,548	0,548
Total			10.450,39	0,55	0,55
TPS 3R Karangmiri					
Motor Sampah (2)	Pertalite	0,004	311,454	0,107	0,034
<i>Dump Truck</i> N	Solar	0,047	3.483,464	0,183	0,183
Total			3.794,92	0,29	0,22
Keterangan: N = Nitikan					

Hasil perhitungan tersebut akan ditotal keseluruhan untuk mengetahui emisi yang dihasilkan tiap TPS 3R pada aktivitas pengangkutan. Setelah itu, hasil tersebut dikonversikan ke dalam nilai *Global Warming Potential (GWP)* untuk mengetahui potensi bahaya yang dihasilkan dari tiap gas rumah kaca sebagai hasil akhir dari emisi di aktivitas pengangkutan ini. Berikut contoh perhitungan

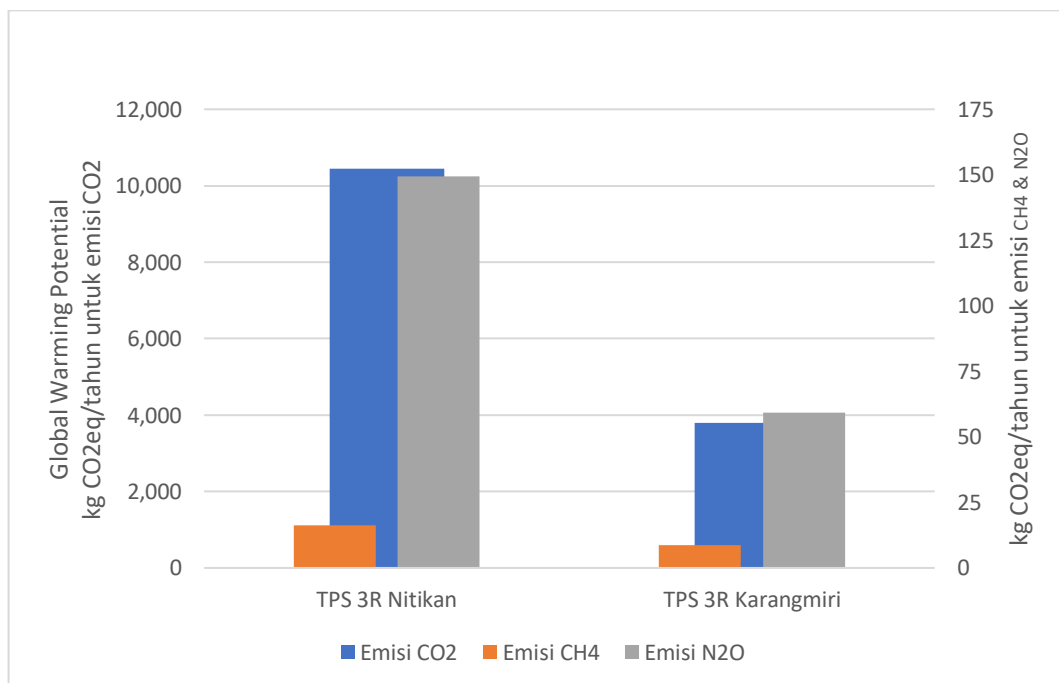
dari hasil *Global Warming Potential* di TPS 3R Nitikan yang mengacu pada rumus 3.19 berdasarkan nilai GWP pada tabel 3.14

$$\begin{aligned} \text{GWP CO}_2 &= 10.450,39 \text{ kg CO}_2/\text{tahun} \times 1 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 10.450,39 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GWP CH}_4 &= 0,55 \text{ kg CH}_4/\text{tahun} \times 29,8 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 16,32 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GWP N}_2\text{O} &= 0,55 \text{ kg N}_2\text{O}/\text{tahun} \times 273 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 149,48 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun} \end{aligned}$$

Hasil GWP emisi gas rumah kaca dari aktivitas pengangkutan ke TPA dapat dilihat pada gambar 4.7. Berdasarkan gambar tersebut, emisi yang dihasilkan TPS 3R Nitikan jauh lebih besar dari TPS 3R Karangmiri karena residu yang dihasilkan dari TPS 3R Nitikan lebih besar, sehingga membuat jumlah ritasi atau trip pengangkutan sampah ke TPA lebih banyak.



Gambar 4.7 Hasil Emisi GRK Aktivitas TPS 3R Pengangkutan ke TPA

4.3.8 Aktivitas Pengepul TPS 3R

A. Pengangkutan ke Pengepul (Pengambilan)

Berdasarkan data yang telah didapatkan, aktivitas ini dilakukan oleh kedua TPS 3R. Aktivitas ini terdapat penggunaan kendaraan dari pengepul.

Pada penentuan jumlah emisi gas rumah kaca dalam aktivitas ini membutuhkan data konsumsi bahan bakar dari tiap kendaraan pengepul. Data konsumsi bahan bakar dari pengepul ini diasumsikan berdasarkan dari jarak tempuh dan rata-rata konsumsi kendaraan. Jarak yang ditempuh bisa didapatkan melalui rute yang dilalui pengepul pada saat pengambilan. Salah satu contoh rute tersebut dapat dilihat pada lampiran 6. Berikut merupakan data kendaraan dari pengepul Nitikan yang telah didapatkan.

Jenis Kendaraan	= Motor Roda 3
Jenis Bahan Bakar	= Bensin (Pertalite)
Jarak Tempuh PP	= 0,2 km
Jumlah Pengambilan	= 4 kali/minggu
Jarak Tempuh	= 0,8 km/minggu
Asumsi Konsumsi Kendaraan	= 21,5 km/liter (tabel 3.3)

Selanjutnya mencari konsumsi bahan bakar dari kendaraan pengepul.

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi BBM} &= \text{Jarak Tempuh/Asumsi Konsumsi Kendaraan} \\ &= 0,8 \text{ km/minggu} : 21,5 \text{ km/liter} \\ &= 0,037 \text{ liter/minggu} = 1,935 \text{ liter/tahun} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan konsumsi bahan bakar kendaraannya, kemudian dilakukan konversi terlebih dahulu dari liter ke Terra Joule (TJ). Berikut contoh perhitungan konversi bahan bakar yang merujuk pada rumus 3.1 berdasarkan nilai kalor pada tabel 3.4.

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi BBa} &= 1,935 \text{ liter/tahun} \times (33 \times 10^{-6}) \text{ TJ/liter} \\ &= 0,0001 \text{ TJ/tahun} \end{aligned}$$

Kemudian, menghitung jumlah emisi gas rumah kaca berdasarkan faktor emisi pada tabel 3.5 dan 3.6 yang mengacu pada rumus 3.2.

$$\text{Emisi CO}_2 = 0,0001 \text{ TJ/tahun} \times 72600 \text{ kg/TJ} = 4,636 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Emisi CH}_4 = 0,0001 \text{ TJ/tahun} \times 25 \text{ kg/TJ} = 0,002 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = 0,0001 \text{ TJ/tahun} \times 8 \text{ kg/TJ} = 0,001 \text{ kg/tahun}$$

Hasil tersebut akan dikonversikan ke dalam nilai *Global Warming Potential* (GWP) untuk mengetahui potensi bahaya yang dihasilkan dari tiap gas rumah kaca sebagai hasil akhir. Berikut contoh perhitungan dari

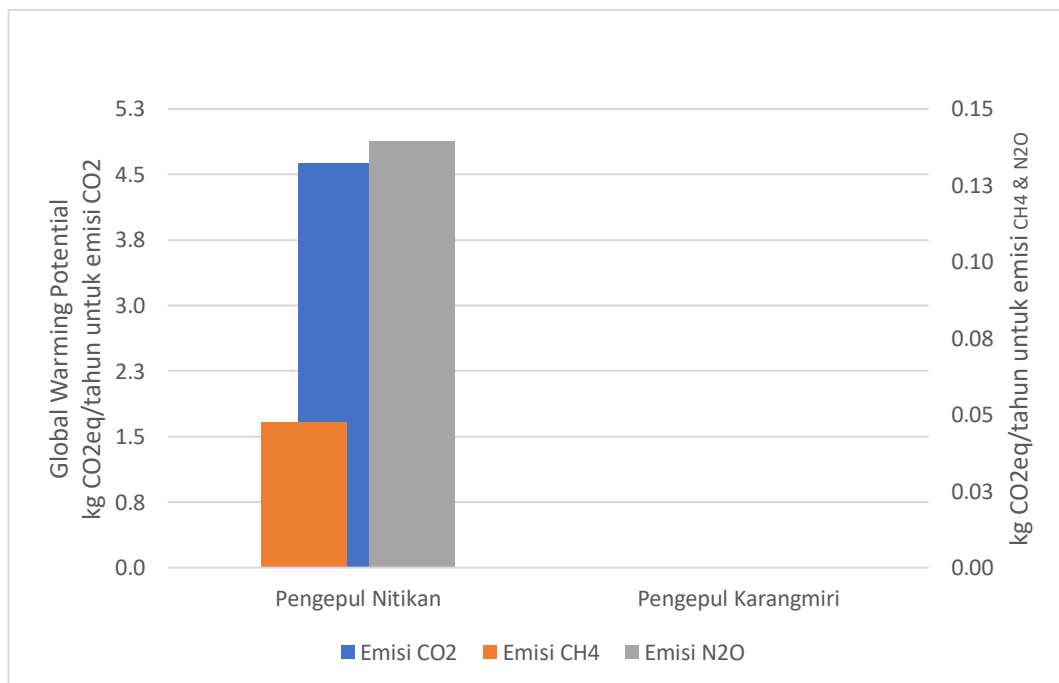
hasil *Global Warming Potential* di pengepul Nitikan yang mengacu pada rumus 3.19 berdasarkan nilai GWP pada tabel 3.14

$$\begin{aligned} \text{GWP CO}_2 &= 4,64 \text{ kg CO}_2/\text{tahun} \times 1 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 4,64 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GWP CH}_4 &= 0,001 \text{ kg CH}_4/\text{tahun} \times 29,8 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 0,05 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GWP N}_2\text{O} &= 0,001 \text{ kg N}_2\text{O}/\text{tahun} \times 273 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 0,14 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun} \end{aligned}$$

Hasil GWP emisi gas rumah kaca dari aktivitas pengangkutan ke pengepul ini dapat dilihat pada gambar 4.8. Penyebab TPS 3R Nitikan sebagai penghasil emisi tunggal dari aktivitas ini karena penggunaan kendaraan hanya berasal dari pengepul TPS 3R Nitikan, sedangkan pengepul dari TPS 3R Karangmiri tidak menggunakan kendaraan dalam proses pengambilan sampahnya. Alasannya karena lokasi pengepul tersebut berada di seberang atau depan TPS 3R, sehingga pengambilan dapat dilakukan secara manual.



Gambar 4.8 Hasil Emisi GRK Aktivitas Pengambilan Pengepul TPS 3R

B. Pengepul ke Industri Daur Ulang (Pengiriman)

Perhitungan aktivitas ini perlu mencari terlebih dahulu konsumsi bahan bakarnya berdasarkan jenis kendaraan yang digunakan dan jarak yang ditempuh, seperti pada aktivitas pengangkutan ke pengepul. Data konsumsi bahan bakar dari pengepul ini diasumsikan berdasarkan dari jarak tempuh dan rata-rata konsumsi kendaraan. Jarak yang ditempuh bisa didapatkan melalui rute yang dilalui pengepul pada saat pengiriman. Salah satu contoh rute tersebut dapat dilihat pada lampiran 6. Berikut merupakan salah satu contoh data kendaraan pengepul Nitikan pada aktivitas pengiriman yang telah didapatkan.

Jenis Kendaraan	= <i>Pick Up</i>
Jenis Bahan Bakar	= Bensin
Jarak Tempuh PP	= 24 km
Jumlah Pengambilan	= 4 kali/bulan
Jarak Tempuh	= 96 km/bulan
Asumsi Konsumsi Kendaraan	= 7,8 km/liter (tabel 3.3)

Selanjutnya mencari konsumsi bahan bakar dari kendaraan pengepul.

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi BBM} &= \text{Jarak Tempuh/Asumsi Konsumsi Kendaraan} \\ &= 96 \text{ km/bulan} : 7,8 \text{ km/liter} \\ &= 12,3 \text{ liter/bulan} = 148,7 \text{ liter/tahun}\end{aligned}$$

Setelah didapatkan konsumsi bahan bakar kendaraannya, kemudian dilakukan konversi terlebih dahulu dari liter ke Terra Joule (TJ) menurut jenis bahan bakar yang digunakan. Berikut contoh perhitungannya yang merujuk pada rumus 3.1 berdasarkan nilai kalor pada tabel 3.4.

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi BBa} &= 148,7 \text{ liter/tahun} \times (33 \times 10^{-6}) \text{ TJ/liter} \\ &= 0,005 \text{ TJ/tahun}\end{aligned}$$

Kemudian, menghitung jumlah emisi gas rumah kaca berdasarkan faktor emisi pada tabel 3.5 dan 3.6 yang mengacu pada rumus 3.2

$$\text{Emisi CO}_2 = 0,005 \text{ TJ/tahun} \times 72600 \text{ kg/TJ} = 353,84 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Emisi CH}_4 = 0,005 \text{ TJ/tahun} \times 25 \text{ kg/TJ} = 0,012 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = 0,005 \text{ TJ/tahun} \times 8 \text{ kg/TJ} = 0,004 \text{ kg/tahun}$$

Berikut emisi yang dihasilkan dari tiap pengepul TPS 3R yang dapat dilihat pada tabel 4.11

Tabel 4.11 Emisi GRK Aktivitas Pengiriman Pengepul TPS 3R

Nama Pengepul	kg/tahun		
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O
Pengepul Nitikan	3.108,593	0,369	0,204
Pengepul Karangmiri	1.931,677	0,634	0,207

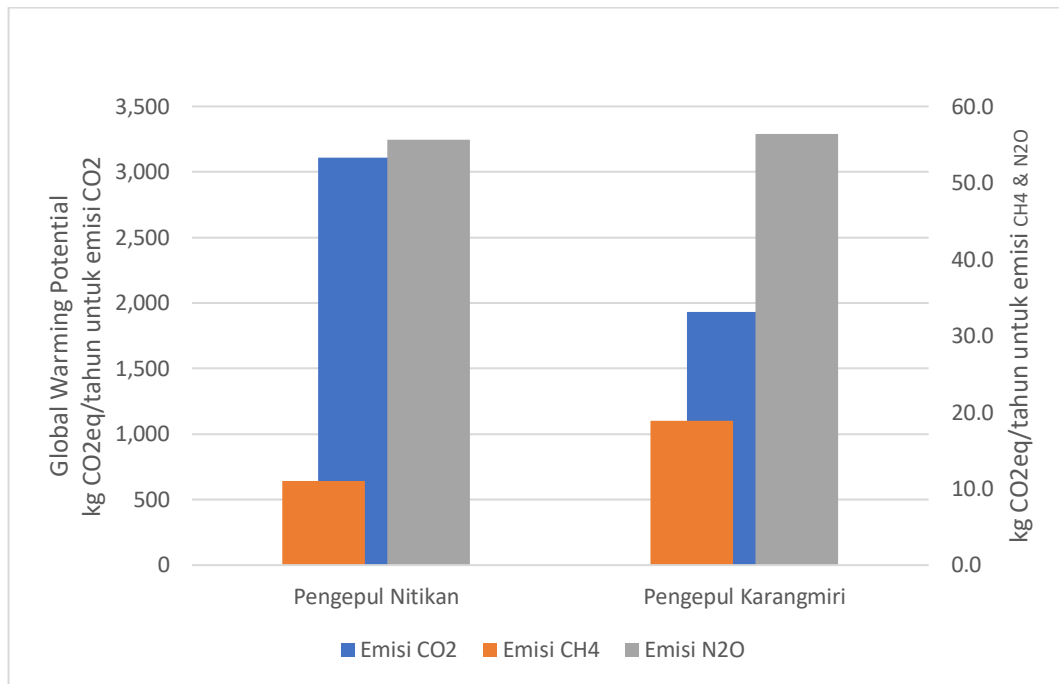
Hasil tersebut akan dikonversikan ke dalam nilai *Global Warming Potential* (GWP) untuk mengetahui potensi bahaya yang dihasilkan dari tiap gas rumah kaca sebagai hasil akhir. Berikut contoh perhitungan dari hasil *Global Warming Potential* di pengepul Nitikan yang mengacu pada rumus 3.19 berdasarkan nilai GWP pada tabel 3.14.

$$\begin{aligned} \text{GWP CO}_2 &= 3.108,59 \text{ kg CO}_2/\text{tahun} \times 1 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 3.108,59 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GWP CH}_4 &= 0,37 \text{ kg CH}_4/\text{tahun} \times 29.8 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 11,01 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GWP N}_2\text{O} &= 0,20 \text{ kg N}_2\text{O}/\text{tahun} \times 273 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 55,63 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan gambar 4.9 untuk nilai emisi CO₂ terbesar berada di aktivitas pengepul Nitikan, sedangkan nilai emisi CH₄ terbesar berasal dari aktivitas pengepul Karangmiri. Pada aktivitas pengepul Nitikan kendaraan yang menghasilkan emisi terbesar berasal dari truk, sedangkan di aktivitas pengepul Karangmiri kendaraan yang menghasilkan emisi terbesar berasal dari pick up. Hal ini menyebabkan perbedaan jenis gas emisi yang terbesar pada tiap pengepulnya karena berdasarkan faktor emisi IPCC kendaraan yang menggunakan solar akan menghasilkan emisi gas CO₂ lebih besar dari kendaraan yang menggunakan bensin, sedangkan kendaraan yang menggunakan bensin menghasilkan gas CH₄ lebih besar dari kendaraan yang menggunakan solar berdasarkan dari nilai faktor emisi di IPCC.



Gambar 4.9 Hasil Emisi GRK Aktivitas Pengiriman Pengepul TPS 3R

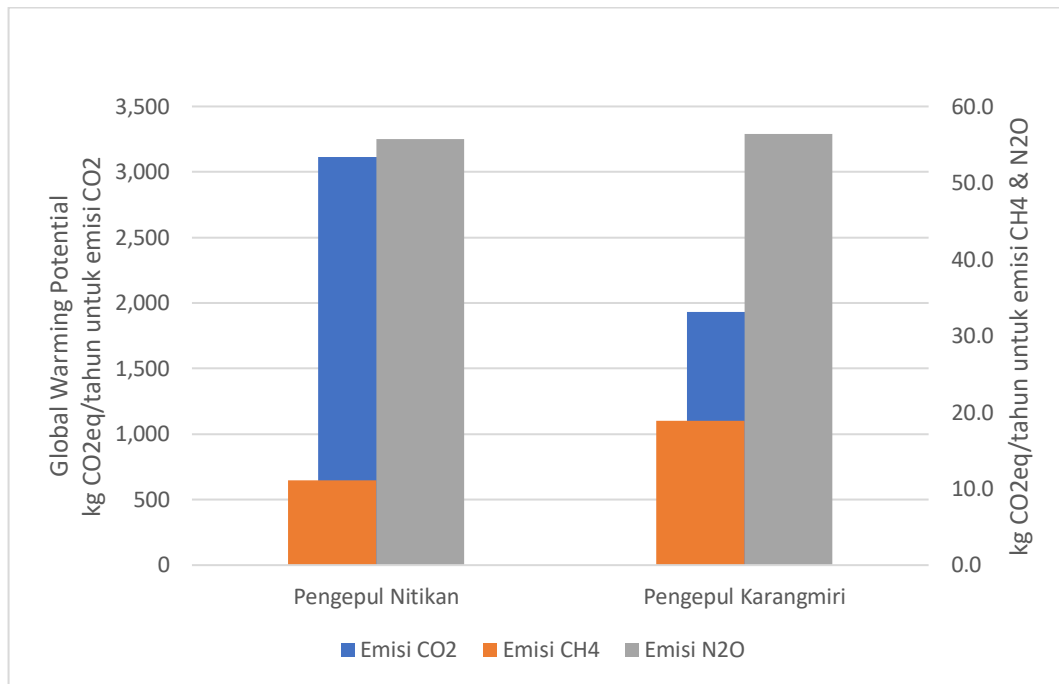
C. Total Emisi Gas Rumah Kaca Aktivitas Pengepul TPS 3R

Hasil perhitungan emisi gas rumah kaca yang telah didapatkan dari tiap aktivitas pengepul TPS 3R akan di total untuk mengetahui jumlah emisi terbesar yang dihasilkan dari kedua pengepul tersebut.

Tabel 4.12 Emisi GRK Aktivitas Pengepul TPS 3R

Nama Pengepul	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O	
Pengepul Nitikan	3113,23	11,06	55,77	3.180,06
Pengepul Karangmiri	1.931,68	18,89	56,42	2.006,99

Pada tabel 4.12 merupakan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas pengepul TPS 3R dan pada gambar 4.10 dapat ditentukan bahwa emisi yang dihasilkan pengepul Nitikan lebih besar dari pengepul Karangmiri karena jenis kendaraan yang digunakan dan jarak yang ditempuh oleh kedua pengepul tersebut berbeda. Pengepul Nitikan menggunakan truk sebagai kendaraan utama akan menghasilkan emisi gas CO₂ lebih besar dari pengepul Karangmiri yang menggunakan *pick up* sebagai kendaraan utama.



Gambar 4.10 Total Emisi GRK Aktivitas Pengepul TPS 3R

4.4 Potensi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengepul Kota Yogyakarta

4.4.1 Aktivitas Pengambilan Pengepul

Berdasarkan data yang telah didapatkan, aktivitas pengambilan ini terdapat penggunaan kendaraan seperti *pick up*, truk, motor, dan motor roda 3. Perhitungan aktivitas ini memiliki konsep yang sama pada aktivitas pengepul TPS 3R yaitu dengan mencari konsumsi bahan bakar terlebih dahulu berdasarkan jenis kendaraan yang digunakan dan jarak yang ditempuh. Jarak yang ditempuh bisa didapatkan melalui rute yang dilalui pengepul pada saat pengiriman. Salah satu contoh rute tersebut dapat dilihat pada lampiran 6. Berikut merupakan salah satu contoh data kendaraan pengepul 9 yang telah didapatkan.

Jenis Kendaraan	= Motor
Jenis Bahan Bakar	= Bensin
Jarak Tempuh PP	= 4 km
Jumlah Pengambilan	= 8 kali/bulan
Jarak Tempuh	= 32 km/bulan

Asumsi Konsumsi Kendaraan = 21,5 km/liter (tabel 3.3)

Selanjutnya mencari konsumsi bahan bakar dari kendaraan pengepul.

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi BBM} &= \text{Jarak Tempuh} / \text{Asumsi Konsumsi Kendaraan} \\ &= 32 \text{ km/bulan} : 21,5 \text{ km/liter} \\ &= 1,5 \text{ liter/bulan} = 17,9 \text{ liter/tahun} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan konsumsi bahan bakar kendaraannya, kemudian dilakukan konversi terlebih dahulu dari liter ke Terra Joule (TJ) menurut jenis bahan bakar yang digunakan. Berikut contoh perhitungannya yang merujuk pada rumus 3.1 berdasarkan nilai kalor pada tabel 3.4.

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi BBa} &= 17,9 \text{ liter/tahun} \times (33 \times 10^{-6}) \text{ TJ/liter} \\ &= 0,001 \text{ TJ/tahun} \end{aligned}$$

Kemudian, menghitung jumlah emisi gas rumah kaca berdasarkan faktor emisi pada tabel 3.5 dan 3.6 yang mengacu pada rumus 3.2.

$$\text{Emisi CO}_2 = 0,001 \text{ TJ/tahun} \times 72600 \text{ kg/TJ} = 42,790 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Emisi CH}_4 = 0,001 \text{ TJ/tahun} \times 25 \text{ kg/TJ} = 0,015 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = 0,001 \text{ TJ/tahun} \times 8 \text{ kg/TJ} = 0,005 \text{ kg/tahun}$$

Berikut emisi yang dihasilkan dari tiap pengepul Kota Yogyakarta yang dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Emisi GRK Aktivitas Pengambilan Pengepul Kota

Kelompok	Nama Pengepul	kg/tahun		
		Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O
Besar	Pengepul 1	2.123,047	0,731	0,234
	Pengepul 2	2.924,482	0,444	0,211
	Pengepul 3	1.769,206	0,609	0,195
	Pengepul 4	884,603	0,305	0,097
	Pengepul 5	1.322,619	0,455	0,146
Sedang	Pengepul 6	530,762	0,183	0,058
	Pengepul 7	294,868	0,102	0,032
	Pengepul 8	656,972	0,226	0,072
	Pengepul 9	143,834	0,050	0,016
	Pengepul 10	342,321	0,118	0,038
Kecil	Pengepul 11	200,647	0,069	0,022
	Pengepul 12	235,346	0,081	0,026
	Pengepul 13	96,278	0,033	0,011
	Pengepul 14	64,185	0,022	0,007

Hasil tersebut akan dikonversikan ke dalam nilai *Global Warming Potential* (GWP) untuk mengetahui potensi bahaya yang dihasilkan dari tiap gas rumah kaca sebagai hasil akhir dari emisi aktivitas tersebut. Berikut contoh perhitungan dari hasil *Global Warming Potential* di pengepul 9 yang mengacu pada rumus 3.19 berdasarkan nilai GWP pada tabel 3.14

$$\begin{aligned} \text{GWP CO}_2 &= 143,834 \text{ kg CO}_2/\text{tahun} \times 1 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 143,83 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GWP CH}_4 &= 0,050 \text{ kg CH}_4/\text{tahun} \times 29,8 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 1,48 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GWP N}_2\text{O} &= 0,016 \text{ kg N}_2\text{O}/\text{tahun} \times 273 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 4,33 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun} \end{aligned}$$

Hasil dari emisi gas rumah kaca dalam bentuk kg CO₂eq/tahun disajikan pada gambar 4.11. Berdasarkan pada gambar 4.11, penghasil emisi terbanyak menurut kelompok besar sampai kecil pada aktivitas pengambilan yaitu pengepul 2, pengepul 8 dan pengepul 12. Sedangkan, penghasil emisi terbanyak pada aktivitas pengambilan ini secara keseluruhan pengepul yaitu pengepul 2. Penyebabnya karena pengepul 2 menggunakan kendaraan *pick up* dan truk sebagai alat transportasinya, serta memiliki cakupan wilayah pengambilan terbesar atau terluas di antara pengepul lainnya.

4.4.2 Aktivitas Pengiriman Pengepul

Berdasarkan data yang telah didapatkan, aktivitas pengambilan ini terdapat penggunaan kendaraan seperti *pick up*, truk, motor, motor roda 3. Perhitungan aktivitas ini memiliki konsep yang sama pada aktivitas pengambilan pengepul yaitu dengan mencari konsumsi bahan bakar terlebih dahulu berdasarkan jenis kendaraan yang digunakan dan jarak yang ditempuh. Jarak yang ditempuh bisa didapatkan melalui rute yang dilalui pengepul pada saat pengiriman. Salah satu contoh rute tersebut dapat dilihat pada lampiran 6. Berikut merupakan salah satu contoh data kendaraan pengepul 9 yang telah didapatkan.

Jenis Kendaraan = *Pick Up*

Jenis Bahan Bakar = Bensin

Jarak Tempuh PP = 20 km
 Jumlah Pengambilan = 8 kali/bulan
 Jarak Tempuh = 160 km/bulan
 Asumsi Konsumsi Kendaraan = 7,8 km/liter (tabel 3.3)

Selanjutnya mencari konsumsi bahan bakar dari kendaraan pengepul.

Konsumsi BBM = Jarak Tempuh/Asumsi Konsumsi Kendaraan
 = 160 km/bulan : 7,8 km/liter
 = 20,5 liter/bulan = 246,2 liter/tahun

Setelah didapatkan konsumsi bahan bakar kendaraannya, kemudian dilakukan konversi terlebih dahulu dari liter ke Terra Joule (TJ) menurut jenis bahan bakar yang digunakan. Berikut contoh perhitungannya yang merujuk pada rumus 3.1 berdasarkan nilai kalor pada tabel 3.4.

Konsumsi BBa = 246,2 liter/tahun x (33 x 10⁻⁶) TJ/liter
 = 0,008 TJ/tahun

Kemudian, menghitung jumlah emisi gas rumah kaca berdasarkan faktor emisi pada tabel 3.5 dan 3.6 yang mengacu pada rumus 3.2.

Emisi CO₂ = 0,008 TJ/tahun x 72600 kg/TJ = 589,735 kg/tahun

Emisi CH₄ = 0,008 TJ/tahun x 25 kg/TJ = 0,203 kg/tahun

Emisi N₂O = 0,008 TJ/tahun x 8 kg/TJ = 0,065 kg/tahun

Berikut emisi yang dihasilkan dari tiap pengepul Kota Yogyakarta yang dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Emisi GRK Aktivitas Pengiriman Pengepul Kota

Kelompok	Nama Pengepul	kg/tahun		
		Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O
Besar	Pengepul 1	65.510,567	3,432	3,432
	Pengepul 2	25.305,260	1,421	1,345
	Pengepul 3	3.547,503	0,829	0,313
	Pengepul 4	69.454,921	3,639	3,639
	Pengepul 5	1.249,208	0,121	0,077
Sedang	Pengepul 6	324,354	0,112	0,036
	Pengepul 7	811,032	0,103	0,054
	Pengepul 8	2.526,681	0,853	0,275
	Pengepul 9	1.103,217	0,380	0,122
	Pengepul 10	42,790	0,015	0,005

Kelompok	Nama Pengepul	kg/tahun		
		Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O
Kecil	Pengepul 11	147,434	0,051	0,016
	Pengepul 12	400,152	0,021	0,021
	Pengepul 13	216,625	0,075	0,024
	Pengepul 14	96,278	0,033	0,011

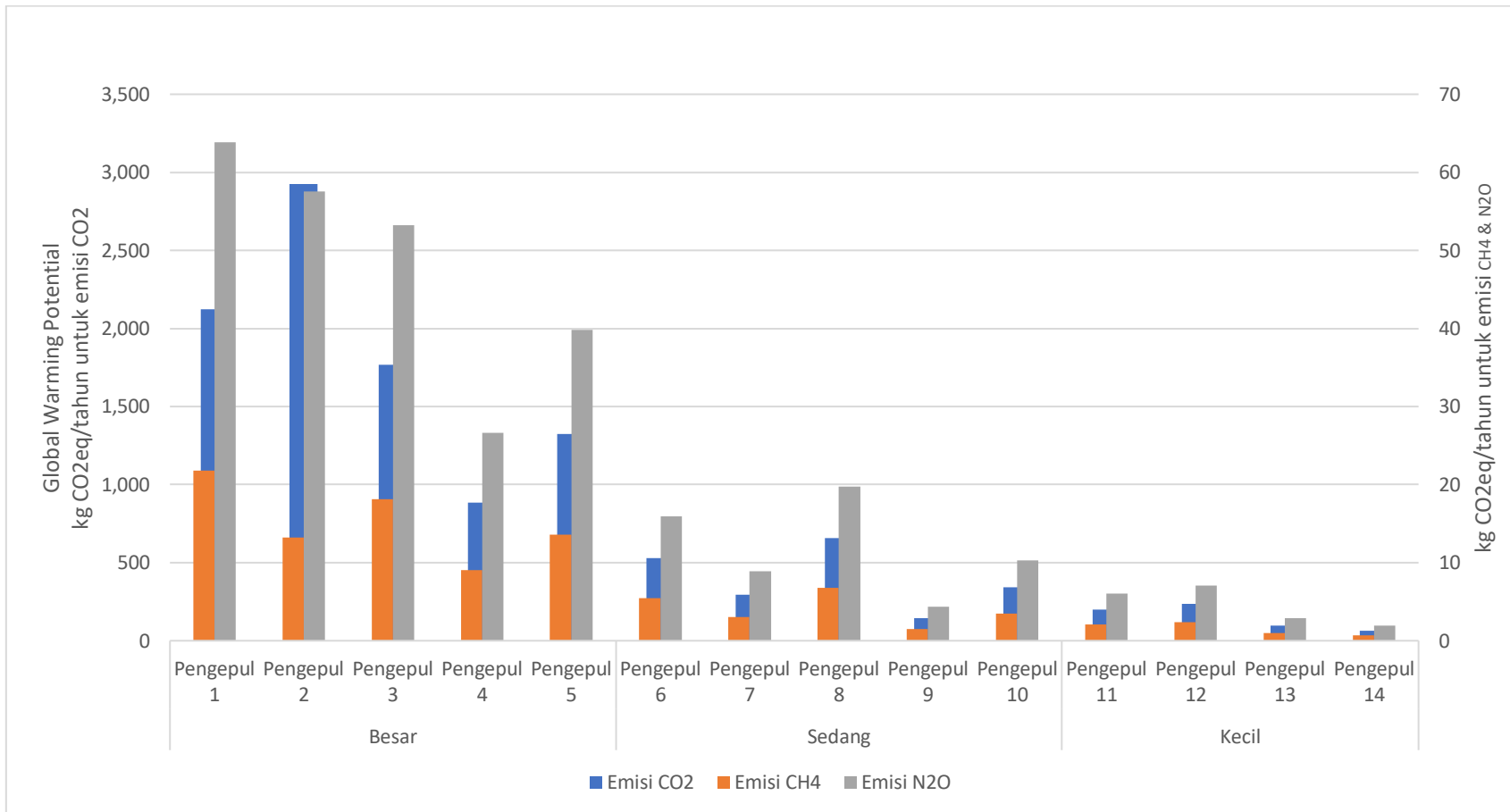
Hasil tersebut akan dikonversikan ke dalam nilai *Global Warming Potential* (GWP) untuk mengetahui potensi bahaya yang dihasilkan dari tiap gas rumah kaca sebagai hasil akhir dari emisi aktivitas tersebut. Berikut contoh perhitungan dari hasil *Global Warming Potential* di pengepul 9 yang mengacu pada rumus 3.19 berdasarkan nilai GWP pada tabel 3.14

$$\begin{aligned} \text{GWP CO}_2 &= 1.103,217 \text{ kg CO}_2/\text{tahun} \times 1 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 1.103,22 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun} \end{aligned}$$

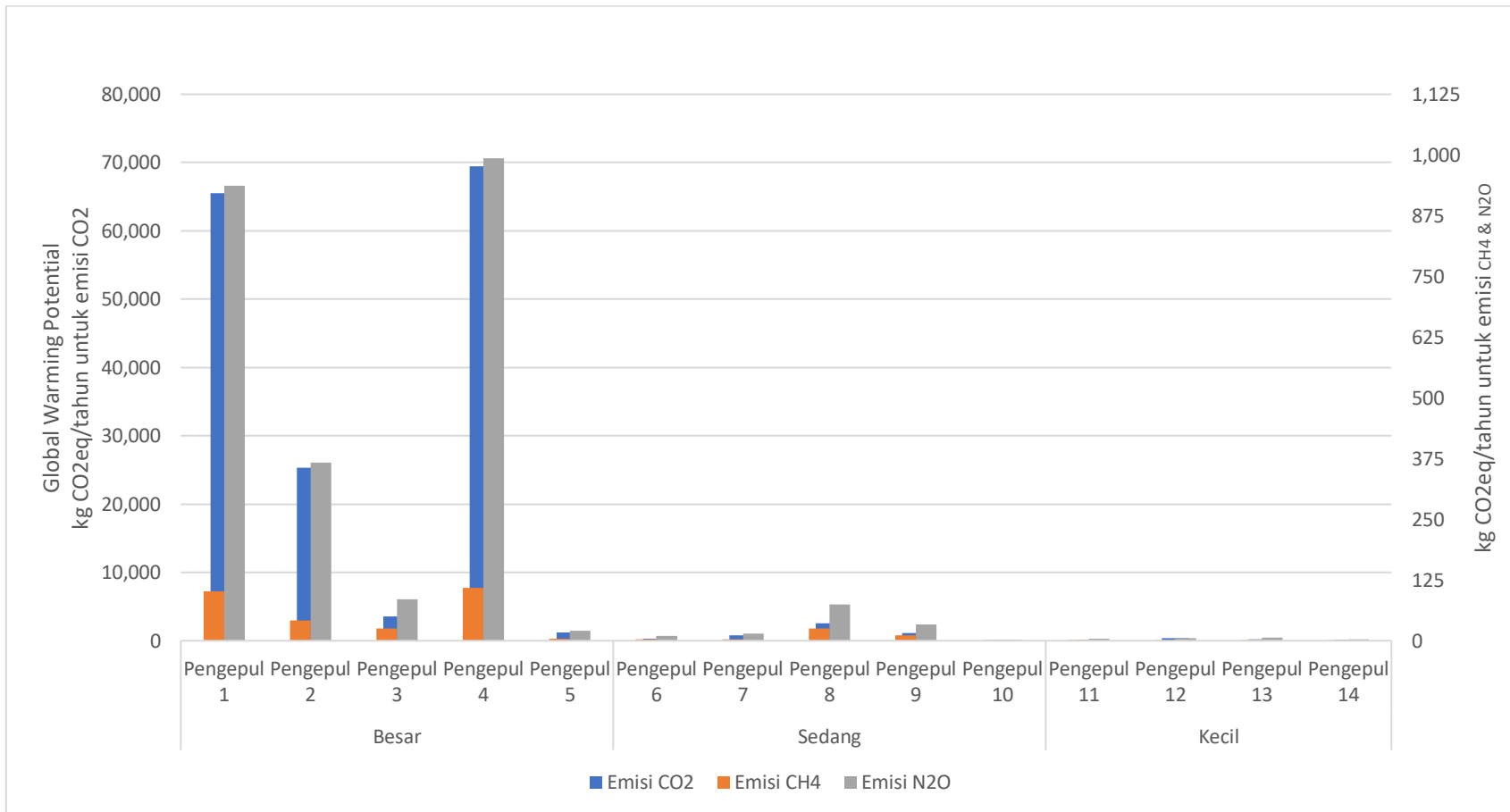
$$\begin{aligned} \text{GWP CH}_4 &= 0,380 \text{ kg CH}_4/\text{tahun} \times 29,8 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 11,32 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GWP N}_2\text{O} &= 0,122 \text{ kg N}_2\text{O}/\text{tahun} \times 273 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 33,19 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{tahun} \end{aligned}$$

Hasil dari emisi gas rumah kaca dalam bentuk kg CO₂eq/tahun disajikan pada gambar 4.12. Berdasarkan pada gambar tersebut, penghasil emisi terbanyak menurut kelompok besar sampai kecil pada aktivitas pengiriman secara berturut-turut yaitu pengepul 4, pengepul 8 dan pengepul 12. Sedangkan penghasil emisi terbanyak pada aktivitas pengiriman ini secara keseluruhan pengepul yaitu pengepul 4. Penyebabnya pengepul 4 menggunakan kendaraan truk sebagai alat transportasinya, serta memiliki jarak pengiriman paling jauh diantara pengepul lainnya.



Gambar 4.11 Hasil Emisi GRK Aktivitas Pengambilan Pengepul Kota



Gambar 4.12 Hasil Emisi GRK Aktivitas Pengiriman Pengepul Kota

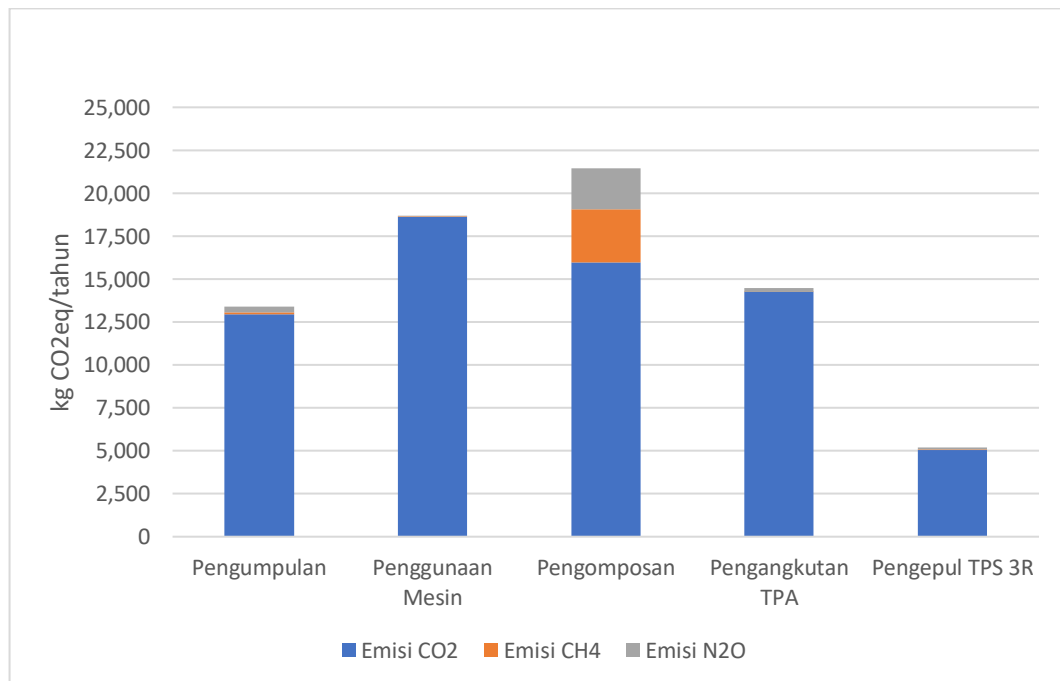
4.5 Total Emisi Gas Rumah Kaca Aktivitas Pengelolaan Berbasis TPS 3R

4.5.1 Aktivitas TPS 3R

Total emisi gas rumah di TPS 3R berasal dari jumlah keseluruhan emisi yang dihasilkan tiap aktivitas operasional mulai dari aktivitas pengumpulan sampai pengangkutan ke TPA dan industri daur ulang. Berikut pada tabel 4.15 merupakan total emisi gas rumah kaca di tiap aktivitas operasional TPS 3R.

Tabel 4.15 Total Emisi GRK Tiap Aktivitas Operasional TPS 3R

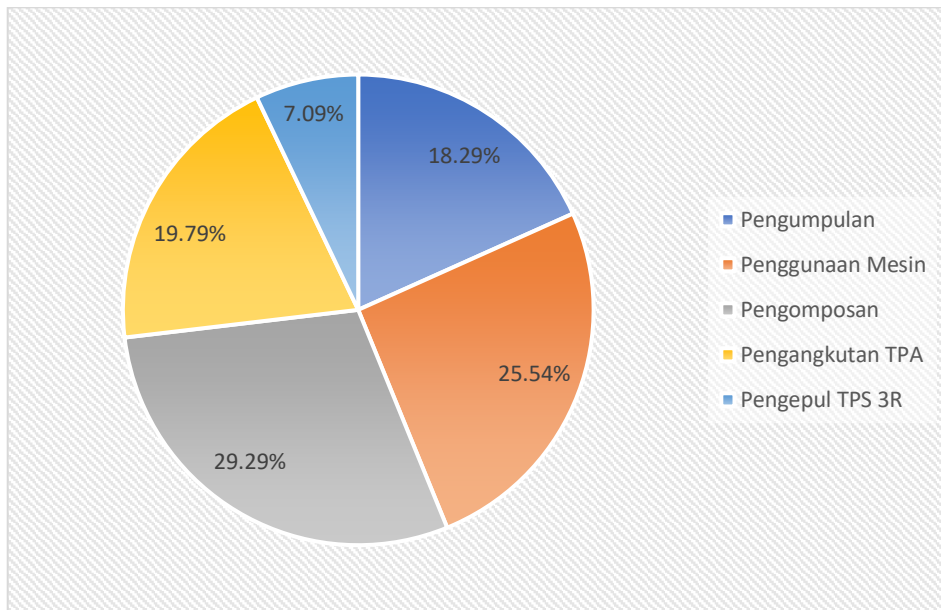
Aktivitas	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O	
Pengumpulan	12.963,16	96,66	324,01	13.383,83
Penggunaan Mesin	18.617,12	20,03	45,26	18.682,41
Pengomposan	15.970,51	3105,0	2354,63	21.430,14
Pengangkutan TPA	14.245,31	24,95	208,68	14.478,95
Pengepul TPS 3R	5.044,91	29,95	112,19	5.187,04
Total	66.841,01	3.276,59	3.044,76	73.162,36



Gambar 4.13 Total Emisi GRK Tiap Aktivitas Operasional TPS 3R

Berdasarkan gambar 4.13, aktivitas yang menghasilkan emisi gas rumah kaca terbesar berasal dari pengomposan, sedangkan pada gambar 4.14 dapat diketahui bahwa aktivitas tersebut dapat menghasilkan emisi sekitar 29,29%

dari keseluruhan emisi yang dihasilkan. Hal ini disebabkan adanya salah satu TPS 3R yang dapat menghasilkan banyak kompos karena jumlah sampah organik yang masuk lebih banyak dari jenis sampah lainnya, sehingga jumlah sampah yang dikomposkan bisa lebih banyak

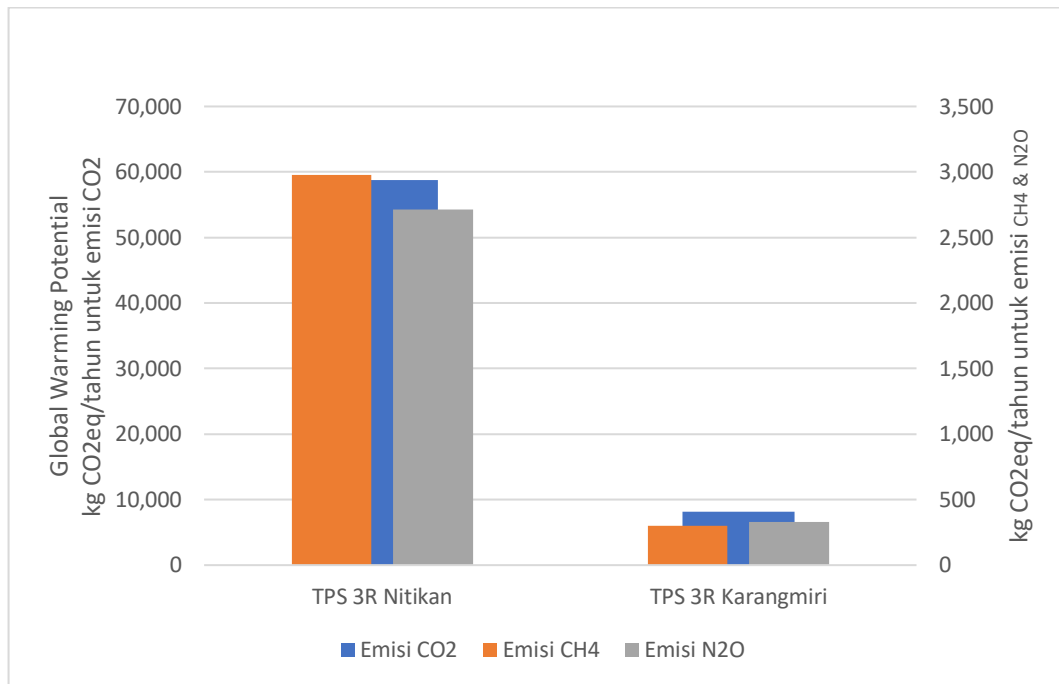


Gambar 4.14 Persentase Emisi GRK Tiap Aktivitas Operasional TPS 3R Hasil keseluruhan total emisi yang telah diketahui akan digunakan untuk mendapatkan rata-rata emisi yang dihasilkan dari tiap aktivitas operasional TPS 3R. Rerata emisi GRK tersebut dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 Rerata Emisi GRK Tiap Aktivitas Operasional TPS 3R

Aktivitas	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)		
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O
Pengumpulan	6.481,58	48,33	162,00
Penggunaan Mesin	9.308,56	10,02	22,63
Pengomposan	7.985,26	1.552,50	1.177,31
Pengangkutan TPA	7.122,66	12,48	104,34
Pengepul TPS 3R	2.522,45	14,97	56,10

Sedangkan, hasil perhitungan total emisi yang dihasilkan oleh tiap TPS 3R dapat dilihat pada gambar 4.15. Berdasarkan gambar tersebut total emisi gas rumah kaca terbesar berasal dari TPS 3R Nitikan karena jumlah sampah yang masuk lebih besar, jenis pengolahan lebih bervariasi dan fasilitas operasionalnya lebih banyak.



Gambar 4.15 Total Emisi GRK Tiap TPS 3R

4.5.2 Aktivitas Pengepul Kota

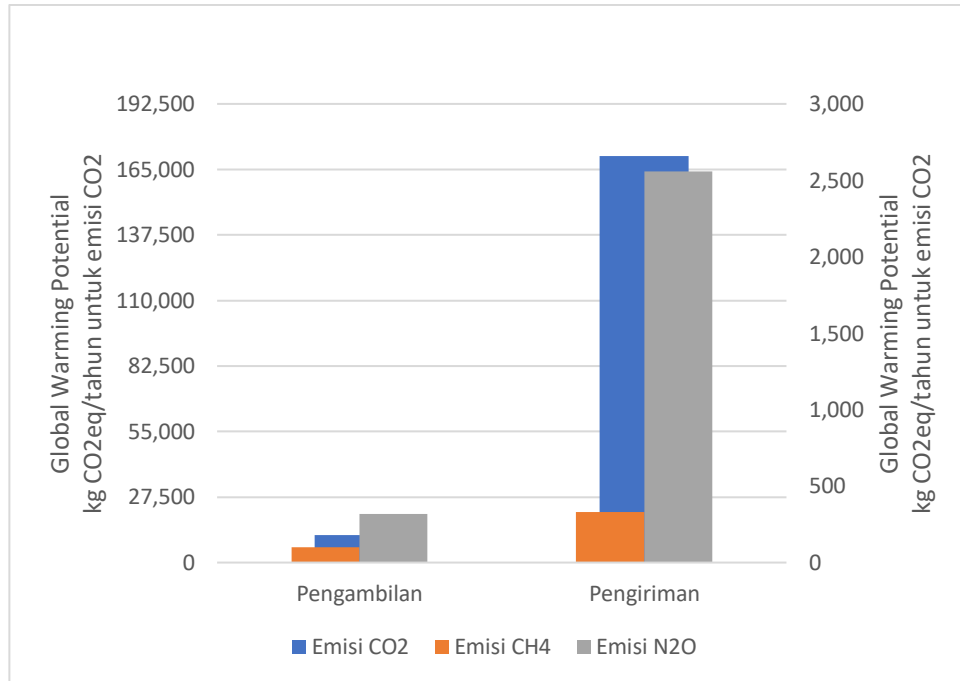
Total emisi gas rumah di pengepul berasal. Berikut total emisi gas rumah kaca dari tiap aktivitas 14 sampel pengepul kota yaitu dari aktivitas pengambilan dan pengiriman yang dapat dilihat pada tabel 4.17.

Tabel 4.17 Total Emisi GRK Tiap Aktivitas Pengepul Kota Yogyakarta

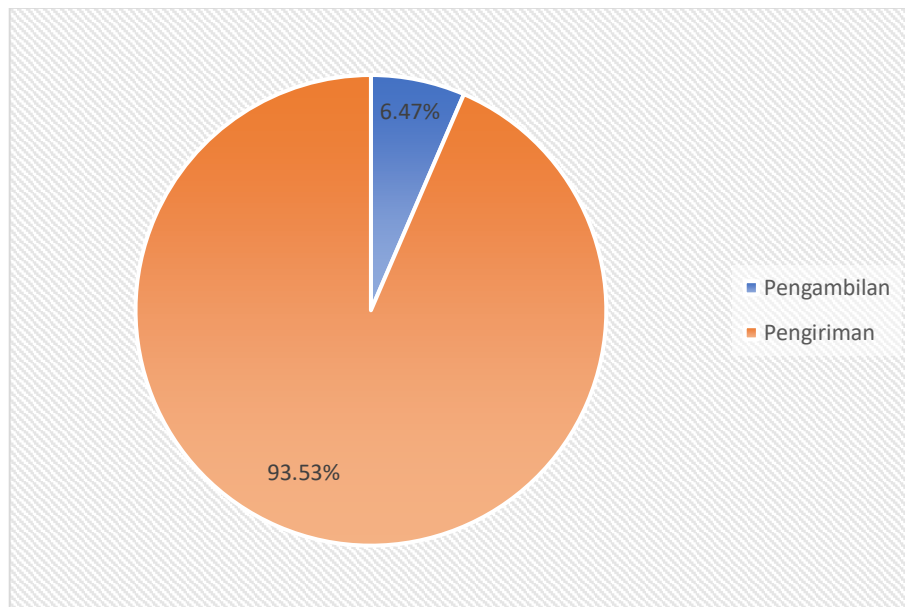
Aktivitas	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O	
Pengambilan	11.589,17	102,14	318,19	12.009,50
Pengiriman	170.736,02	330,33	2.557,84	173.624,19
Total	182.325.19	432.47	2.876.03	185.633,69

Berdasarkan gambar 4.16, aktivitas yang menghasilkan emisi gas rumah kaca terbesar berasal dari pengiriman, sedangkan pada gambar 4.17 dapat diketahui bahwa aktivitas tersebut dapat menghasilkan emisi sekitar 93,53% dari keseluruhan emisi yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena banyaknya sampel pengepul yang melakukan pengiriman ke luar kota dan hampir keseluruhan, sehingga jarak yang ditempuh pada saat pengiriman lebih jauh daripada saat pengambilan. Selain itu, jenis kendaraan yang digunakan pada

saat pengiriman lebih banyak menggunakan truk yang membuat kebutuhan bahan bakar menjadi lebih besar (Mrihardjo dalam Novi, 2020).



Gambar 4.16 Total Emisi GRK Tiap Aktivitas Pengepul Kota



Gambar 4.17 Persentase Emisi GRK Tiap Aktivitas Pengepul Kota

Hasil total emisi yang telah diketahui akan digunakan untuk mendapatkan rata-rata emisi yang dihasilkan dari tiap aktivitas pengepul. Rerata emisi gas rumah kaca tersebut dapat dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4.18 Rerata Emisi GRK Tiap Aktivitas Pengepul Kota Yogyakarta

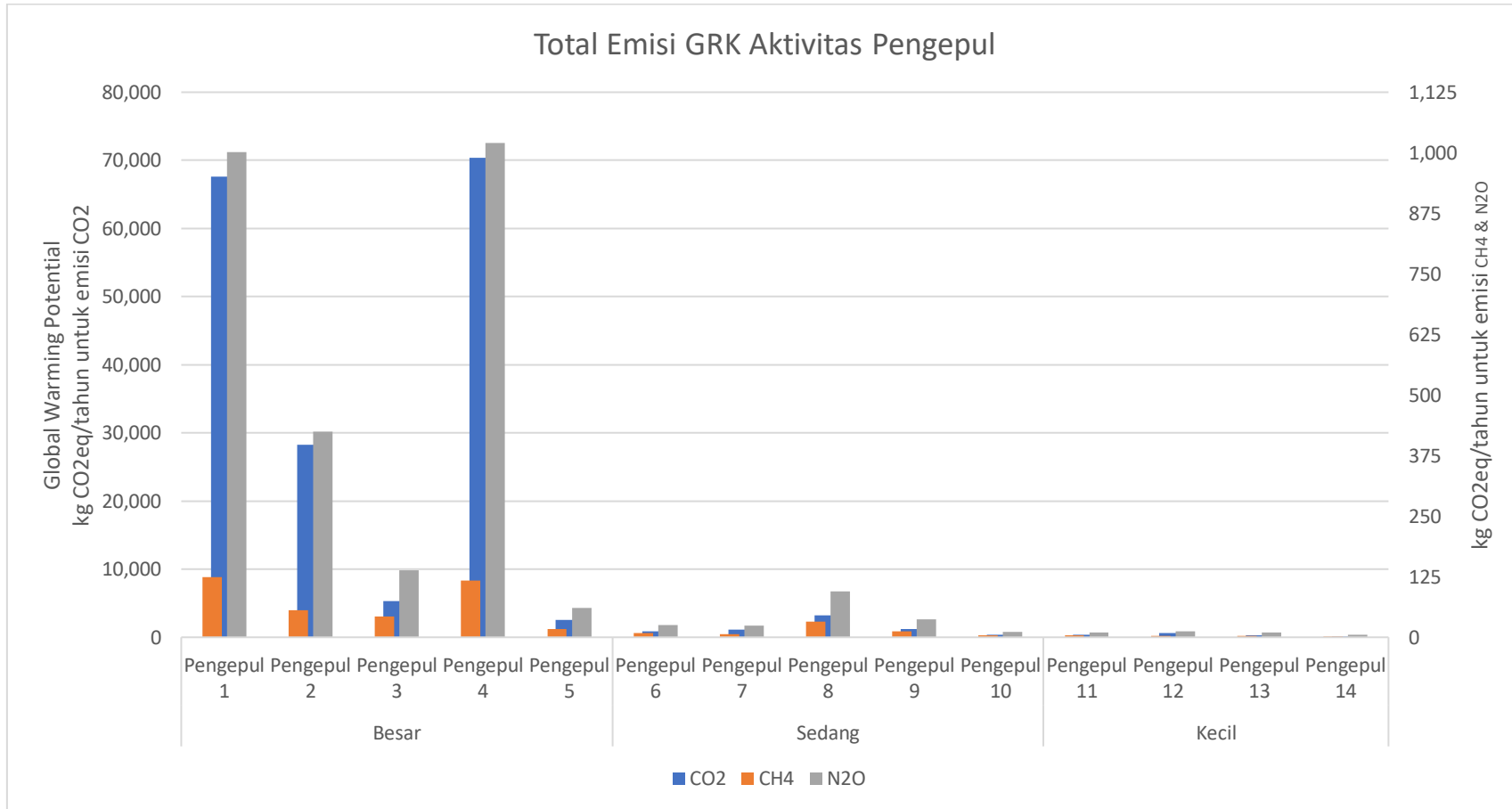
Aktivitas	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O	
Pengambilan	827.80	7,30	22,73	857.82
Pengiriman	12.195,43	23,60	182,70	12.401,73
Total	13023.23	30.89	205.43	13.259,55

Hasil tersebut dapat digunakan untuk menentukan total emisi yang dihasilkan oleh seluruh populasi pengepul di Kota Yogyakarta. Emisi yang dihasilkan pengepul Kota Yogyakarta berdasarkan tabel 4.18 yaitu

Total emisi = jumlah populasi pengepul x total rerata emisi

$$= 49 \times 13.259,55 \text{ kg CO}_2\text{eq/tahun} = 649.717,92 \text{ kg CO}_2\text{eq/tahun}$$

Sedangkan, hasil perhitungan total emisi yang dihasilkan oleh tiap sampel pengepul dapat dilihat pada gambar 4.18. Berdasarkan gambar tersebut, pengepul yang menghasilkan emisi gas rumah kaca terbesar berasal dari pengepul 4 karena memiliki jarak tempuh terjauh diantara pengepul lainnya pada aktivitas pengiriman dan menggunakan truk sebagai kendaraan utama, sehingga konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan menjadi lebih besar.



Gambar 4.18 Total Emisi GRK Pengepul Kota Yogyakarta

4.6 Perbandingan Aktivitas di Luar TPS 3R

Pada perhitungan emisi dari aktivitas di luar TPS 3R atau skenario ini, jumlah dan jenis sampah yang digunakan diasumsikan sama dengan jumlah dan jenis sampah yang masuk ke dalam TPS 3R. Komposisi sampah di Kota Yogyakarta pada tahun 2022 digunakan sebagai pendekatan dalam menentukan komposisi sampah yang masuk ke TPS 3R. Berikut merupakan data komposisi sampah Kota Yogyakarta dapat dilihat pada tabel 4.19.

Tabel 4.19 Komposisi Sampah Kota Yogyakarta

Jenis Sampah	Komposisi Sampah
Sampah Kota	100%
Sisa Makanan	46,45%
Kayu & Ranting	0,25%
Kertas & Karton	17,40%
Plastik	31,05%
Logam	0,55%
Kain/Tekstil	1,05%
Karet & Kulit	0,60%
Kaca	1,05%
Lainnya	1,60%

Sumber: SIPSN, 2022

Data timbulan dan komposisi sampah sangat diperlukan untuk mengetahui potensi gas rumah kaca yang dihasilkan dari kegiatan pembakaran dan penimbunan sampah (Anifah dkk, 2021). Jumlah sampah yang masuk akan didapatkan dari keseluruhan kapasitas kendaraan pengumpul di tiap TPS 3R dalam satu tahun, Berikut timbulan sampah dari tiap TPS 3R yang dapat dilihat pada tabel 4.20.

Tabel 4.20 Timbulan Sampah di Tiap TPS 3R

Jenis Sampah	TPS 3R Nitikan	TPS 3R Karangmiri	Total
	Timbulan Sampah (kg/tahun)		
Sisa Makanan	1.055.369,63	104.944,97	1.160.314,59
Kayu & Ranting	5.680,14	564,83	6.244,97
Kertas & Karton	637.868,14	3.9312,0	677.180,14
Plastik	1.138.264,69	70.151,59	120.8416,28
Logam	20.162,50	1.242,62	21.405,12
Kain/Tekstil	38.492,04	2.372,28	40.864,32
Karet & Kulit	21.995,45	1.355,59	23.351,04
Kaca	38.492,04	2.372,28	40.864,32
Lainnya	58.654,54	3.614,90	62.269,44

Sampah Kota	3.014.979,17	225.931,03	3.240.910,21
-------------	--------------	------------	--------------

Sumber: Hasil Perhitungan

Sedangkan untuk komposisi sampah yang masuk ke tiap TPS 3R, dapat dilihat pada tabel 4.21. Berdasarkan tabel tersebut, komposisi sampah di TPS 3R Nitikan berbeda dengan TPS 3R Karangmiri karena terdapat kendaraan pengumpul (kompaktor truk) di TPS 3R Nitikan yang digunakan hanya untuk mengumpulkan sampah anorganik dari beberapa depo/TPS di Kota Yogyakarta, sehingga sampah anorganik yang masuk akan lebih banyak.

Tabel 4.21 Komposisi Sampah Tiap TPS 3R

Jenis Sampah	Komposisi Sampah	
	TPS 3R Nitikan	TPS 3R Karangmiri
Sisa Makanan	35,00%	46,45%
Kayu & Ranting	0,19%	0,25%
Kertas & Karton	21,16%	17,40%
Plastik	37,75%	31,05%
Logam	0,67%	0,55%
Kain/Tekstil	1,28%	1,05%
Karet & Kulit	0,73%	0,60%
Kaca	1,28%	1,05%
Lainnya	1,95%	1,60%
Sampah Kota	100%	100%

Sumber: Hasil Perhitungan

4.6.1 Skenario Pembakaran

Pada aktivitas ini sampah yang masuk di TPS 3R akan diolah dengan cara dibakar secara terbuka (*open burning*). Pembakaran secara terbuka adalah proses membakar sampah di ruang terbuka dengan kondisi proses rendah oksigen serta tanpa kontrol gas dan partikulat yang dihasilkan. Proses pembakaran sampah secara terbuka menghasilkan gas rumah kaca, seperti CO₂, CH₄ dan N₂O (Anifah dkk, 2021). Berikut contoh perhitungan dari emisi gas rumah kaca pada skenario pembakaran.

- Emisi CH₄

Pada perhitungan emisi CH₄ timbulan sampah yang digunakan dalam berat basah. Berikut pada tabel 4.22 merupakan data timbulan sampah TPS 3R.

Tabel 4.22 Timbulan Tiap Jenis Sampah TPS 3R

Jenis Sampah	Massa Sampah (Gg <i>wet</i>)
Sisa Makanan	1,16
Kayu-Ranting	0,01
Kertas-Karton	0,68
Plastik	1,21
Logam	0,02
Kain	0,04
Karet-Kulit	0,02
Kaca	0,04
Lainnya	0,06
Total	3,24

Berikut contoh perhitungan dari emisi CH₄ yang berasal dari timbulan sampah kertas dan karton yang merujuk pada rumus 3.12 berdasarkan faktor emisi default IPCC.

$$\begin{aligned} \text{Emisi CH}_4 &= 0,68 \text{ Gg/tahun} \times 6.500 \text{ kg/Gg} \times 10^{-6} \\ &= 0,004 \text{ Gg CH}_4/\text{tahun} = 4.401,67 \text{ kg CH}_4/\text{tahun} \end{aligned}$$

- Emisi N₂O

Pada perhitungan emisi N₂O ini diperlukan timbulan sampah dalam berat kering, maka perlu cari terlebih dahulu berat kering dari setiap jenis sampah dan ditotal keseluruhan. Berikut pada tabel 4.23 merupakan data timbulan sampah TPS 3R dalam berat kering.

Tabel 4.23 Timbulan Tiap Jenis Sampah TPS 3R dalam Berat Kering

Jenis Sampah	Massa Sampah (Gg <i>wet</i>)	<i>Dry Matter Content (Dm)</i>	Massa Sampah (Gg <i>dry</i>)
	a	b	c = a x b
Sisa Makanan	1,16	0,40	0,46
Kayu-Ranting	0,01	0,85	0,01
Kertas-Karton	0,68	0,90	0,61
Plastik	1,21	1,00	1,21
Logam	0,02	1,00	0,02
Kain	0,04	0,80	0,03
Karet-Kulit	0,02	0,84	0,02
Kaca	0,04	1,00	0,04
Lainnya	0,06	0,90	0,06
Total			2,46

Berikut contoh perhitungan dari emisi CH₄ yang berasal dari timbunan sampah kertas dan karton yang merujuk pada rumus 3.13 berdasarkan faktor emisi default IPCC.

$$\begin{aligned} \text{Emisi N}_2\text{O} &= 0,61 \text{ Gg/tahun} \times 150 \text{ kg/Gg} \times 10^{-6} \\ &= 0.0001 \text{ Gg N}_2\text{O /tahun} = 91,42 \text{ kg N}_2\text{O/tahun} \end{aligned}$$

- Emisi CO₂

Perhitungan CO₂ yang digunakan sebagai contoh berasal dari timbunan sampah kertas & karton. Berikut data yang dibutuhkan dalam perhitungan ini dan nilai faktor dari setiap persamaan dapat dilihat pada tabel 3.11.

Kertas & Karton

Timbunan Sampah basah	= 0,68 Gg/tahun
Dry Matter Content	= 0,90
Nilai CF	= 0,46
Nilai FCF	= 0,01
Nilai OF	= 0,58 (faktor default IPCC <i>open burning</i>)

Berikut contoh perhitungan CO₂ dari sampah kertas dan karton di yang merujuk pada rumus 3.11.

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 &= 0,68 \text{ Gg/tahun} \times 0,9 \times 0,46 \times 0,01 \times 0,58 \times 44/12 \\ &= 0,006 \text{ Gg CO}_2\text{/tahun} = 5.962,16 \text{ kg CO}_2\text{/tahun} \end{aligned}$$

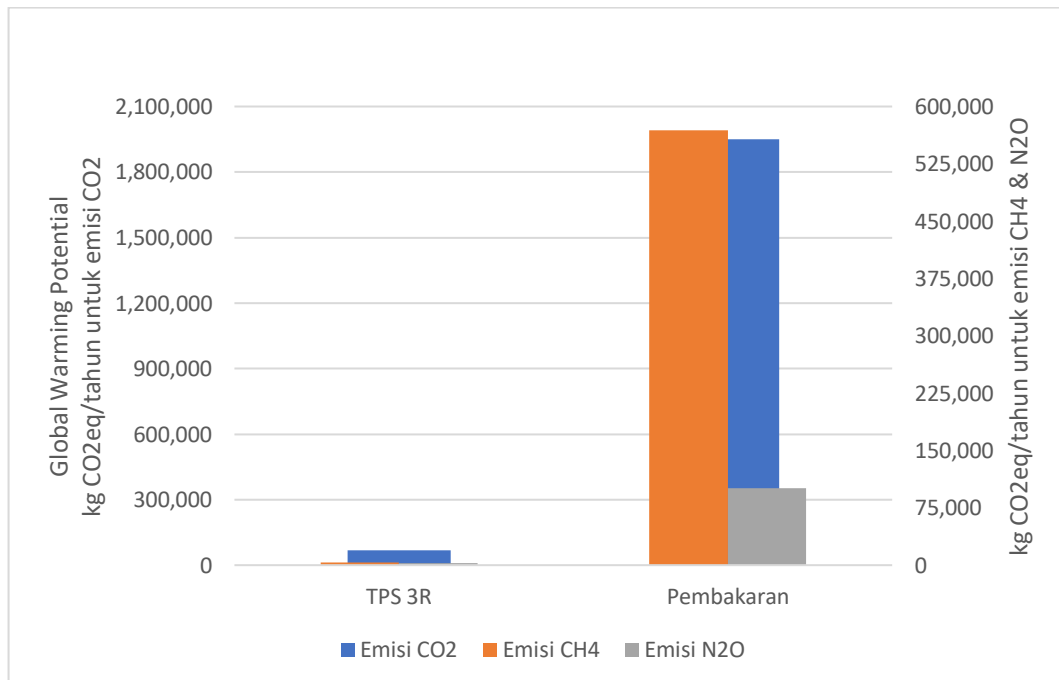
Hasil emisi yang telah didapatkan perlu konversikan dengan nilai GWP pada tabel 3.14. Konversi nilai GWP ini digunakan untuk mengetahui potensi bahaya yang dihasilkan dari tiap gas rumah kaca. Berikut contoh perhitungan nilai GWP emisi gas rumah kaca dari skenario pembakaran di TPS 3R pada sampah kertas dan karton yang mengacu pada rumus 3.19. Hasil perhitungan keseluruhan dapat dilihat pada tabel 4.24.

$$\begin{aligned} \text{GWP CO}_2 &= 5.962,16 \text{ kg CO}_2\text{/tahun} \times 1 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 5.962,16 \text{ kg CO}_2\text{eq/tahun} \\ \text{GWP CH}_4 &= 4.401,67 \text{ kg CH}_4\text{/tahun} \times 27 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 118.845,11 \text{ kg CO}_2\text{eq/tahun} \\ \text{GWP N}_2\text{O} &= 91,42 \text{ kg N}_2\text{O/tahun} \times 273 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 24.957,47 \text{ kg CO}_2\text{eq/tahun} \end{aligned}$$

Tabel 4.24 Hasil Emisi GRK Skenario Pembakaran

Jenis Sampah	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O	
Sisa Makanan	-	203.635,21	19005,95	222.641,16
Kayu & Ranting	-	1.095,99	217,37	1.313,36
Kertas & Karton	5.962,16	118.845,11	24.957,47	149.764,75
Plastik	1.927.423,96	212.077,06	49.484,65	2.188.985,67
Logam	-	3.756,60	876,54	4.633,14
Kain/Tekstil	6.952,38	7.171,69	1.338,72	1.5462,79
Karet & Kulit	5.589,72	4.098,11	803,23	1.0491,05
Kaca	-	7.171,69	1.673,39	8.845,08
Lainnya	3.575,51	10.928,29	2.294,94	16.798,74
Total	1.949.503,74	568.779,74	100.652,26	2.618.935,74

Perbandingan hasil emisi dari skenario pembakaran dengan TPS 3R dapat dilihat pada gambar 4.19. Pada gambar tersebut aktivitas dari pembakaran dapat menghasilkan emisi lebih besar dari aktivitas di TPS 3R. Perbedaan yang signifikan ini dikarenakan proses pembakaran menghasilkan emisi gas CO₂ lebih besar dari jenis gas lainnya. Selain itu, Semakin besar sampah yang dibakar, maka semakin besar emisi yang dihasilkan (Wahyudi, 2019).



Gambar 4.19 Perbandingan Emisi GRK dengan Skenario Pembakaran

4.6.2 Skenario Penimbunan

A. Pengangkutan

Perhitungan dalam pengangkutan sampah ke TPA di aktivitas penimbunan sampah TPA ini dengan mencari jarak yang ditempuh dalam setahun dari jarak TPS 3R ke TPA Piyungan, jumlah ritasi atau perjalanan dalam setahun oleh kendaraan pengangkut. Contoh dari rute pengangkutan skenario ini dapat dilihat pada lampiran 6. Setelah itu, jarak yang telah didapatkan dalam setahun akan dibagi dengan asumsi rata-rata konsumsi kendaraan untuk mendapatkan jumlah konsumsi bahan bakar dalam setahun. Kendaraan yang digunakan dalam aktivitas pengangkutan ke TPA ini diasumsikan dengan menggunakan *dump truck*. Perhitungan aktivitas ini memiliki konsep yang sama pada aktivitas pengepul TPS 3R yaitu dengan mencari konsumsi bahan bakar terlebih dahulu berdasarkan jenis kendaraan yang digunakan dan jarak yang ditempuh. Berikut contoh perhitungan yang digunakan untuk mendapatkan jarak yang ditempuh dan konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan kendaraan pengangkut dalam setahun. Hasil perhitungan keseluruhan dapat dilihat pada tabel 4.25.

Jumlah Sampah	= 13.412,9 m ³ /tahun
Kapasitas Kendaraan	= 6 m ³ (Ramadhanti, 2021)
Faktor Pemadatan	= 2 (DLH Kulon Progo, 2017)
Jarak Satu Rit	= 18 km/rit

Asumsi Konsumsi Kendaraan = 4,5 km/liter (tabel 3.3)

Hasil:

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Trip} &= \text{Jumlah Sampah}/(\text{Kapasitas Kendaraan} \times \text{Fp}) \\ &= 13.412,9 \text{ m}^3/\text{tahun}/(6 \text{ m}^3 \times 2) = 1.117,7 \text{ rit}/\text{tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak Tempuh} &= \text{Jumlah Trip} \times \text{Jarak Satu Rit} \\ &= 20.119,32 \text{ rit}/\text{tahun} \times 18 \text{ km}/\text{rit} = 17.304,3 \text{ km}/\text{tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi BBM} &= \text{Jarak Tempuh}/\text{Asumsi Konsumsi Kendaraan} \\ &= 20.119,32 \text{ km}/\text{tahun} : 4,5 \text{ km}/\text{liter} \\ &= 8.824,26 \text{ liter}/\text{tahun}\end{aligned}$$

Tabel 4.25 Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan Pengangkut

Nama Fasilitas	TPS 3R Nitikan	TPS 3R Karangmiri
Jumlah Sampah (m ³ /tahun)	13.412,9	748,8
Kapasitas Kendaraan (m ³)	6	6
Faktor Pemadatan (Fp)	2	2
Jumlah Trip/Ritasi (rit/tahun)	1.117,7	62,4
Jarak Satu Rit (km/rit)	18	17
Jarak Tempuh (km/tahun)	20.119,32	1.060,8
Konsumsi Bahan Bakar (liter/tahun)	8.824,26	235,73

Setelah didapatkan konsumsi bahan bakar kendaraannya, kemudian dilakukan konversi terlebih dahulu dari liter ke Terra Joule (TJ) menurut jenis bahan bakar yang digunakan. Berikut contoh perhitungannya yang merujuk pada rumus 3.1 berdasarkan nilai kalor pada tabel 3.4.

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi BBa} &= 8.824,26 \text{ liter/tahun} \times (36 \times 10^{-6}) \text{ TJ/liter} \\ &= 0,318 \text{ TJ/tahun} \end{aligned}$$

Kemudian, menghitung jumlah emisi gas rumah kaca berdasarkan faktor emisi pada tabel 3.5 dan 3.6 yang mengacu pada rumus 3.2.

$$\text{Emisi CO}_2 = 0,318 \text{ TJ/tahun} \times 74.433 \text{ kg/TJ} = 23.645,39 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Emisi CH}_4 = 0,318 \text{ TJ/tahun} \times 3,9 \text{ kg/TJ} = 1,24 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = 0,318 \text{ TJ/tahun} \times 3,9 \text{ kg/TJ} = 1,24 \text{ kg/tahun}$$

Berikut emisi yang dihasilkan dari tiap TPS 3R pada skenario penimbunan di aktivitas pengangkutan yang dapat dilihat pada tabel 4.26.

Tabel 4.26 Hasil Emisi GRK Aktivitas Pengangkutan Skenario

Nama Fasilitas	Konsumsi BBa (TJ/tahun)	Emisi CO ₂ (kg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
TPS 3R Nitikan	0,318	23.645,39	1,24	1,24
TPS 3R Karangmiri	0,008	631,67	0,03	0,03

Hasil emisi yang telah didapatkan perlu konversikan dengan nilai GWP pada tabel 3.14. Konversi nilai GWP ini digunakan untuk mengetahui potensi bahaya yang dihasilkan dari tiap gas rumah kaca. Berikut contoh perhitungan nilai GWP emisi gas rumah kaca yang mengacu pada rumus 3.19. Hasil perhitungan keseluruhan dapat dilihat pada tabel 4.27.

$$\text{GWP CO}_2 = 23.645,39 \text{ kg CO}_2\text{/tahun} \times 1 \text{ kg CO}_2\text{eq}$$

$$= 23.645,39 \text{ kg CO}_2\text{eq/tahun}$$

$$\text{GWP CH}_4 = 1,24 \text{ kg CH}_4\text{/tahun} \times 29,8 \text{ kg CO}_2\text{eq}$$

$$= 36,92 \text{ kg CO}_2\text{eq/tahun}$$

$$\text{GWP N}_2\text{O} = 1,24 \text{ kg N}_2\text{O/tahun} \times 273 \text{ kg CO}_2\text{eq}$$

$$= 338,23 \text{ kg CO}_2\text{eq/tahun}$$

Tabel 4.27 Total Emisi GRK Aktivitas Pengangkutan TPA Skenario

Nama Fasilitas	kg CO ₂ eq/tahun			Total
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O	
TPS 3R Nitikan	2.3645,39	36,92	338,23	24.020,54
TPS 3R Karangmiri	631,67	0,99	9,04	641,69
Total	24.277,06	37,91	347,26	24.662,23

B. Penimbunan TPA

Perhitungan emisi gas rumah kaca dari penimbunan sampah di TPA berasal dari emisi CH₄. Perhitungan CH₄ yang digunakan sebagai contoh berasal dari timbunan sampah kertas & karton. Berikut data yang dibutuhkan dalam perhitungan ini dan nilai faktor dari setiap persamaan dapat dilihat pada tabel 3.10, 3.12 dan 3.13 untuk detailnya.

$$\text{MCF} = 0,5 \text{ (tabel 3.12)}$$

$$\text{OX} = 0,1 \text{ (tabel 3.13)}$$

$$\text{DOC}_i = 0,4 \text{ (tabel 3.10)}$$

$$\text{MSW}_i = 0,68 \text{ Gg/tahun}$$

$$\text{DOC}_f = 0,5 \text{ (default IPCC)}$$

$$i = \text{Kertas dan Karton}$$

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

Berikut contoh perhitungan emisi CH₄ yang merujuk pada rumus 3.18.

$$\begin{aligned} \text{Emisi CH}_4 &= (0,68 \text{ Gg/tahun} \times 0,5 \times 0,4 \times 0,5 \times 0,5 \times 16/12 - 0) \times (1 - 0,1) \\ &= 0,041 \text{ Gg CH}_4\text{/tahun} = 40.630,81 \text{ kg CH}_4\text{/tahun} \end{aligned}$$

Hasil emisi yang telah didapatkan perlu konversikan dengan nilai GWP pada tabel 3.14. Konversi nilai GWP ini digunakan untuk mengetahui potensi bahaya yang dihasilkan dari tiap gas rumah kaca. Berikut contoh perhitungan nilai GWP emisi gas rumah kaca dari skenario penimbunan di TPS 3R pada sampah kertas dan karton yang mengacu pada rumus 3.19. Hasil perhitungan keseluruhan dapat dilihat pada tabel 4.28.

$$\begin{aligned} \text{GWP CH}_4 &= 40.630,81 \text{ kg CH}_4\text{/tahun} \times 27 \text{ kg CO}_2\text{eq} \\ &= 1.097.031,82 \text{ kg CO}_2\text{eq/tahun} \end{aligned}$$

Tabel 4.28 Hasil Emisi GRK Aktivitas Penimbunan Skenario

Jenis Sampah	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)
	Emisi CH ₄
Sisa Makanan	704.891,12
Kayu & Ranting	10875,61
Kertas & Karton	1.097.031,82
Plastik	-
Logam	-
Kain/Tekstil	39.720,12
Karet & Kulit	36.882,97
Kaca	-
Lainnya	-
Total	1.889.401,63

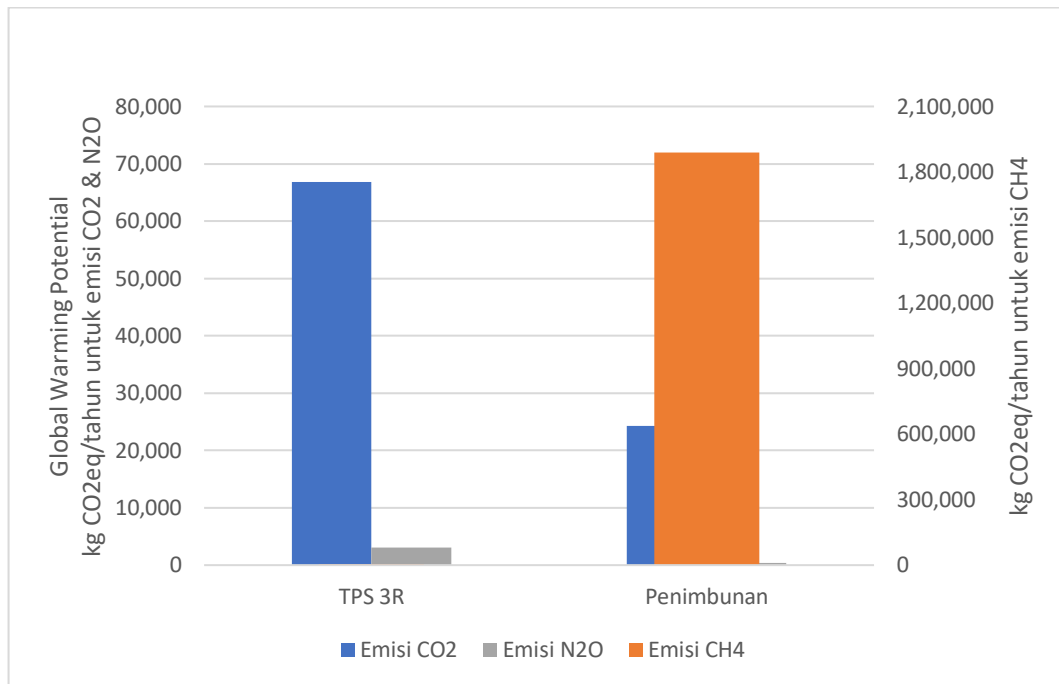
C. Total Emisi Gas Rumah Kaca Skenario Penimbunan

Emisi gas rumah yang telah didapatkan dari tiap aktivitas akan dijumlahkan. Berikut pada tabel 2.29 merupakan total emisi gas rumah kaca dari aktivitas pengangkutan dan penimbunan.

Tabel 4.29 Hasil Emisi GRK Skenario Penimbunan

Aktivitas	kg CO ₂ eq/tahun			Total
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O	
Pengangkutan	24.277,06	37,91	347,26	24.662,23
Penimbunan TPA	-	1.889.401,63	-	641,69
Total	24.277,06	1.889.439,53	347,26	1.914.063,85

Pada gambar 4.20 terdapat perbedaan hasil emisi gas rumah kaca terbesar dari perbandingan aktivitas. Emisi CH₄ menjadi penghasil gas emisi terbesar dalam proses penimbunan sampah TPA. Penyebabnya gas rumah kaca yang dihasilkan dari proses dekomposisi material organik cenderung lebih tinggi untuk proses penimbunan dibanding pengomposan (Anifah, 2021). Sedangkan, emisi CO₂ terbesar berasal dari aktivitas TPS 3R karena penggunaan mesin dan kendaraan menjadi faktor penyumbang emisi gas CO₂ terbesar.



Gambar 4.20 Perbandingan Emisi GRK dengan Skenario Penimbunan

4.6.3 Perbandingan Total Keseluruhan

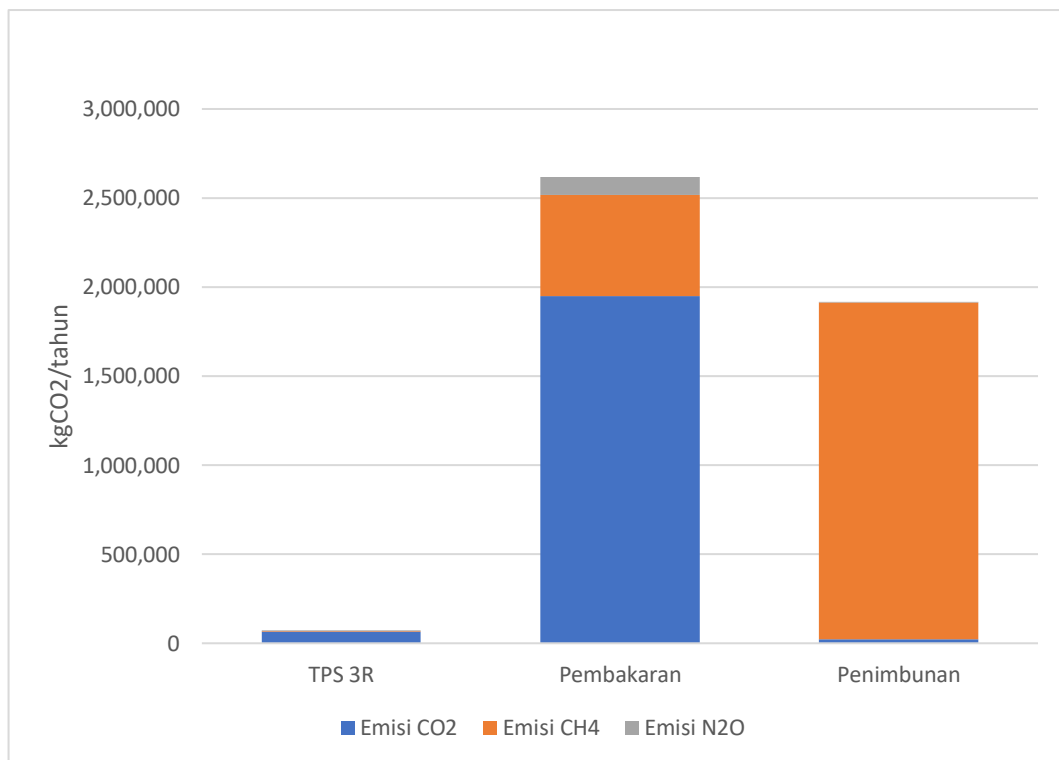
Hasil perhitungan emisi gas rumah kaca yang telah didapatkan dari aktivitas pengolahan di kondisi eksisting dan skenario atau aktivitas diluar TPS 3R akan dilakukan perbandingan. Pada perbandingan ini jumlah emisi yang dihasilkan menggunakan satuan kg CO₂eq/tahun untuk mengetahui potensi bahaya yang dihasilkan dari tiap gas rumah kaca. Berikut pada tabel 4.30 merupakan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan pada tiap skenario

Tabel 4.30 Perbandingan Emisi GRK Keseluruhan

Skenario	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O	
TPS 3R	66.841,01	3.276,59	3.044,76	73.162,36
Pembakaran	1.949.503,74	568.779,74	100.652,26	2.618.935,74
Penimbunan	24.277,06	1.889.439,53	347,26	1.914.063,85

Pada gambar 4.21 dapat ditentukan bahwa penghasil emisi gas rumah kaca terbesar berasal dari pembakaran terbuka, kemudian diikuti oleh penimbunan TPA sebagai penghasil emisi gas rumah kaca terbesar kedua. Berdasarkan faktor IPCC (2006) tidak semua sampah pada saat pembakaran dan penimbunan dapat menghasilkan emisi. Selain itu, jumlah dan jenis sampah yang menghasilkan emisi pada saat pembakaran lebih banyak dibandingkan

dengan penimbunan. Sedangkan, kegiatan eksisting TPS 3R menjadi penghasil emisi gas rumah kaca terkecil. Hal ini menjelaskan bahwa pengelolaan sampah yang baik dapat menurunkan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dan semakin baik pengelolaannya maka semakin sedikit pula emisi yang dihasilkan (Romawati, 2018). Pada skenario pembakaran emisi terbesar berasal dari CO₂, sedangkan skenario penimbunan emisi terbesar berasal dari CH₄. Penyebab tersebut sudah disinggung pada penjelasan sebelumnya



Gambar 4.21 Perbandingan Emisi GRK Keseluruhan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Aktivitas operasional TPS 3R yang dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca antara lain yaitu
 - Kendaraan operasional dari aktivitas pengumpulan dan pengangkutan
 - Penggunaan mesin dari aktivitas pemilahan, pengepresan, pencacahan dan pengayakan
 - Aktivitas pengomposan sampah organik
2. Hasil emisi gas rumah pada TPS 3R Kota Yogyakarta di setiap aktivitas operasionalnya antara lain sebesar 13.383,83 kg CO₂eq/tahun untuk aktivitas pengumpulan, 18.682,41 kg CO₂eq/tahun untuk aktivitas penggunaan mesin, 21.430,14 kg CO₂eq/tahun untuk aktivitas pengomposan, 14.478,95 kg CO₂eq/tahun untuk aktivitas pengangkutan ke TPA dan 5.187,04 kg CO₂eq/tahun untuk aktivitas pengepul TPS 3R.
3. Hasil emisi gas rumah kaca dari 14 sampel pengepul Kota Yogyakarta di setiap aktivitasnya yaitu sebesar 12.009,50 kg CO₂eq/tahun untuk aktivitas pengambilan dan 173.624,19 kg CO₂eq/tahun untuk aktivitas pengiriman.
4. Pada perbandingan skenario, emisi gas rumah kaca terbesar dihasilkan dari skenario pembakaran yaitu 2.618.935,74 kg CO₂eq/tahun. Kemudian, diikuti dari skenario penimbunan sebesar 1.914.063,85 kg CO₂eq/tahun dan penghasil emisi gas rumah kaca terkecil berasal dari TPS 3R pada kondisi eksisting yaitu sebesar 73.162,36 kg CO₂eq/tahun menjadikan salah satu metode yang tepat dalam mengelola sampah.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini.

1. Berdasarkan hasil studi dapat menjelaskan bahwa pengelolaan sampah berbasis TPS 3R dapat mengurangi emisi gas rumah kaca jika dibandingkan dengan metode pengolahan sampah lainnya seperti pembakaran dan penimbunan, maka diharapkan pemerintah atau pihak yang berwenang dapat memberikan dukungan terhadap program TPS 3R sebagai salah satu metode yang digunakan untuk mengelola sampah secara berkelanjutan.
2. Setelah dilakukan studi emisi gas rumah kaca di TPS 3R Kota Yogyakarta, disarankan untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan pengembangan dan strategi terhadap aktivitas operasional di TPS 3R agar sampah yang dikelola dapat lebih optimal dan lebih minim emisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, I. S., & Marpaung, D. S. H. 2021. **Observasi Penanganan dan Pengurangan Sampah Di Universitas Singaperbangsa Karawang.** *JUSTITIA : Jurnal Ilmu Hukum Dan Humaniora*, 8(4), 872–882.
- Addinsyah, A., Herumurti. W. 2017. **Studi Timbulan Dan Reduksi Sampah Rumah Kompos Serta Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Di Surabaya Timur.** *JURNAL TEKNIK ITS*, 6(1), 62–67.
- Adinatha, I. K., & Arif, C. 2022. **Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca Berdasarkan Penggunaan Lahan di Kota Bogor.** *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 7(1), 49–64.
- Akli, H., & Nugrahayu, Q. 2018. **Potensi Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄, Dan N₂O) Di Fakultas Hukum, Universitas Islam Indonesia.** Skripsi, Sleman: Universitas Islam Indonesia.
- Anifah, M. E., dkk. 2021. **Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Kegiatan Pengelolaan Sampah Di Kelurahan Karang Joang, Balikpapan.** *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 13(1), 17–33.
- Ariyani, S. F. 2018. **Evaluasi Pengelolaan Sampah Di TPA Piyungan Kabupaten Bantul.** Skripsi, Sleman: Universitas Islam Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2018. **Tata Cara Perencanaan Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan**, SNI 8632–2018. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. **Pengelolaan Sampah Di Permukiman**, SNI 3242–2008. Jakarta.
- Balthi, M. R. 2020. **Evaluation Of Greenhouse Gas Emissions From Solid Waste Management Practices In State Capitals Of North Eastern Nigeria.** *Journal of Engineering Studies and Research*, 26(4), 40–46.
- Damanhuri, E., Padmi, T. 2010. **Diktat Kuliah TL-3104 Pengelolaan Sampah.** Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Devadoss, P. S. M., dkk. 2021. **Implications Of Municipal Solid Waste Management On Greenhouse Gas Emissions In Malaysia And The Way Forward.** *Waste Management*, 119, 135–144.

- Dianbudiyanto, W. 2015. **Optimasi Pengangkutan Sampah dengan Truk Kompaktor dan Truk Armroll di Surabaya Pusat dan Surabaya Timur**. Skripsi, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Ditjen PSLB3. **Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional**. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>. Diakses tanggal 8 Maret 2023.
- Direktorat Inventarisasi GRK dan MVP. 2021. **Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) dan Monitoring, Pelaporan, Verifikasi (MPV)**. Jakarta.
- Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Kulon Progo. 2017. **Laporan Akhir – Kajian Timbulan Sampah Harian Non Permukiman Kulon Progo**. PT. Trikasrsa Buwana Persada Gemilang.
- Ecometrica. 2011. **Electricity – Specific Emission Factors for Grid Electricity**. *Technical Paper*. <https://www.emissionfactors.com/>. Diakses tanggal 25 Juli 2023.
- Gautam, M., & Agrawal, M. (2021). **Greenhouse Gas Emissions From Municipal Solid Waste Management: A Review Of Global Scenario**. *Carbon Footprint Case Studies*, 123–160.
- Handoyo, S., & Ziliwu. Y. 2021. **Analisis Karakteristik Sampah Di Bantaran Sungai Gajah Putih Surakarta**. *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 26(1), 49–54.
- Hutagalung, W. L. C., dkk. 2020. **Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca pada Pengelolaan Sampah Domestik dengan Metode IPCC 2006 di TPA Talang Gulo Kota Jambi**. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(1), 59–68
- Ikhsandri. 2014. **Kajian Infrastruktur Pengolahan Sampah Di Kawasan Berkembang Jakabaring Kelurahan 15 Ulu Kota Palembang**. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2(1), 130–38.
- IPCC. 2006. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Jepang: IGES.
- IPCC. 2006. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume II: Energy**. Jepang: IGES.
- IPCC. 2006. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume V: Waste**. Jepang: IGES.’
- IPCC, AR Sixth. 2021. **The Earth’s Energy Budget, Climate Feedbacks, and Climate Sensitivity; In Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. The Sixth Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change. United Kingdom: Cambridge University Press.

- Kahfi, A. 2017. **Tinjauan Terhadap Pengelolaan Sampah**. *Jurisprudentie*, 4(1), 12–25.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. **Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, Buku I**. Jakarta
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. **Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, Buku II Vol 1**. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. **Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, Buku II Vol 4**. Jakarta
- Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral. 2020. **Inventarisasi Emisi GRK Bidang Energi**. Jakarta.
- Kurnia, V. C., Sumiyati, S., Samudro, G. 2017. **Pengaruh Kadar Air Terhadap Hasil Pengomposan Sampah Organik Dengan Metode Open Windrow**. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 6(2), 119–123.
- Kustiasih, T., Setyawati, L. M., Anggraini, F., Darwati, S., & Aryenti. 2014. **Faktor Penentu Emisi Gas Rumah Kaca dalam Pengelolaan Sampah Perkotaan**. *Jurnal Permukiman*, 9(2), 78–90.
- Lestari, J. A. 2017. **Strategi Adaptasi Dan Mitigasi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Sektor Transportasi Dan Sektor Persampahan Di Kota Batu**. Tesis, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Magistra, M. I. 2021. **Tinjauan Pengelolaan Sampah di Tempat Pengolahan Sampah Reduce, Reuse, Recycle (TPS3R) Kenanga Di Desa Soka Martani Merdikorejo Tempel Sleman**. Diploma Tesis, Sleman: Politeknik Kesehatan Yogyakarta.
- Marlena., dkk. 2020. **Evaluasi Kinerja Aset Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) di Kabupaten Sidoarjo**. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 4(3), 211–218.
- Martha, S. T. 2019. **Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca Dari Sektor Peternakan Kabupaten Sleman Bagian Barat D.I Yogyakarta**. Skripsi, Sleman: Universitas Islam Indonesia
- Muslimah, B., P. 2020. **Perencanaan Teknis Tempat Pengolahan Sampah (TPS 3R) Kecamatan Sumberasih, Kabupaten Probolinggo**. Skripsi, Surabaya: Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.
- Nasution, M. A. R. 2019. **Kajian Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂ dan CH₄) Dari Sampah Rumah Tangga di Kecamatan Medan Area, Kecamatan Medan Polonia dan Kecamatan Medan Tembung**. Skripsi, Medan: Universitas Sumatera Utara.

- Natalia, L., Wihardja, H., & Ningsih, P. W. 2021. **Pendampingan Pengelolaan Sampah Terpadu Berbasis Masyarakat dengan Konsep 3R Di desa Sukaluyu.** *Jurdimas (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat) Royal*, 4(1), 21–26.
- Novi, Y. 2020. **Kajian Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄ Dan N₂O) Dari Sektor Transportasi Di Terminal Giwangan D.I. Yogyakarta.** Skripsi, Sleman: Universitas Islam Indonesia.
- Novia, F., dkk. 2022. **Potensi Emisi Gas Rumah Kaca Dari Sektor Persampahan Di Kabupaten Bandung.** *Jurnal Lingkungan dan Sumberdaya Alam (JURNALIS)*, 5(2), 147–158.
- Oktafayanza, F., Mahyudin, R. P., & Firmansyah, M. 2021. **Studi Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca Pada Pengelolaan Sampah Di TPA Gunung Kupang Banjarbaru Kalimantan Selatan.** *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 6(2), 65–73.
- Pemerintahan Indonesia. 2008. **Undang-undang Republik Indonesia Nomor. 18 tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah.** Lembaran RI Tahun 2008, No 69. Jakarta.
- Pemerintah Indonesia. 2013. **Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 03 Tahun 2013 Tentang Penyelenggaraan Prasarana Dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga Dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.** Lembaran RI Tahun 2013, No 470. Jakarta.
- Purwanta, W. 2009. **Penghitungan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Dari Sektor Sampah Perkotaan Di Indonesia.** *Jurnal Teknik Lingkungan*, 10(1), 1–8
- Rahayu, N. S., dkk. 2021. **Penerapan Teknologi Mesin Pencacah Sampah Organik Rumah Tangga di Desa Pesucen Kabupaten Banyuwangi.** *Journal of Social Responsibility Projects by Higher Education Forum*, 2(2), 73–76.
- Ramadhanti, M., & Nahdalina. 2022. **Optimalisasi Sistem Angkutan Sampah Menggunakan Vehicle Routing Problem Dengan Batasan Kapasitas Angkut.** *Jurnal Ilmiah Desain dan Konstruksi*, 21(2), 196–210.
- Romawati, W. E. 2018. **Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca Dari Sampah Rumah Tangga Di Kecamatan Bulak, Kota Surabaya Dengan Metode IPCC.** Skripsi, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Silva, V., dkk. 2021. **Life-Cycle Assessment Of Municipal Solid Waste Management Options: A Case Study Of Refuse Derived Fuel Production In The City Of Brasilia, Brazil.** *Journal of Cleaner Production*, 279, 1–12.

- Sin, T. N. 2021. **Kajian Skenario Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Di Kota Sukabumi Dengan Metode Life Cycle Assessment (LCA)**. Skripsi, Surabaya: Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.
- Sugiyono. 2009. **Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D**. Bandung: Alfabeta.
- Suharto, B., Kurniati, E., & Agustin, D. D. 2021. **Perhitungan Tapak Karbon Pada Aspek Pengelolaan Sampah di TPST 3R Mulyoagung Bersatu Sebagai Upaya Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca**. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 8(3), 22–32
- Sulistiawati, E & Yuwono, B. E. 2019. **Analisis Tingkat Efisiensi Energi Dalam Penerapan Solar Panel Pada Atap Rumah Tinggal**. *Seminar Intelektual Muda #2*. 5 September 2019, 325–330.
- Suriandjo, H. S. 2018. **Analisis Emisi Gas Rumah Kaca Pada Koridor Jalan Arteri Kawasan Perkotaan Tuangtiba Kabupaten Minahasa Selatan**. *Jurnal STITEK*, 6(2), 93–101.
- Surtani. 2015. **Efek Rumah Kaca Dalam Perspektif Global (Pemanasan Global Akibat Efek Rumah Kaca)**. *Jurnal Geografi*, 4(1), 49–55
- Temireyeva1, A., dkk. 2022. **Exploring The Mitigation Of Greenhouse Gas Emissions From The Current Municipal Solid Waste System Of Kazakhstan: Case Study Of Nur-Sultan City**. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1024, 1–7.
- Trisnawati, L. E., & Agustana. P. 2018. **Manajemen Pengelolaan Sampah Melalui TPS3R (Tempat Pengolahan Sampah Reuse-Reduce-Recycle) di Desa Selat Kecamatan Sukasada Kabupaten Buleleng**. *Locus Majalah Ilmiah FISIP*, 9(1), 75–88.
- Wahyudi, J. 2019. **Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Dari Pembakaran Terbuka Sampah Rumah Tangga Menggunakan Model IPCC**. *Jurnal Litbang*, 15(1), 65-76.
- Wunanto, E. O. 2021. **Studi Perbandingan Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca TPA Tamangapa**. Skripsi. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Widieana, D., dkk. 2017. **Perencanaan Sistem Pengelolaan Sampah Terpadu Studi Kasus Kelurahan Banyumanik Kecamatan Banyumanik Kota Semarang**. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 1–10
- Xin, C., dkk. 2020. **An Empirical Study On Greenhouse Gas Emission Calculations Under Different Municipal Solid Waste Management Strategies**. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(5), 1–23.

LAMPIRAN I
DATA PENELITIAN TPS 3R

Kendaraan Operasional

Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Jarak Tempuh (km/minggu)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/minggu)
TPS 3R Nitikan			
<i>Dump Truck</i>	Solar	324	75
Kompaktor Truk (1)	Solar	60	15
Kompaktor Truk (2)	Solar	51	15
Motor Sampah (1)	Pertalite	120	10
Motor Sampah (2)	Pertalite	42	5
Motor Sampah (3)	Pertalite	24	2.5
Motor Sampah (4)	Pertalite	120	12
Motor Sampah (5)	Pertalite	27	3
Motor Sampah (6)	Pertalite	21	2.5
Motor Sampah (7)	Pertalite	32	3
Motor Sampah PJ (1)	Pertalite	119	10
Motor Sampah PJ (2)	Pertalite	105	10
Motor Sampah PJ (3)	Pertalite	126	10
TPS 3R Karangmiri			
Motor Sampah (1)	Pertalite	18	2.5
Motor Sampah (2)	Pertalite	18	2.5
<i>Dump Truck N</i>	Solar	108	25
Keterangan: PJ = Penyapuan Jalan N = Nitikan			

Mesin Operasional

Jenis Mesin	Jenis Bahan Bakar	Durasi Pemakaian (jam/minggu)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/minggu)
TPS 3R Nitikan			
Pemilah	Solar	18	30
Pencacah Kayu	Pertamax	6	5
Pencacah Daun	Solar	6	10
<i>Conveyor PD</i>	Pertamax	6	4
Pencacah Kompos	Solar	9	15
Pengayak	Pertamax	9	6
Mesin Pres	Solar	18	30
TPS 3R Karangmiri			
Pencacah Kompos	Solar	3	5
Keterangan: PD = Pencacah Daun			

Jenis Mesin	Durasi Pemakaian (jam/minggu)	Daya Listrik (kW)	Konsumsi Listrik (kWh/minggu)
TPS 3R Nitikan			
<i>Conveyor Belt (1)</i>	18	3	54
<i>Conveyor Belt (2)</i>	18	3	54

Pengomposan

Rerata Hasil Pengomposan (kg)	Durasi Pengomposan (bulan)
TPS 3R Nitikan	
4375	2
TPS 3R Karangmiri	
625	3

LAMPIRAN II
TIMBULAN DAN KOMPOSISI SAMPAH

A. Timbulan Sampah

Kendaraan	Kapasitas (m ³)
Kompaktor Truk	3.5
Motor Sampah	2

Sumber: Ikhsandri, 2014

Kendaraan	Faktor Pemasatan
Kompaktor Truk	3.14
Motor Sampah	1.2

Sumber: SNI 3242-2008 & Dianbudiyanto, 2015

Jenis Kendaraan	Asal Sampah	Timbulan Sampah		Massa Jenis (kg/m ³)
		Volume (liter)	Berat (kg)	
Motor Sampah	Rumah Tangga	2.32	0.7	301.72
Motor Sampah PJ	Jalan	0.52	0.01	19.23
Kompaktor Truk	Kota Besar	3	0.65	216.67

Sumber: SNI 8632-2018

Jenis Kendaraan	Kapasitas Kendaraan (m ³)	Faktor Kompaksi	Jumlah Ritasi (rit/minggu)	Timbulan Sampah (m ³ /minggu)
TPS 3R Nitikan				
Motor Sampah (1)	2	1.2	10	24
Motor Sampah (2)	2	1.2	7	16.8
Motor Sampah (3)	2	1.2	12	28.8
Motor Sampah (4)	2	1.2	6	14.4
Motor Sampah (5)	2	1.2	10	24
Motor Sampah (6)	2	1.2	6	14.4
Motor Sampah (7)	2	1.2	8	19.2
Total (m ³ /tahun)				7363,2
Motor Sampah PJ (1)	2	1.2	7	16.8
Motor Sampah PJ (2)	2	1.2	7	16.8
Motor Sampah PJ (3)	2	1.2	7	16.8
Total (m ³ /tahun)				2620,8
Kompaktor Truk (1)	3.5	3.14	3	32.97
Kompaktor Truk (2)	3.5	3.14	3	32.97
Total (m ³ /tahun)				3428.9
TPS 3R Karangmiri				
Motor Sampah (1)	14.4	14.4	14.4	14.4
Total (m ³ /tahun)				748.8

Contoh Perhitungan TPS 3R Karangmiri

$$\begin{aligned} \text{Motor Sampah (1)} &= \text{kapasitas} \times F_p \times \text{ritasi} \\ &= 2 \text{ m}^3 \times 1.2 \times 6 \text{ rit/minggu} \\ &= 14.4 \text{ m}^3/\text{minggu} \times 52 \text{ minggu} = 748.8 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$

Volume

Jenis Kendaraan	TPS 3R Nitikan	TPS 3R Karangmiri
	Timbulan Sampah (m ³ /tahun)	
Motor Sampah	7363.2	748.8
Motor Sampah PJ	2620.8	-
Kompaktor Truk	3428.9	-
Total	13412.9	748.8

Berat

Jenis Kendaraan	Massa Jenis (kg/m ³)	TPS 3R Nitikan	TPS 3R Karangmiri
		Timbulan Sampah (kg/tahun)	
Motor Sampah	301.72	2221655.17	225931.03
Motor Sampah PJ	19.23	50400	-
Kompaktor Truk	216.67	742924	-
Total		3014979.17	225931.03

Contoh Perhitungan TPS 3R Karangmiri

$$\begin{aligned} \text{Motor Sampah} &= \text{Timbulan (m}^3) \times \text{massa jenis (kg/m}^3) \\ &= 748.8 \text{ m}^3/\text{tahun} \times 301.72 \text{ kg/m}^3 = 225931.03 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

B. Komposisi Sampah

Jenis Sampah	Komposisi Sampah
Sampah Kota	100%
Sisa Makanan	46.45%
Kayu & Ranting	0.25%
Kertas & Karton	17.40%
Plastik	31.05%
Logam	0.55%
Kain/Tekstil	1.05%
Karet & Kulit	0.60%
Kaca	1.05%
Lainnya	1.60%

Sumber: SIPSAN, 2022

Jenis Sampah	Komposisi Sampah	TPS 3R Nitikan	TPS 3R Karangmiri
		Timbulan Sampah (kg/tahun)	
Motor Sampah			
Sampah Kota	100%	2272055.17	225931.03
Sisa Makanan	46.45%	1055369.63	104944.97
Kayu & Ranting	0.25%	5680.14	564.83
Kertas & Karton	17.40%	395337.60	39312.00
Plastik	31.05%	705473.13	70151.59
Logam	0.55%	12496.30	1242.62
Kain/Tekstil	1.05%	23856.58	2372.28
Karet & Kulit	0.60%	13632.33	1355.59
Kaca	1.05%	23856.58	2372.28
Lainnya	1.60%	36352.88	3614.90
Kompaktor Truk			
Sampah Kota	100%	742924	-
Kertas & Karton	32.65%	242530.54	-
Plastik	58.26%	432791.56	-
Logam	1.03%	7666.20	-
Kain/Tekstil	1.97%	14635.46	-
Karet & Kulit	1.13%	8363.12	-
Kaca	1.97%	14635.46	-
Lainnya	3.00%	22301.66	-

Contoh Perhitungan

- TPS 3R Karangmiri:
Komposisi sisa makanan x Timbulan sampah kota = Timbulan sisa makanan
 $46.45\% \times 225931.03 \text{ kg/tahun} = 104944.97 \text{ kg/tahun}$
- TPS 3R Nitikan:
Komposisi kertas/total komposisi kompaktor truk
 $\text{Kertas} = 0.174 / (0.533) = 0.3265 = 32.65\%$
Timbulan sampah kertas
Komposisi x sampah kota = $32.65\% \times 742924 \text{ kg/tahun} = 242530.54 \text{ kg/tahun}$

C. Total Timbulan dan Komposisi Sampah TPS 3R

Jenis Sampah	TPS 3R Nitikan	TPS 3R Karangmiri	Total
	Timbulan Sampah (kg/tahun)		
Sisa Makanan	1055369.63	104944.97	1160314.59
Kayu & Ranting	5680.14	564.83	6244.97
Kertas & Karton	637868.14	39312.00	677180.14
Plastik	1138264.69	70151.59	1208416.28
Logam	20162.50	1242.62	21405.12
Kain/Tekstil	38492.04	2372.28	40864.32

Karet & Kulit	21995.45	1355.59	23351.04
Kaca	38492.04	2372.28	40864.32
Lainnya	58654.54	3614.90	62269.44
Total (kg/tahun)	3014979.17	225931.03	3240910.21

Jenis Sampah	Komposisi Sampah		Total
	TPS 3R Nitikan	TPS 3R Karangmiri	
Sisa Makanan	35,00%	46,45%	35.80%
Kayu & Ranting	0,19%	0,25%	0.19%
Kertas & Karton	21,16%	17,40%	20.89%
Plastik	37,75%	31,05%	37.29%
Logam	0,67%	0,55%	0.66%
Kain/Tekstil	1,28%	1,05%	1.26%
Karet & Kulit	0,73%	0,60%	0.72%
Kaca	1,28%	1,05%	1.26%
Lainnya	1,95%	1,60%	1.92%
Sampah Kota	100%	100%	100.00%

Contoh perhitungan

- TPS 3R Nitikan
Komposisi sisa makanan = Timbulan sisa makanan/timbulan total
 $1071872.32/3069556.37 = 0.35 = 35\%$
- TPS 3R Karangmiri
Komposisi sisa makanan = Timbulan sisa makanan/timbulan total
 $104944.97/225931.03 = 0.46 = 46,34\%$
- Total Komposisi
Komposisi sisa makanan = Timbulan sisa makanan/timbulan total
 $1160314.59/3240910.21 = 0.36 = 35.80\%$

LAMPIRAN III
PERHITUNGAN EMISI GAS RUMAH
KACA TPS 3R

PERHITUNGAN AKTIVITAS PENGUMPULAN TPS 3R

Nilai Kalor

Solar (HSD/ADO)	0.000036	TJ/liter
Bensin	0.000033	TJ/liter

Sumber: KLH, 2012

Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar (liter/minggu)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/tahun)	Konsumsi BBa (TJ/tahun)
TPS 3R Nitikan				
Kompaktor Truk (1)	Solar	15	780	0.028
Kompaktor Truk (2)	Solar	15	780	0.028
Motor Sampah (1)	Pertalite	10	520	0.017
Motor Sampah (2)	Pertalite	5	260	0.009
Motor Sampah (3)	Pertalite	2.5	130	0.004
Motor Sampah (4)	Pertalite	12	624	0.021
Motor Sampah (5)	Pertalite	3	156	0.005
Motor Sampah (6)	Pertalite	2.5	130	0.004
Motor Sampah (7)	Pertalite	3	156	0.005
Motor Sampah PJ (1)	Pertalite	10	520	0.017
Motor Sampah PJ (2)	Pertalite	10	520	0.017
Motor Sampah PJ (3)	Pertalite	10	520	0.017
TPS 3R Karangmiri				
Motor Sampah (1)	Pertalite	2.5	130	0.004

Contoh Perhitungan:

Diketahui:

Jenis Kendaraan = Motor Sampah PJ (1)
 Jenis BBM = Bensin (Pertalite)
 Konsumsi BBM = 10 liter/minggu x 52 minggu
 = 520 liter/minggu
 Nilai Kalor (Bensin) = 33×10^{-6} TJ/liter

Jawaban:

Konsumsi BBa = Konsumsi BBa (liter) x Nilai Kalor (TJ/liter)
 Konsumsi BBa = 520 liter/tahun x (33×10^{-6}) TJ/liter
 Konsumsi BBa = 0.017 TJ/tahun

Faktor Emisi Kendaraan

Jenis Bahan Bakar	Faktor Emisi (kg/TJ)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Solar (HSD/ADO)	74433	3.9	3.9
Bensin (RON 92/dgn katalis)	72600	25	8

Sumber: KLH, 2012

Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi BBa (TJ/tahun)	Emisi CO ₂ (kg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
TPS 3R Nitikan					
Kompaktor Truk (1)	Solar	0.028	2090.08	0.11	0.11
Kompaktor Truk (2)	Solar	0.028	2090.08	0.11	0.11
Motor Sampah (1)	Pertalite	0.017	1245.82	0.43	0.14
Motor Sampah (2)	Pertalite	0.009	622.91	0.21	0.07
Motor Sampah (3)	Pertalite	0.004	311.45	0.11	0.03
Motor Sampah (4)	Pertalite	0.021	1494.98	0.51	0.16
Motor Sampah (5)	Pertalite	0.005	373.74	0.13	0.04

Motor Sampah (6)	Pertalite	0.004	311.45	0.11	0.03
Motor Sampah (7)	Pertalite	0.005	373.74	0.13	0.04
Motor Sampah PJ (1)	Pertalite	0.017	1245.82	0.43	0.14
Motor Sampah PJ (2)	Pertalite	0.017	1245.82	0.43	0.14
Motor Sampah PJ (3)	Pertalite	0.017	1245.82	0.43	0.14
Total			12651.71	3.14	1.15
TPS 3R Karangmiri					
Motor Sampah (1)	Pertalite	0.004	311.45	0.11	0.03
Total			311.45	0.11	0.03

Contoh Perhitungan:

Diketahui:

Jenis Kendaraan = Motor Sampah PJ (1)

Jenis BBM = Bensin (Pertalite)

Faktor Emisi Bensin

FE CO₂ = 72600 kg/TJ

FE CH₄ = 25 kg/TJ

FE N₂O = 8 kg/TJ

Jawaban:

Emisi = Konsumsi BBa (TJ/tahun) x FE (kg/TJ)

Emisi CO₂ = 0.017 TJ/tahun x 72600 kg/TJ = 1245.82 kg/tahun

Emisi CH₄ = 0.017 TJ/tahun x 25 kg/TJ = 0.43 kg/tahun

Emisi N₂O = 0.017 TJ/tahun x 8 kg/TJ = 0.14 kg/tahun

Nama Fasilitas	kg/tahun		
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O
TPS 3R Nitikan	12651.71	3.14	1.15
TPS 3R Karangmiri	311.45	0.11	0.03

Nilai *Global Warming Potential* (GWP)

GWP (kg CO ₂ eq)			
CO ₂	CH ₄ (fosil)	CH ₄ (non fosil)	N ₂ O
1	29.8	27	273

Sumber: Sumber: AR6 IPCC, 2021

Nama Fasilitas	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O	
TPS 3R Nitikan	12651.71	93.46	314.64	13059.81
TPS 3R Karangmiri	311.45	3.20	9.37	324.02
Total	12963.16	96.66	324.01	13383.83

Contoh Perhitungan:

Diketahui:

Nama Fasilitas = TPS 3R Nitikan

Nilai GWP

Emisi CO₂ = 1 kg CO₂eq

Emisi CH₄ (fosil) = 29.8 kg CO₂eq

Emisi N₂O = 273 kg CO₂eq

Jawaban:

GWP = Emisi GRK (kg/tahun) x Nilai GWP (kg CO₂eq)

GWP CO₂ = 12776.288 kg/tahun x 1 kg CO₂eq = 12776.29 kg CO₂eq/tahun

GWP CH₄ = 3.179 kg/tahun x 29.8 kg CO₂eq = 94.74 kg CO₂eq/tahun

GWP N₂O = 1.166 kg/tahun x 273 kg CO₂eq = 318.39 kg CO₂eq/tahun

PERHITUNGAN AKTIVITAS PENGGUNAAN MESIN TPS 3R

Nilai Kalor

Solar (HSD/ADO)	0.000036	TJ/liter
Bensin	0.000033	TJ/liter

Sumber: KLH, 2012

Jenis Mesin	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar (liter/minggu)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/tahun)	Konsumsi BBa (TJ/tahun)
TPS 3R Nitikan				
Pemilah	Solar	30	1560	0.056
Mesin Pres	Solar	30	1560	0.056
Pencacah Kayu	Pertamax	5	260	0.009
Pencacah Daun	Solar	10	520	0.019
<i>Conveyor</i> PD	Pertamax	4	208	0.007
Pencacah Kompos	Solar	15	780	0.028
Pengayak	Pertamax	6	312	0.010
TPS 3R Karangmiri				
Pencacah Kompos	Solar	5	260	0.009

Jenis Mesin	Konsumsi Listrik (kWh/minggu)	Konsumsi Listrik (kWh/tahun)
<i>Conveyor Belt</i> (1)	54	2808
<i>Conveyor Belt</i> (2)	54	2808

Contoh Perhitungan Mesin BBM:

Diketahui:

Jenis Mesin = Pengayak
 Jenis BBM = Besin (Pertamax)
 Konsumsi BBM = 6 liter/minggu x 52 minggu
 = 312 liter/tahun
 Nilai Kalor (Bensin) = 33×10^{-6}

Jawaban:

Konsumsi BBa = Konsumsi BBa (liter) x Nilai Kalor (TJ/liter)
 Konsumsi BBa = 312 liter/tahun x (33×10^{-6}) TJ/liter
 Konsumsi BBa = 0.010 TJ/tahun

Contoh Perhitungan Mesin Listrik:

Jenis Mesin = *Conveyor Belt* (1)
 Konsumsi Listrik = 54 kWh/minggu x 52 minggu
 = 2808 kWh/tahun

Faktor Emisi Mesin

Jenis Bahan Bakar	Faktor Emisi (kg/TJ)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Solar (HSD/ADO)	74100	3	0.6
Bensin	69300	3	0.6

Sumber: KLH, 2012

Jenis Energi	Faktor Emisi (kg/kWh)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Listrik	0.774388897	0.00001594341	0.00000876813

Sumber: Ecometrica, 2011

Jenis Mesin	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi BBA (TJ/tahun)	Emisi CO ₂ (kg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
TPS 3R Nitikan					
Pemilah	Solar	0.056	4161.46	0.17	0.03
Mesin Pres	Solar	0.056	4161.46	0.17	0.03
Pencacah Kayu	Pertamax	0.009	594.59	0.03	0.01
Pencacah Daun	Solar	0.019	1387.15	0.06	0.01
Conveyor PD	Pertamax	0.007	475.68	0.02	0.004
Pencacah Kompos	Solar	0.028	2080.73	0.08	0.02
Pengayak	Pertamax	0.010	713.51	0.03	0.01
Total			13574.57	0.55	0.11
TPS 3R Karangmiri					
Pencacah Kompos	Solar	0.009	693.58	0.03	0.01
Total			693.58	0.03	0.01

Jenis Mesin	Konsumsi Listrik (kWh/tahun)	Emisi CO ₂ (kg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
TPS 3R Nitikan				
Conveyor Belt (1)	2808	2174.48	0.04	0.02
Conveyor Belt (2)	2808	2174.48	0.04	0.02
Total		4348.97	0.09	0.05

Contoh Perhitungan Mesin BBM:

Diketahui:

Jenis Mesin = Pengayak

Jenis BBM = Bensin (Pertamax)

Faktor Emisi Bensin

FE CO₂ = 69300 kg/TJ

FE CH₄ = 3 kg/TJ

$$FE \text{ N}_2\text{O} = 0.6 \text{ kg/TJ}$$

Jawaban:

$$\text{Emisi} = \text{Konsumsi BBa (TJ/tahun)} \times FE \text{ (kg/TJ)}$$

$$\text{Emisi CO}_2 = 0.010 \text{ TJ/tahun} \times 69300 \text{ kg/TJ} = 713.51 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Emisi CH}_4 = 0.010 \text{ TJ/tahun} \times 3 \text{ kg/TJ} = 0.03 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = 0.010 \text{ TJ/tahun} \times 0.6 \text{ kg/TJ} = 0.01 \text{ kg/tahun}$$

Contoh Perhitungan Mesin Listrik:

Diketahui:

Jenis Kendaraan = *Conveyor Belt* (1)

Faktor Emisi Bensin

$$FE \text{ CO}_2 = 0.774388897 \text{ kg/TJ}$$

$$FE \text{ CH}_4 = 0.00001594341 \text{ kg/TJ}$$

$$FE \text{ N}_2\text{O} = 0.00000876813 \text{ kg/TJ}$$

Jawaban:

$$\text{Emisi} = \text{Konsumsi Listrik (kWh/tahun)} \times FE \text{ (kg/kWh)}$$

$$\text{Emisi CO}_2 = 2808 \text{ kWh/tahun} \times 0.774388897 \text{ kg/kWh} = 2174.48 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Emisi CH}_4 = 2808 \text{ kWh/tahun} \times 0.00001594341 \text{ kg/kWh} = 0.04 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = 2808 \text{ kWh/tahun} \times 0.00000876813 \text{ kg/kWh} = 0.02 \text{ kg/tahun}$$

Rekap Hasil Emisi

Nama Fasilitas	kg/tahun		
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O
TPS 3R Nitikan	17923.54	0.64	0.16
TPS 3R Karangmiri	693.58	0.03	0.01

Nilai *Global Warming Potential* (GWP)

GWP (kg CO ₂ eq)			
CO ₂	CH ₄ (fossil)	CH ₄ (non fossil)	N ₂ O
1	29.8	27	273

Sumber: Sumber: AR6 IPCC, 2021

Nama Fasilitas	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O	
TPS 3R Nitikan	17923.54	19.19	43.72	17986.46
TPS 3R Karangmiri	693.58	0.84	1.53	695.95
Total	18617.12	20.03	45.26	18682.41

Contoh Perhitungan:

Diketahui:

Nama Fasilitas = TPS 3R Karangmiri

Nilai GWP

Emisi CO₂ = 1 kg CO₂eq

Emisi CH₄ (fosil) = 29.8 kg CO₂eq

Emisi N₂O = 273 kg CO₂eq

Jawaban:

GWP = Emisi GRK (kg/tahun) x Nilai GWP (kg CO₂eq)

GWP CO₂ = 693.58 kg/tahun x 1 kg CO₂eq = 693.58 kg CO₂eq/tahun

GWP CH₄ = 0.03 kg/tahun x 29.8 kg CO₂eq = 0.84 kg CO₂eq/tahun

GWP N₂O = 0.01 kg/tahun x 273 kg CO₂eq = 1.53 kg CO₂eq/tahun

PERHITUNGAN AKTIVITAS PENGOMPOSAN TPS 3R

Faktor Emisi Pengomposan

Jenis Pengolahan Biologi	Faktor Emisi (g/kg)	
	CH ₄	N ₂ O
Pengomposan	4	0.3

Sumber: KLH, 2012

Timbulan Kompos (Gg/tahun)	Emisi CH ₄ (Gg/tahun)	Emisi N ₂ O (Gg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
TPS 3R Nitikan				
0.026	0.0001	0.00001	105	7.88
TPS 3R Karangmiri				
0.003	0.00001	0.000001	10	0.75

Contoh Perhitungan TPS 3R Karangmiri:

Timbulan Kompos = 0.003

FE CH₄ = 4 g/kg

FE N₂O = 0.3 g/kg

Jawaban:

Emisi CH₄

Emisi CH₄ = M (Gg/tahun) x EF x 10⁻³ – R

Emisi CH₄ = 0.003 Gg/tahun x 4 g/kg x 10⁻³

Emisi CH₄ = 0.00001 Gg CH₄/tahun = 10 kg CH₄/tahun

Emisi N₂O

Emisi N₂O = M (Gg/tahun) x EF x 10⁻³

Emisi N₂O = 0.003 Gg/tahun x 0.3 x 10⁻³

Emisi N₂O = 0.000001 GgN₂O/tahun = 0.75 kg N₂O/tahun

Nilai DOCi

Komposisi Sampah	DOC (% berat basah)	
	Default	Range
Sisa Makanan	15	8 – 20
Kayu	43	39 – 46

Sumber: IPCC, 2006

Komposisi Sampah

Jenis Sampah	Komposisi Sampah Kota Yogyakarta	Komposisi Sampah Dikomposkan
Sisa Makanan	46.45%	0.995
Kayu & Ranting	0.25%	0.005

Contoh Perhitungan:

$$\text{Sisa Makanan} = 0.4645 / (0.4645 + 0.0025) = 0.99465$$

Jenis Sampah	Massa Sampah (Gg/tahun)	Komposisi Sampah (Wi)	Degradasi Organik Karbon (DOCi)	C HWP (Gg C/tahun)	Faktor Konversi	Emisi CO ₂ (kg/tahun)
TPS 3R Nitikan						
Sisa Makanan	0.026	0.995	0.15	0.004	3.67	0.014
Kayu & Jerami	0.026	0.005	0.43	0.0001	3.67	0.0002
Total						0.015
TPS 3R Karangmiri						
Sisa Makanan	0.001	0.001	0.001	0.0004	3.67	0.001
Kayu & Jerami	0.00002	0.00002	0.00002	0.00001	3.67	0.00002
Total						0.001

Nama Fasilitas	Emisi CO ₂ (Gg/tahun)	Emisi CO ₂ (kg/tahun)
TPS 3R Nitikan	0.015	14581.77
TPS 3R Karangmiri	0.001	1388.74

Contoh Perhitungan TPS 3R Karangmiri:

Sisa Makanan

$$\begin{aligned} C \text{ HWP} &= M \times W_i \times \text{DOC}_i \\ &= 0.003 \times 0.995 \times 0.15 = 0.0004 \text{ Gg C/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 &= (\text{Mr}/\text{Ar}) \times C \text{ HWP} \\ &= 44/12 \times 0.0004 \text{ Gg C/tahun} \\ &= 0.001 \text{ Gg CO}_2/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\text{Total Emisi} = 0.001 \text{ Gg CO}_2/\text{tahun} + 0.00002 \text{ Gg CO}_2/\text{tahun} = 0.001 \text{ Gg CO}_2/\text{tahun} = 1388.74 \text{ kg CO}_2/\text{tahun}$$

Kayu & Jerami

$$\begin{aligned} C \text{ HWP} &= M \times W_i \times \text{DOC}_i \\ &= 0.003 \times 0.005 \times 0.43 = 0.00001 \text{ Gg C/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 &= (\text{Mr}/\text{Ar}) \times C \text{ HWP} \\ &= 44/12 \times 0.00001 \text{ Gg C/tahun} \\ &= 0.00002 \text{ Gg CO}_2/\text{tahun} \end{aligned}$$

Rekap Hasil Emisi

Nama TPS 3R	Emisi CO ₂ (kg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
TPS 3R Nitikan	14581.77	105	7.88
TPS 3R Karangmiri	1388.74	10	0.75

Nilai *Global Warming Potential* (GWP)

GWP (kg CO ₂ eq)			
CO ₂	CH ₄ (fosil)	CH ₄ (non fosil)	N ₂ O
1	29.8	27	273

Sumber: Sumber: AR6 IPCC, 2021

Nama Fasilitas	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O	
TPS 3R Nitikan	14581.77	2835	2149.88	19566.65
TPS 3R Karangmiri	1388.74	270	204.75	1863.49
Total	15970.51	3105	2354.63	21430.14

Contoh Perhitungan:

Diketahui:

Nama Fasilitas = TPS 3R Karangmiri

Nilai GWP

Emisi CO₂ = 1 kg CO₂eq

Emisi CH₄ (non fosil) = 27 kg CO₂eq

Emisi N₂O = 273 kg CO₂eq

Jawaban:

GWP = Emisi GRK (kg/tahun) x Nilai GWP (kg CO₂eq)

GWP CO₂ = 1388.74 kg/tahun x 1 kg CO₂eq = 1388.74 kg CO₂eq/tahun

GWP CH₄ = 10 kg/tahun x 27 kg CO₂eq = 270 kg CO₂eq/tahun

GWP N₂O = 0.75 kg/tahun x 273 kg CO₂eq = 204.75 kg CO₂eq/tahun

PERHITUNGAN AKTIVITAS TPS 3R PENGANGKUTAN KE TPA

Nilai Kalor

Solar (HSD/ADO)	0.000036	TJ/liter
Bensin	0.000033	TJ/liter

Sumber: KLH, 2012

Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar (liter/minggu)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/tahun)	Konsumsi BBa (TJ/tahun)
TPS 3R Nitikan				
<i>Dump Truck</i>	Solar	75	3900	0.140
TPS 3R Karangmiri				
Motor Sampah (2)	Pertalite	2.5	130	0.004
<i>Dump Truck N</i>	Solar	25	1300	0.047

Diketahui:

Jenis Kendaraan = *Dump Truck N*
 Jenis BBM = Solar
 Konsumsi BBM = 25 liter/minggu x 52 minggu
 = 1300 liter/minggu
 Nilai Kalor (Bensin) = 36×10^{-6} TJ/liter

Jawaban:

Konsumsi BBa = Konsumsi BBa (liter) x Nilai Kalor (TJ/liter)
 Konsumsi BBa = 1300 liter/tahun x (36×10^{-6}) TJ/liter
 Konsumsi BBa = 0.140 TJ/tahun

Faktor Emisi Kendaraan

Jenis Bahan Bakar	Faktor Emisi (kg/TJ)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Solar (HSD/ADO)	74433	3.9	3.9
Bensin (RON 92/dgn katalis)	72600	25	8

Sumber: KLH, 2012

Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi BBA (TJ/tahun)	Emisi CO ₂ (kg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
TPS 3R Nitikan					
<i>Dump Truck</i>	Solar	0.140	10450.39	0.55	0.55
Total			10450.39	0.55	0.55
TPS 3R Karangmiri					
Motor Sampah (2)	Pertalite	0.004	311.45	0.11	0.03
<i>Dump Truck N</i>	Solar	0.047	3483.46	0.18	0.18
			3794.92	0.29	0.22

Contoh Perhitungan:

Diketahui:

Jenis Kendaraan = *Dump Truck N*

Jenis BBM = Solar

Faktor Emisi Bensin

FE CO₂ = 74433 kg/TJ

FE CH₄ = 3.9 kg/TJ

FE N₂O = 3.9 kg/TJ

Jawaban:

Emisi GRK = Konsumsi BBA (TJ/tahun) x FE (kg/TJ)

Emisi CO₂ = 0.140 TJ/tahun x 74433 kg/TJ = 10450.39 kg/tahun

Emisi CH₄ = 0.140 TJ/tahun x 3.9 kg/TJ = 0.55 kg/tahun

Emisi N₂O = 0.140 TJ/tahun x 3.9 kg/TJ = 0.55 kg/tahun

Nama Fasilitas	kg/tahun		
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O
TPS 3R Nitikan	10450.39	0.55	0.55
TPS 3R Karangmiri	3794.92	0.29	0.22

Nilai *Global Warming Potential* (GWP)

GWP (kg CO ₂ eq)			
CO ₂	CH ₄ (fossil)	CH ₄ (non fossil)	N ₂ O
1	29.8	27	273

Sumber: Sumber: AR6 IPCC, 2021

Nama Fasilitas	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O	
TPS 3R Nitikan	10450.39	16.32	149.48	10616.19
TPS 3R Karangmiri	3794.92	8.64	59.20	3862.75
Total	14245.31	24.95	208.68	14478.95

Contoh Perhitungan TPS 3R Karangmiri:

Emisi CO₂ = 1 kg CO₂eq

Emisi CH₄ (fossil) = 29.8 kg CO₂eq

Emisi N₂O = 273 kg CO₂eq

Jawaban:

GWP = Emisi GRK (kg/tahun) x Nilai GWP (kg CO₂eq)

GWP CO₂ = 3857.20920 kg/tahun x 1 kg CO₂eq = 3857.20920 kg CO₂eq/tahun

GWP CH₄ = 0.31122 kg/tahun x 29.8 kg CO₂eq = 9.27436 kg CO₂eq/tahun

GWP N₂O = 0.22370 kg/tahun x 273 kg CO₂eq = 61.07119 kg CO₂eq/tahun

PERHITUNGAN AKTIVITAS PENGEPUK TPS 3R

Pengambilan

Asumsi Konsumsi Bahan Bakar

Motor	21.5	km/liter bensin
Mobil	7.8	km/liter bensin
Truk	4.5	km/liter solar

Sumber: Kemenhub dalam Lestari, 2017

Aktivitas Pengambilan Pengepuk TPS 3R

Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Tujuan	Jarak PP (km)	Pengambilan (kali/bulan)	Jarak (km/bulan)
Pengepuk Nitikan					
Truk	Solar	Klaten	84	4	336
Pick Up	Bensin	Kec. Bantul, Bantul	24	4	96
Pick Up	Bensin	Kec. Piyungan, Bantul	24	4	96
Pengepuk Karangmiri					
Pick Up	Bensin	Kec. Mlati, Sleman	24	12	288
Truk	Solar	Kec. Berbah, Sleman	15	1	15
Pick Up	Bensin	Kec. Piyungan, Bantul	20	6	120
Pick Up	Bensin	Kec. Sewon, Bantul	13	6	78
Pick Up	Bensin	Kec. Pleret, Bantul	9	1	9

Contoh Perhitungan Pengepuk Nitikan:

Jenis Kendaraan = Truk

Jarak Pulang Pergi = 84 km

Jumlah Pengambilan = 4 kali/minggu

Jawab:

Jarak Tempuh = 84 km x 4 kali/minggu

Jarak Tempuh = 336 km/minggu

endaraan	Jarak (km/bulan)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/bulan)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/tahun)	Konsumsi BBa (TJ/tahun)
Pengepul Nitikan				
Truk	336	75	896	0.032
Pick Up	96	12	148	0.005
Pick Up	96	12	148	0.005
Pengepul Karangmiri				
Pick Up	288	37	443	0.015
Truk	15	3	40	0.001
Pick Up	120	15	185	0.006
Pick Up	78	10	120	0.004
Pick Up	9	1	14	0.0005

Contoh Perhitungan Pengepul Nitikan:

Diketahui:

Jenis Kendaraan = Truk

Jenis BBM = Solar

Jarak Tempuh = 336 km/bulan

Jawaban:

Konsumsi BBM = 336 km/bulan/4.5 km/liter

Faktor Emisi Kendaraan

Konsumsi BBM = 75 liter/bulan x 12 bulan

Konsumsi BBM = 896 liter/tahun

Konsumsi BBa = Konsumsi BBa (liter) x Nilai Kalor (TJ/liter)

Konsumsi BBa = 896 liter/tahun x (36 x 10⁻⁶) TJ/liter

Konsumsi BBa = 0.032 TJ/tahun

Jenis Bahan Bakar	Faktor Emisi (kg/TJ)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Solar (HSD/ADO)	74433	3.9	3.9
Bensin (RON 92/dgn katalis)	72600	25	8

Sumber: KLH, 2012

Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Energi (TJ/tahun)	Emisi CO ₂ (kg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
Pengepul Nitikan					
Truk	Solar	0.032	2400.91	0.13	0.13
Pick Up	Bensin	0.005	353.84	0.12	0.04
Pick Up	Bensin	0.005	353.84	0.12	0.04
Total			3108.59	0.37	0.20
Pengepul Karangmiri					
Pick Up	Bensin	0.015	1061.52	0.37	0.12
Truk	Solar	0.001	107.18	0.01	0.01
Pick Up	Bensin	0.006	442.30	0.15	0.05
Pick Up	Bensin	0.004	287.50	0.10	0.03
Total			1931.68	0.63	0.21

Contoh Perhitungan Pengepul Nitikan:

Diketahui:

Jenis Kendaraan = Truk

Jenis BBM = Solar

Faktor Emisi Bensin

FE CH₄ = 3.9 kg/TJ

FE CO₂ = 74433 kg/TJ

FE N₂O = 3.9 kg/TJ

Jawaban:

Emisi GRK = Konsumsi BBa (TJ/tahun) x EF (kg/TJ)

Emisi CO₂ = 0.032 TJ/tahun x 74433 kg/TJ = 2400.91 kg/tahun

Emisi CH₄ = 0.032 TJ/tahun x 3.9 kg/TJ = 0.13 kg/tahun

Emisi N₂O = 0.032 TJ/tahun x 3.9 kg/TJ = 0.13 kg/tahun

Rekap Hasil Emisi

Nama Pengepul	kg/tahun		
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O
Pengepul Nitikan	3108.59	0.37	0.20
Pengepul Karangmiri	1931.68	0.63	0.21

Nilai *Global Warming Potential* (GWP)

GWP (kg CO ₂ eq)			
CO ₂	CH ₄ (fosil)	CH ₄ (non fosil)	N ₂ O
1	29.8	27	273

Sumber: Sumber: AR6 IPCC, 2021

Nama Pengepul	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O	
Pengepul Nitikan	3108.59	11.01	55.63	3175.24
Pengepul Karangmiri	1931.68	18.89	56.42	2006.99
Total	5040.27	29.90	112.05	5182.22

Contoh Perhitungan:

Diketahui:

Nama Pengepul = Pengepul Nitikan

Emisi CO₂ = 1 kg CO₂eq

Emisi CH₄ (fossil) = 29.8 kg CO₂eq

Emisi N₂O = 273 kg CO₂eq

Jawaban:

$GWP = \text{Emisi GRK (kg/tahun)} \times \text{Nilai GWP (kg CO}_2\text{eq)}$

$GWP \text{ CO}_2 = 3108.59 \text{ kg CO}_2\text{/tahun} \times 1 \text{ kg CO}_2\text{eq} = 3108.59 \text{ kg CO}_2\text{eq/tahun}$

$GWP \text{ CH}_4 = 0.37 \text{ kg CH}_4\text{/tahun} \times 29.8 \text{ kg CO}_2\text{eq} = 11.01 \text{ kg CO}_2\text{eq/tahun}$

$GWP \text{ N}_2\text{O} = 0.21 \text{ kg N}_2\text{O/tahun} \times 273 \text{ kg CO}_2\text{eq} = 55.63 \text{ kg CO}_2\text{eq/tahun}$

D. Total Emisi Aktivitas Pengepul TPS 3R

Aktivitas	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)		
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O
TPS 3R Nitikan			
Pengambilan	1931.68	18.89	56.42
Pengiriman	3108.59	11.01	55.63
Total	3113.23	11.06	55.77
TPS 3R Karangmiri			
Pengambilan	-	-	-
Pengiriman	1931.68	18.89	56.42
Total	1931.68	18.89	56.42

PERHITUNGAN TOTAL EMISI AKTIVITAS TPS 3R

Total Emisi Tiap TPS 3R

Aktivitas	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O	
TPS 3R Nitikan				
Pengumpulan	12651.71	93.46	314.64	13059.81
Penggunaan Mesin	17923.54	19.19	43.72	17986.46
Pengomposan	14581.77	2835.00	2149.88	19566.65
Pengangkutan TPA	10450.39	16.32	149.48	10616.19
Pengepul TPS 3R	3113.23	11.06	55.77	3180.06
Total	58720.64	2975.03	2713.49	64409.17
TPS 3R Karangmiri				
Pengumpulan	311.45	3.20	9.37	311.45
Penggunaan Mesin	693.58	0.84	1.53	693.58
Pengomposan	1388.74	270.00	204.75	1388.74
Pengangkutan TPA	3794.92	8.64	59.20	3794.92
Pengepul TPS 3R	1931.68	18.89	56.42	1931.68
Total	8120.37	301.56	331.27	8120.37

Total Emisi Tiap Aktivitas TPS 3R

Aktivitas	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi CO ₂	
Pengumpulan	12963.16	96.66	324.01	13383.83
Penggunaan Mesin	18617.12	20.03	45.26	18682.41
Pengomposan	15970.51	3105.00	2354.63	21430.14
Pengangkutan TPA	14245.31	24.95	208.68	14478.95
Pengepul TPS 3R	5044.91	29.95	112.19	5187.04
Total	66841.01	3276.59	3044.76	73162.36

LAMPIRAN IV
PERHITUNGAN EMISI GAS RUMAH
KACA PENGEPUK KOTA

PERHITUNGAN AKTIVITAS PENGEPUL KOTA

A. Pengambilan

Asumsi Konsumsi Bahan Bakar

Motor	21.5	km/liter bensin
Mobil	7.8	km/liter bensin
Truk	4.5	km/liter solar

Sumber: Kemenhub dalam Lestari, 2017

Aktivitas Pengambilan Pengepul Kota

Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Tujuan	Jarak PP (km)	Pengambilan (kali/bulan)	Jarak (km/bulan)
Pengepul 1 (Bu Rofi)					
Pick Up	Bensin	Yogyakarta	12	48	576
Pengepul 2 (Bu Wiwit)					
Truk	Solar	Kulonprogo	54	5	270
Pick Up	Bensin	Bantul	24	5	120
Pick Up	Bensin	Sleman	22	5	110
Pick Up	Bensin	Yogyakarta	4	10	40
Pengepul 3 (Pak Wasono)					
Pick Up	Bensin	Yogyakarta	10	48	480
Pengepul 4 (Pak Makrub)					
Pick Up	Bensin	Yogyakarta	5	48	240
Pengepul 5 (Pak Sriyono)					
Motor	Bensin	Yogyakarta	5	60	300

Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Tujuan	Jarak PP (km)	Pengambilan (kali/bulan)	Jarak (km/bulan)
Mobil	Bensin	Yogyakarta	5	18	90
Pick Up	Bensin	Yogyakarta	5	32	160
Pengepul 6 (Pak Tata)					
Pick Up	Bensin	Yogyakarta	6	24	144
Pengepul 7 (Bu Fitri)					
Pick Up	Bensin	Yogyakarta	10	8	80
Pengepul 8 (Pak Gimani)					
Motor	Bensin	Yogyakarta	9	16	144
Mobil	Bensin	Yogyakarta	9	6	54
Pick Up	Bensin	Yogyakarta	9	8	72
Pengepul 9 (Pak Babang)					
Pick Up	Bensin	Kec. Pakualaman, Yogyakarta	5	2	10
Motor	Bensin	Kec. Mantrirejon, Yogyakarta	4	8	32
Motor	Bensin	Kec. Kraton, Yogyakarta	2	24	48
Pengepul 10 (Pak Sugeng)					
Motor Roda 3	Bensin	Yogyakarta	8	32	256
Pengepul 11 (Pak Nardi)					
Pick Up	Bensin	Yogyakarta	8	1	8
Motor	Bensin	Yogyakarta	8	16	128
Pengepul 12 (Bu Lina)					
Motor Roda 3	Bensin	Yogyakarta	11	16	176
Pengepul 13 (Pak Sudaryanto)					

Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Tujuan	Jarak PP (km)	Pengambilan (kali/bulan)	Jarak (km/bulan)
Motor	Bensin	Kec. Jetis, Yogyakarta	3	24	72
Pengepul 14 (Bu Fatonah)					
Motor	Bensin	Kec. Mantrijeron, Yogyakarta	2	24	48

Contoh Perhitungan Pengepul 14:

Diketahui:

Jenis Kendaraan = Motor

Jarak Pulang Pergi = 2 km

Jumlah Pengambilan = 24 kali/minggu

Jawab:

Jarak Tempuh = 2 km x 24 kali/minggu

Jarak Tempuh = 48 km/minggu

Kendaraan	Jarak (km/bulan)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/bulan)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/tahun)	Konsumsi BBa (TJ/tahun)
Pengepul 1 (Bu Rofi)				
Pick Up	576	73.846	886.154	0.02924
Pengepul 2 (Bu Wiwit)				
Truk	270	60.000	720.000	0.02592
Pick Up	120	15.385	184.615	0.00609
Pick Up	110	14.103	169.231	0.00558
Pick Up	40	5.128	61.538	0.00203
Pengepul 3 (Pak Wasono)				
Pick Up	480	61.538	738.462	0.02437

Kendaraan	Jarak (km/bulan)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/bulan)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/tahun)	Konsumsi BBA (TJ/tahun)
Pengepul 4 (Pak Makrub)				
Pick Up	240	30.769	369.231	0.01218
Pengepul 5 (Pak Sriyono)				
Motor	300	13.953	167.442	0.00553
Mobil	90	11.538	138.462	0.00457
Pick Up	160	20.513	246.154	0.00812
Pengepul 6 (Pak Tata)				
Pick Up	144	18.462	221.538	0.00731
Pengepul 7 (Bu Fitri)				
Pick Up	80	10.256	123.077	0.00406
Pengepul 8 (Pak Gimam)				
Motor	144	6.698	80.372	0.00265
Mobil	54	6.923	83.077	0.00274
Pick Up	72	9.231	110.769	0.00366
Pengepul 9 (Pak Babang)				
Pick Up	10	1.282	15.385	0.00051
Motor	32	1.488	17.860	0.00059
Motor	48	2.233	26.791	0.00088
Pengepul 10 (Pak Sugeng)				
Motor Roda 3	256	11.907	142.884	0.00472
Pengepul 11 (Pak Nardi)				
Pick Up	8	1.026	12.308	0.00041
Motor	128	5.953	71.442	0.00236

Kendaraan	Jarak (km/bulan)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/bulan)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/tahun)	Konsumsi BBa (TJ/tahun)
Pengepul 12 (Bu Lina)				
Motor Roda 3	176	8.186	98.233	0.00324
Pengepul 13 (Pak Sudaryanto)				
Motor	72	3.349	40.186	0.00133
Pengepul 14 (Bu Fatonah)				
Motor	48	2.233	26.791	0.00088

Contoh Perhitungan Pengepul 14:

Diketahui:

Jenis Kendaraan = Motor

Jenis BBM = Bensin

Jarak Tempuh = 48 km/bulan

Jawaban:

Konsumsi BBM = 48 km/bulan/21.5 km/liter

Konsumsi BBM = 2.233 liter/bulan x 12 bulan

Konsumsi BBM = 26.791 liter/tahun

Konsumsi BBa = Konsumsi BBa (liter) x Nilai Kalor (TJ/liter)

Konsumsi BBa = 26.791 liter/tahun x (33 x 10⁻⁶) TJ/liter

Konsumsi BBa = 0.00088 TJ/tahun

Faktor Emisi Kendaraan

Jenis Bahan Bakar	Faktor Emisi (kg/TJ)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Solar (HSD/ADO)	74433	3.9	3.9
Bensin (RON 92/dgn katalis)	72600	25	8

Sumber: KLH, 2012

Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Energi (TJ/tahun)	Emisi CO ₂ (kg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
Pengepul 1 (Bu Rofi)					
Pick Up	Bensin	0.02924	2123.04738	0.73108	0.23394
Total			2123.04738	0.73108	0.23394
Pengepul 2 (Bu Wiwit)					
Truk	Solar	0.02592	1929.30336	0.10109	0.10109
Pick Up	Bensin	0.00609	442.30154	0.15231	0.04874
Pick Up	Bensin	0.00558	405.44308	0.13962	0.04468
Pick Up	Bensin	0.00203	147.43385	0.05077	0.01625
Total			2924.48182	0.44378	0.21075
Pengepul 3 (Pak Wasono)					
Pick Up	Bensin	0.02437	1769.20615	0.60923	0.19495
Total			1769.20615	0.60923	0.19495
Pengepul 4 (Pak Makrub)					
Pick Up	Bensin	0.01218	884.60308	0.30462	0.09748
Total			884.60308	0.30462	0.09748
Pengepul 5 (Pak Sriyono)					
Motor	Bensin	0.00553	401.15721	0.13814	0.04420
Mobil	Bensin	0.00457	331.72615	0.11423	0.03655
Pick Up	Bensin	0.00812	589.73538	0.20308	0.06498
Total			1322.61875	0.45545	0.14574
Pengepul 6 (Pak Tata)					
Pick Up	Bensin	0.00731	530.76185	0.18277	0.05849
Total			530.76185	0.18277	0.05849

Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Energi (TJ/tahun)	Emisi CO ₂ (kg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
Pengepul 7 (Bu Fitri)					
Pick Up	Bensin	0.00406	294.86769	0.10154	0.03249
Total			294.86769	0.10154	0.03249
Pengepul 8 (Pak Gimán)					
Motor	Bensin	0.00265	192.55546	0.06631	0.02122
Mobil	Bensin	0.00274	199.03569	0.06854	0.02193
Pick Up	Bensin	0.00366	265.38092	0.09138	0.02924
Total			656.97208	0.22623	0.07239
Pengepul 9 (Pak Babang)					
Pick Up	Bensin	0.00051	36.85846	0.01269	0.00406
Motor	Bensin	0.00059	42.79010	0.01473	0.00472
Motor	Bensin	0.00088	64.18515	0.02210	0.00707
Total			143.83372	0.04953	0.01585
Pengepul 10 (Pak Sugeng)					
Motor Roda 3	Bensin	0.00472	342.32082	0.11788	0.03772
Total			342.32082	0.11788	0.03772
Pengepul 11 (Pak Nardi)					
Pick Up	Bensin	0.00041	29.48677	0.01015	0.00325
Motor	Bensin	0.00236	171.16041	0.05894	0.01886
Total			200.64718	0.06909	0.02211
Pengepul 12 (Bu Lina)					
Motor Roda 3	Bensin	0.00324	235.34556	0.08104	0.02593
Total			235.34556	0.08104	0.02593

Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Energi (TJ/tahun)	Emisi CO ₂ (kg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
Pengepul 13 (Pak Sudaryanto)					
Motor	Bensin	0.00133	96.27773	0.03315	0.01061
Total			96.27773	0.03315	0.01061
Pengepul 14 (Bu Fatonah)					
Motor	Bensin	0.00088	64.18515	0.02210	0.00707
Total			64.18515	0.02210	0.00707

Contoh Perhitungan Pengepul 14:

Diketahui:

Jenis Kendaraan = Motor

Jenis BBM = Bensin

Faktor Emisi Bensin

FE CH₄ = 25 kg/TJ

FE N₂O = 8 kg/TJ

Jawaban:

Emisi GRK = Konsumsi BBa (TJ/tahun) x EF (kg/TJ)

FE CO₂ = 72600 kg/TJ

Emisi CO₂ = 0.00088 TJ/tahun x 72600 kg/TJ = 64.18515 kg/tahun

Emisi CH₄ = 0.00088 TJ/tahun x 25 kg/TJ = 0.02210 kg/tahun

Emisi N₂O = 0.00088 TJ/tahun x 8 kg/TJ = 0.00707 kg/tahun

Rekap Hasil Emisi

Kelompok	Nama Pengepul	kg/tahun		
		Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O
Besar	Bu Rofi	2123.04738	0.73108	0.23394
	Bu Wiwit	2924.48182	0.44378	0.21075
	Pak Wasono	1769.20615	0.60923	0.19495
	Pak Makrub	884.60308	0.30462	0.09748
	Pak Sriyono	1322.61875	0.45545	0.14574

Kelompok	Nama Pengepul	kg/tahun		
		Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O
Sedang	Pak Tata	530.76185	0.18277	0.05849
	Bu Fitri	294.86769	0.10154	0.03249
	Pak Gimán	656.97208	0.22623	0.07239
	Pak Babang	143.83372	0.04953	0.01585
	Pak Sugeng	342.32082	0.11788	0.03772
Kecil	Pak Nardi	200.64718	0.06909	0.02211
	Bu Lina	235.34556	0.08104	0.02593
	Pak Sudaryanto	96.27773	0.03315	0.01061
	Bu Fatonah	64.18515	0.02210	0.00707

Nilai *Global Warming Potential* (GWP)

GWP (kg CO ₂ eq)			
CO ₂	CH ₄ (fosil)	CH ₄ (non fosil)	N ₂ O
1	29.8	27	273

Sumber: Sumber: AR6 IPCC, 2021

Kelompok	Nama Pengepul	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
		Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O	
Besar	Bu Rofi	2123.04738	21.78609	63.86688	2208.70036
	Bu Wiwit	2924.48182	13.22465	57.53462	2995.24110
	Pak Wasono	1769.20615	18.15508	53.22240	1840.58363
	Pak Makrub	884.60308	9.07754	26.61120	920.29182
	Pak Sriyono	1322.61875	13.57233	39.78787	1375.97894

Kelompok	Nama Pengepul	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
		Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O	
Sedang	Pak Tata	530.76185	5.44652	15.96672	552.17509
	Bu Fitri	294.86769	3.02585	8.87040	306.76394
	Pak Gimán	656.97208	6.74166	19.76346	683.47719
	Pak Babang	143.83372	1.47598	4.32690	149.63660
	Pak Sugeng	342.32082	3.51280	10.29792	356.13153
Kecil	Pak Nardi	200.64718	2.05898	6.03600	208.74216
	Bu Lina	235.34556	2.41505	7.07982	244.84043
	Pak Sudaryanto	96.27773	0.98797	2.89629	100.16199
	Bu Fatonah	64.18515	0.65865	1.93086	66.77466
Total		11589.16896	102.13914	318.19133	12009.49943

Contoh Perhitungan:

Diketahui:

Nama Pengepul = Pengepul 14 (Bu Fatonah)

Nilai GWP

Emisi CO₂ = 1 kg CO₂eq

Emisi CH₄ (fosil) = 29.8 kg CO₂eq

Emisi N₂O = 273 kg CO₂eq

Jawaban:

GWP = Emisi GRK (kg/tahun) x Nilai GWP (kg CO₂eq)

GWP CO₂ = 64.18515 kg CO₂/tahun x 1 kg CO₂eq = 64.18515 kg CO₂eq/tahun

GWP CH₄ = 0.02210 kg CH₄/tahun x 29.8 kg CO₂eq = 0.65865 kg CO₂eq/tahun

GWP N₂O = 0.00707 kg/tahun x 273 kg CO₂eq = 1.93086 kg CO₂eq/tahun

B. Pengiriman

Asumsi Konsumsi Bahan Bakar

Motor	21.5	km/liter bensin
Mobil	7.8	km/liter bensin
Truk	4.5	km/liter solar

Sumber: Kemenhub, 2010 & Lestari, 2017

Aktivitas Pengiriman Pengepul Kota

Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Tujuan	Jarak PP (km)	Pengambilan (kali/bulan)	Jarak (km/bulan)
Pengepul 1 (Bu Rofi)					
Truk	Solar	Solo	124	12	1488
Truk	Solar	Boyolali	142	16	2272
Truk	Solar	Surabaya	652	8	5216
Truk	Solar	Sleman	24	8	192
Pengepul 2 (Bu Wiwit)					
Truk	Solar	Tulungagung	456	4	1824
Truk	Solar	Nganjuk	418	4	1672
Pick Up	Bensin	Sleman	22	4	88
Pengepul 3 (Pak Wasono)					
Truk	Solar	Klaten	94	2	188
Pick Up	Bensin	Kec. Kretek, Bantul	58	4	232
Pick Up	Bensin	Kec. Sewon, Bantul	6	1	6
Pick Up	Bensin	Kec. Mlati, Sleman	15	24	360

Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Tujuan	Jarak PP (km)	Pengambilan (kali/bulan)	Jarak (km/bulan)
Pengepul 4 (Pak Makrub)					
Truk	Solar	Tangerang	1150	4	4600
Truk	Solar	Surabaya	654	4	2616
Truk	Solar	Sidoarjo	626	4	2504
Pengepul 5 (Pak Sriyono)					
Truk	Solar	Klaten	74	2	148
Pick Up	Bensin	Kec. Depok, Sleman	13	4	52
Pengepul 6 (Pak Tata)					
Pick Up	Bensin	Bantul	24	2	48
Pick Up	Bensin	Sleman	20	2	40
Pengepul 7 (Bu Fitri)					
Pick Up	Bensin	Kec. Sewon, Bantul	10	4	40
Pick Up	Bensin	Kec. Berbah, Sleman	16	1	16
Truk	Solar	Boyolali	144	4	576
Pengepul 8 (Pak Gimán)					
Pick Up	Bensin	Pati	342	1	342
Pick Up	Bensin	Kec. Jetis, Bantul	22	12	264
Pick Up	Bensin	Kec. Pleret, Bantul	16	4	64
Truk	Solar	Kec. Umbulharjo, Yogyakarta	4	2	8
Pengepul 9 (Pak Babang)					
Motor	Bensin	Kec. Kasihan, Bantul	11	24	264
Motor	Bensin	Kec. Gondokusuman, Yogyakarta	10	12	120

Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Tujuan	Jarak PP (km)	Pengambilan (kali/bulan)	Jarak (km/bulan)
Pick Up	Bensin	Kec. Depok, Sleman	20	8	160
Pengepul 10 (Pak Sugeng)					
Motor Roda 3	Bensin	Kec. Kasihan, Bantul	8	4	32
Pengepul 11 (Pak Nardi)					
Pick Up	Bensin	Kec. Godean, Sleman	20	2	40
Pengepul 12 (Bu Lina)					
Truk	Solar	Kec. Pleret, Bantul	14	4	56
Pengepul 13 (Pak Sudaryanto)					
Motor	Bensin	Kec. Mlati, Sleman	6	12	72
Motor	Bensin	Kec. Gamping, Sleman	15	6	90
Pengepul 14 (Bu Fatonah)					
Motor	Bensin	Kec. Sewon, Bantul	6	12	72

Contoh Perhitungan Pengepul 14:

Diketahui:

Jenis Kendaraan = Motor

Jarak Pulang Pergi = 6 km

Jumlah Pengambilan = 12 kali/minggu

Jawab:

Jarak Tempuh = 6 km x 12 kali/minggu

Jarak Tempuh = 72 km/minggu

Kendaraan	Jarak (km/bulan)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/bulan)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/tahun)	Konsumsi BBa (TJ/tahun)
Pengepul 1 (Bu Rofi)				
Truk	1488	330.667	3968.000	0.14285
Truk	2272	504.889	6058.667	0.21811
Truk	5216	1159.111	13909.333	0.50074
Truk	192	42.667	512.000	0.01843
Pengepul 2 (Bu Wiwit)				
Truk	1824	405.333	4864.000	0.17510
Truk	1672	371.556	4458.667	0.16051
Pick Up	88	11.282	135.385	0.00447
Pengepul 3 (Pak Wasono)				
Truk	Solar	Klaten	94	2
Pick Up	188	41.778	501.333	0.01805
Pick Up	232	29.744	356.923	0.01178
Pick Up	6	0.769	9.231	0.00030
Pengepul 4 (Pak Makrub)				
Truk	4600	1022.222	12266.667	0.44160
Truk	2616	581.333	6976.000	0.25114

Kendaraan	Jarak (km/bulan)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/bulan)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/tahun)	Konsumsi BBa (TJ/tahun)
Truk	2504	556.444	6677.333	0.24038
Pengepul 5 (Pak Sriyono)				
Truk	148	32.889	394.667	0.01421
Pick Up	52	6.667	80.000	0.00264
Pengepul 6 (Pak Tata)				
Pick Up	48	6.154	73.846	0.00244
Pick Up	40	5.128	61.538	0.00203
Pengepul 7 (Bu Fitri)				
Pick Up	40	5.128	61.538	0.00203
Pick Up	16	2.051	24.615	0.00081
Truk	576	128.000	1536.000	0.05530
Pengepul 8 (Pak Gimán)				
Pick Up	342	43.846	526.154	0.01736
Pick Up	264	33.846	406.154	0.01340
Pick Up	64	8.205	98.462	0.00325
Truk	8	1.778	21.333	0.00077

Kendaraan	Jarak (km/bulan)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/bulan)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/tahun)	Konsumsi BBA (TJ/tahun)
Pengepul 9 (Pak Babang)				
Motor	264	12.279	147.349	0.00486
Motor	120	5.581	66.977	0.00221
Pick Up	160	20.513	246.154	0.00812
Pengepul 10 (Pak Sugeng)				
Motor Roda 3	32	1.488	17.860	0.00059
Pengepul 11 (Pak Nardi)				
Pick Up	40	5.128	61.538	0.00203
Pengepul 12 (Bu Lina)				
Truk	56	12.444	149.333	0.00538
Pengepul 13 (Pak Sudaryanto)				
Motor	72	3.349	40.186	0.00133
Motor	90	4.186	50.233	0.00166
Pengepul 14 (Bu Fatonah)				
Motor	72	3.349	40.186	0.00133

Contoh Perhitungan Pengepul 14:

Diketahui:

Jenis Kendaraan = Motor

Jenis BBM = Bensin

Jarak Tempuh = 72 km/bulan

Jawaban:

Konsumsi BBM = 72 km/bulan/21.5 km/liter

Konsumsi BBM = 3.349 liter/bulan x 12 bulan

Konsumsi BBM = 40.186 liter/tahun

Konsumsi BBa = Konsumsi BBa (liter) x Nilai Kalor (TJ/liter)

Konsumsi BBa = 40.186 liter/tahun x (33 x 10⁻⁶) TJ/liter

Konsumsi BBa = 0.00133TJ/tahun

Faktor Emisi Kendaraan

Jenis Bahan Bakar	Faktor Emisi (kg/TJ)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Solar (HSD/ADO)	74433	3.9	3.9
Bensin (RON 92/dgn katalis)	72600	25	8

Sumber: KLH, 2012

Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Energi (TJ/tahun)	Emisi CO ₂ (kg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
Pengepul 1 (Bu Rofi)					
Truk	Solar	0.14285	10632.60518	0.55711	0.55711
Truk	Solar	0.21811	16234.73050	0.85064	0.85064
Truk	Solar	0.50074	37271.28269	1.95287	1.95287
Truk	Solar	0.01843	1371.94906	0.07188	0.07188
Total			65510.56742	3.43250	3.43250
Pengepul 2 (Bu Wiwit)					
Truk	Solar	0.17510	13033.51603	0.68291	0.68291

Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Energi (TJ/tahun)	Emisi CO ₂ (kg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
Truk	Solar	0.16051	11947.38970	0.62600	0.62600
Pick Up	Bensin	0.00447	324.35446	0.11169	0.03574
Total			25305.26019	1.42059	1.34464
Pengepul 3 (Pak Wasono)					
Truk	Solar	0.01805	1343.36678	0.07039	0.07039
Pick Up	Bensin	0.01178	855.11631	0.29446	0.09423
Pick Up	Bensin	0.00030	22.11508	0.00762	0.00244
Pick Up	Bensin	0.01828	1326.90462	0.45692	0.14622
Total			3547.50278	0.82939	0.31327
Pengepul 4 (Pak Makrub)					
Truk	Solar	0.44160	32869.61280	1.72224	1.72224
Truk	Solar	0.25114	18692.80589	0.97943	0.97943
Truk	Solar	0.24038	17892.50227	0.93750	0.93750
Total			69454.92096	3.63917	3.63917
Pengepul 5 (Pak Sriyono)					
Truk	Solar	0.01421	1057.54406	0.05541	0.05541
Pick Up	Bensin	0.00264	191.66400	0.06600	0.02112

Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Energi (TJ/tahun)	Emisi CO ₂ (kg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
Total			1249.20806	0.12141	0.07653
Pengepul 6 (Pak Tata)					
Pick Up	Bensin	0.00244	176.92062	0.06092	0.01950
Pick Up	Bensin	0.00203	147.43385	0.05077	0.01625
Total			324.35446	0.11169	0.03574
Pengepul 7 (Bu Fitri)					
Pick Up	Bensin	0.00203	147.43385	0.05077	0.01625
Pick Up	Bensin	0.00081	58.97354	0.02031	0.00650
Truk	Solar	0.05530	604.62498	0.03168	0.03168
Total			811.03237	0.10276	0.05442
Pengepul 8 (Pak Gimán)					
Pick Up	Bensin	0.01736	1260.55938	0.43408	0.13890
Pick Up	Bensin	0.01340	973.06338	0.33508	0.10722
Pick Up	Bensin	0.00325	235.89415	0.08123	0.02599
Truk	Solar	0.00077	57.16454	0.00300	0.00300
Total			2526.68147	0.85338	0.27512
Pengepul 9 (Pak Babang)					

Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Energi (TJ/tahun)	Emisi CO ₂ (kg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
Motor	Bensin	0.00486	353.01834	0.12156	0.03890
Motor	Bensin	0.00221	160.46288	0.05526	0.01768
Pick Up	Bensin	0.00812	589.73538	0.20308	0.06498
Total			1103.21661	0.37990	0.12157
Pengepul 10 (Pak Sugeng)					
Motor Roda 3	Bensin	0.00059	42.79010	0.01473	0.00472
Total			42.79010	0.01473	0.00472
Pengepul 11 (Pak Nardi)					
Pick Up	Bensin	0.00203	147.43385	0.05077	0.01625
Total			147.43385	0.05077	0.01625
Pengepul 12 (Bu Lina)					
Truk	Solar	0.00538	400.15181	0.02097	0.02097
Total			400.15181	0.02097	0.02097
Pengepul 13 (Pak Sudaryanto)					
Motor	Bensin	0.00133	96.27773	0.03315	0.01061
Motor	Bensin	0.00166	120.34716	0.04144	0.01326
Total			216.62489	0.07460	0.02387

Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Energi (TJ/tahun)	Emisi CO ₂ (kg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
Pengepul 14 (Bu Fatonah)					
Motor	Bensin	0.00133	96.27773	0.03315	0.01061
Total			96.27773	0.03315	0.01061

Contoh Perhitungan Pengepul 14:

Diketahui:

Jenis Kendaraan = Motor

Jenis BBM = Bensin

Faktor Emisi Bensin

FE CH₄ = 25 kg/TJ

FE N₂O = 8 kg/TJ

Jawaban:

Emisi GRK = Konsumsi BBa (TJ/tahun) x EF (kg/TJ)

FE CO₂ = 72600 kg/TJ

Emisi CO₂ = 0.00133 TJ/tahun x 72600 kg/TJ = 96.27773 kg/tahun

Emisi CH₄ = 0.00133 TJ/tahun x 25 kg/TJ = 0.03315 kg/tahun

Emisi N₂O = 0.00133 TJ/tahun x 8 kg/TJ = 0.01061 kg/tahun

Rekap Hasil Emisi

Kelompok	Nama Pengepul	kg/tahun		
		Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O
Besar	Bu Rofi	65510.56742	3.43250	3.43250
	Bu Wiwit	25305.26019	1.42059	1.34464
	Pak Wasono	3547.50278	0.82939	0.31327
	Pak Makrub	69454.92096	3.63917	3.63917
	Pak Sriyono	1249.20806	0.12141	0.07653

Kelompok	Nama Pengepul	kg/tahun	Kelompok	Nama Pengepul
Sedang	Pak Tata	324.35446	0.11169	0.03574
	Bu Fitri	811.03237	0.10276	0.05442
	Pak Gimán	2526.68147	0.85338	0.27512
	Pak Babang	1103.21661	0.37990	0.12157
	Pak Sugeng	42.79010	0.01473	0.00472
Kecil	Pak Nardi	147.43385	0.05077	0.01625
	Bu Lina	400.15181	0.02097	0.02097
	Pak Sudaryanto	216.62489	0.07460	0.02387
	Bu Fatonah	96.27773	0.03315	0.01061

Nilai *Global Warming Potential* (GWP)

GWP (kg CO ₂ eq)			
CO ₂	CH ₄ (fosil)	CH ₄ (non fosil)	N ₂ O
1	29.8	27	273

Sumber: Sumber: AR6 IPCC, 2021

Kelompok	Nama Pengepul	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
		Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O	
Besar	Bu Rofi	65510.56742	102.28848	937.07228	66549.92818
	Bu Wiwit	25305.26019	42.33372	367.08780	25714.68171
	Pak Wasono	3547.50278	24.71574	85.52195	3657.74047
	Pak Makrub	69454.92096	108.44721	993.49286	70556.86103
	Pak Sriyono	1249.20806	3.61805	20.89302	1273.71914

Kelompok	Nama Pengepul	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
		Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi CO ₂	
Sedang	Pak Tata	324.35446	3.32843	9.75744	337.44033
	Bu Fitri	811.03237	3.06216	14.85792	828.95245
	Pak Gimán	2526.68147	25.43072	75.10729	2627.21948
	Pak Babang	1103.21661	11.32089	33.18767	1147.72517
	Pak Sugeng	42.79010	0.43910	1.28724	44.51644
Kecil	Pak Nardi	147.43385	1.51292	4.43520	153.38197
	Bu Lina	400.15181	0.62480	5.72383	406.50043
	Pak Sudaryanto	216.62489	2.22294	6.51665	225.36448
	Bu Fatonah	96.27773	0.98797	2.89629	100.16199
Total		170736.0227	330.3331262	2557.837432	173624.1933

Contoh Perhitungan:

Diketahui:

Nama Pengepul = Pengepul 14 (Bu Fatonah)

Nilai GWP

Emisi CO₂ = 1 kg CO₂eq

Emisi CH₄ (fosil) = 29.8 kg CO₂eq

Emisi N₂O = 273 kg CO₂eq

Jawaban:

GWP = Emisi GRK (kg/tahun) x Nilai GWP (kg CO₂eq)

GWP CO₂ = 96.27773 kg CO₂/tahun x 1 kg CO₂eq = 96.27773 kg CO₂eq/tahun

GWP CH₄ = 0.03315 kg CH₄/tahun x 29.8 kg CO₂eq = 0.98797 kg CO₂eq/tahun

GWP N₂O = 0.01061 kg/tahun x 273 kg CO₂eq = 2.89629 kg CO₂eq/tahun

C. Total Emisi Aktivitas Pengepul

Kelompok	Nama Pengepul	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
		Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O	
Besar	Bu Rofi	67633.61481	124.07457	1000.93916	68758.62854
	Bu Wiwit	28229.74201	55.55838	424.62242	28709.92281
	Pak Wasono	5316.70894	42.87082	138.74435	5498.32410
	Pak Makrub	70339.52404	117.52474	1020.10406	71477.15285
	Pak Sriyono	2571.82681	17.19038	60.68089	2649.69808
Sedang	Pak Tata	855.11631	8.77495	25.72416	889.61542
	Bu Fitri	1105.90006	6.08800	23.72832	1135.71638
	Pak Gimán	3183.65354	32.17237	94.87075	3310.69666
	Pak Babang	1247.05033	12.79687	37.51457	1297.36177
	Pak Sugeng	385.11092	3.95190	11.58515	400.64797
Kecil	Pak Nardi	348.08102	3.57191	10.47120	362.12413
	Bu Lina	635.49737	3.03985	12.80364	651.34086
	Pak Sudaryanto	312.90262	3.21092	9.41294	325.52648
	Bu Fatonah	160.46288	1.64662	4.82715	166.93665
Total		182325.19167	432.47227	2876.02876	185633.69270

LAMPIRAN V
PERHITUNGAN EMISI GAS RUMAH
KACA SKENARIO

PERHITUNGAN SKENARIO PEMBAKARAN

Timbulan dan Komposisi Sampah

Jenis Sampah	TPS 3R Nitikan	TPS 3R Karangmiri	Total
	Timbulan Sampah (kg/tahun)		
Sisa Makanan	1055369.63	104944.97	1160314.59
Kayu & Ranting	5680.14	564.83	6244.97
Kertas & Karton	637868.14	39312.00	677180.14
Plastik	1138264.69	70151.59	1208416.28
Logam	20162.50	1242.62	21405.12
Kain/Tekstil	38492.04	2372.28	40864.32
Karet & Kulit	21995.45	1355.59	23351.04
Kaca	38492.04	2372.28	40864.32
Lainnya	58654.54	3614.90	62269.44
Total (kg/tahun)	3014979.17	225931.03	3240910.21

Berat Basah dan Berat Kering

Jenis Sampah	Massa Sampah (Gg wet)	Dry Matter Content (Dm)	Massa Sampah (Gg Dry)
	a	b	c = a x b
Sisa Makanan	1.16	0.40	0.46
Kayu & Ranting	0.01	0.85	0.01
Kertas & Karton	0.68	0.90	0.61
Plastik	1.21	1.00	1.21
Logam	0.02	1.00	0.02
Kain/Tekstil	0.04	0.80	0.03

Karet & Kulit	0.02	0.84	0.02
Kaca	0.04	1.00	0.04
Lainnya	0.06	0.90	0.06
Total	3.24	-	2.46

Jenis Sampah	Massa Sampah (Gg Dry)	Fraction of Carbon (CF)	Fraction of Fossil Carbon (FCF)	Oxidation Factor (OF)	Faktor Konversi	Emisi CO ₂ (Gg/tahun)	Emisi CO ₂ (kg/tahun)
Sisa Makanan	0.46	0.38	0.00	0.58	3.67	0	0.0
Kayu & Ranting	0.01	0.50	0.00	0.58	3.67	0	0.0
Kertas & Karton	0.61	0.46	0.01	0.58	3.67	0.006	5962.16
Plastik	1.21	0.75	1.00	0.58	3.67	1.927	1927423.96
Logam	0.02	0.00	0.00	0.58	3.67	0	0
Kain/Tekstil	0.03	0.50	0.20	0.58	3.67	0.01	6952.38
Karet & Kulit	0.02	0.67	0.20	0.58	3.67	0.01	5589.72
Kaca	0.04	0.00	0.00	0.58	3.67	0	0
Lainnya	0.06	0.03	1.00	0.58	3.67	0.004	3575.51
						0.11317	113173.56611

Contoh Perhitungan:

Sampah kertas dan karton:

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 &= \text{MSW} \times \text{D}_{mj} \times \text{CF}_j \times \text{FCF}_j \times \text{OF}_j \times 44/12 \\
 &= 0.61 \text{ Gg/tahun} \times 0.9 \times 0.46 \times 0.01 \times 0.58 \times 44/12 \\
 &= 0.006 \text{ Gg CO}_2/\text{tahun} = 5962.16 \text{ kg CO}_2/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Jenis Sampah	Massa Sampah (Gg wet)	Faktor Emisi (kg CH ₄ /Gg wet)	Emisi CH ₄ (Gg/tahun)	Emisi CH ₄ (kg/tahun)
Sisa Makanan	1.16	6500	0.00754	7542.04
Kayu & Ranting	0.01	6500	0.00004	40.59
Kertas & Karton	0.68	6500	0.00440	4401.67
Plastik	1.21	6500	0.00785	7854.71
Logam	0.02	6500	0.00014	139.13
Kain/Tekstil	0.04	6500	0.00027	265.62
Karet & Kulit	0.02	6500	0.00015	151.78
Kaca	0.04	6500	0.00027	265.62
Lainnya	0.06	6500	0.00040	404.75
Total	3.24	6500	0.02107	21065.92

Contoh Perhitungan:

Kertas & karton

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CH}_4 &= \text{MSW (Gg/tahun)} \times \text{Faktor Emisi (kg/Gg)} \times 10^{-6} \\
 &= 0.68 \text{ Gg/tahun} \times 6500 \text{ kg/Gg} \times 10^{-6} \\
 &= 0.004 \text{ Gg CH}_4/\text{tahun} = 4401.67 \text{ kg CH}_4/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Jenis Sampah	Massa Sampah (Gg Dry)	Faktor Emisi (kg N ₂ O/Gg dry)	Emisi N ₂ O (Gg/tahun)	Emisi N ₂ O (kg/tahun)
Sisa Makanan	0.46	150	0.000070	69.62
Kayu & Ranting	0.01	150	0.000001	0.80
Kertas & Karton	0.61	150	0.000091	91.42

Plastik	1.21	150	0.000181	181.26
Logam	0.02	150	0.000003	3.21
Kain/Tekstil	0.03	150	0.000005	4.90
Karet & Kulit	0.02	150	0.000003	2.94
Kaca	0.04	150	0.000006	6.13
Lainnya	0.06	150	0.000008	8.41
Total	2.46	150	0.000369	368.69

Contoh Perhitungan:

Kertas & karton

$$\begin{aligned} \text{Emisi N}_2\text{O} &= \text{MSW (Gg/tahun)} \times \text{Faktor Emisi (kg/Gg)} \times 10^{-6} \\ &= 0.61 \text{ Gg/tahun} \times 150 \text{ kg/Gg} \times 10^{-6} = 0.000091 \text{ Gg N}_2\text{O /tahun} = 91.42 \text{ kg N}_2\text{O/tahun} \end{aligned}$$

Rekap Hasil

Jenis Sampah	Emisi CO2 (kg/tahun)	Emisi CH4 (kg/tahun)	Emisi N2O (kg/tahun)
Sisa Makanan	0.0	7542.04	69.62
Kayu & Ranting	0.0	40.59	0.80
Kertas & Karton	5962.2	4401.67	91.42
Plastik	1927424.0	7854.71	181.26
Logam	0.0	139.13	3.21
Kain/Tekstil	6952.4	265.62	4.90
Karet & Kulit	5589.7	151.78	2.94
Kaca	0.0	265.62	6.13

Lainnya	3575.5	404.75	8.41
Total	1949503.74	21065.92	368.69

GWP (kg CO2eq/tahun)		
CO2	CH4 (non fosil)	N2O
1	27	273

Jenis Sampah	GWP (kg CO2eq/tahun)			Total
	Emisi CO2	Emisi CH4	Emisi N2O	
Sisa Makanan	0	203635.21	19005.95	222641.16
Kayu & Ranting	0	1095.99	217.37	1313.36
Kertas & Karton	5962.16	118845.11	24957.47	149764.75
Plastik	1927423.96	212077.06	49484.65	2188985.67
Logam	0	3756.60	876.54	4633.14
Kain/Tekstil	6952.38	7171.69	1338.72	15462.79
Karet & Kulit	5589.72	4098.11	803.23	10491.05
Kaca	0	7171.69	1673.39	8845.08
Lainnya	3575.51	10928.29	2294.94	16798.74
Total	1949503.74	568779.74	100652.26	2618935.74

PERHITUNGAN SKENARIO PENIMBUNAN

A. Pengangkutan

Asumsi Konsumsi Bahan Bakar

Motor	21.5	km/liter bensin
Mobil	7.8	km/liter bensin
Truk	4.5	km/liter solar

Sumber: Kemenhub, 2010 & Lestari, 2017

Nilai Kalor

Solar (HSD/ADO)	0.000036	TJ/liter
Bensin	0.000033	TJ/liter

Sumber: KLH, 2012

Faktor Emisi Kendaraan

Jenis Bahan Bakar	Faktor Emisi (kg/TJ)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Solar (HSD/ADO)	74433	3.9	3.9
Bensin (RON 92/dgn katalis)	72600	25	8

Sumber: KLH, 2012

Kapasitas (m ³)	6
Faktor Kompaksi	2

Sumber: Ramadhanti, 2022 & DLH Kulon Progo, 2017

Nama Fasilitas	TPS 3R Nitikan	TPS 3R Karangmiri
Jumlah Timbulan (m ³ /tahun)	13,412.88	748.80
Kapasitas (m ³)	6	6
Faktor Pemadatan	2	2
Jumlah Pengangkutan (Ritasi)	1,117.740	62.4
Jarak Tempuh PP (km)	18	17
Jarak Total (km/tahun)	20,119.320	1,060.8
Konsumsi Bahan Bakar (liter/tahun)	8824.263	235.733
Konsumsi BBa (TJ/tahun)	0.318	0.008
Emisi GRK (kg/tahun)		
Emisi CO ₂	23645.39	631.67
Emisi CH ₄	1.24	0.03
Emisi N ₂ O	1.24	0.03

Contoh Perhitungan TPS 3R Karangmiri

Jumlah ritasi = jumlah timbulan/(kapasitas x fp)

$$748.80 / (6 \times 2) = 62.4 \text{ rit/tahun}$$

Jarak total = jarak tempuh x jumlah ritasi

$$62.4 \times 17 = 1,060.8 \text{ km/tahun}$$

Konsumsi BBa

$$\text{Konsumsi BBM} = (1,060.8 \text{ km/tahun} / 4.5 \text{ km/liter}) = 235.733 \text{ liter/tahun}$$

$$\text{Konsumsi BBa} = 235.733 \times (36 \times 10^{-6}) = 0.008 \text{ TJ/tahun}$$

Emisi Gas Rumah Kaca

Emisi GRK = Konsumsi BBa (TJ/tahun) x EF (kg/TJ)

Emisi CO₂ = 0.008 TJ/tahun x 74433 kg/TJ = 631.67 kg/tahun

Emisi CH₄ = 0.008 TJ/tahun x 3.9 kg/TJ = 0.03 kg/tahun

Emisi N₂O = 0.008 TJ/tahun x 3.9 kg/TJ = 0.03 kg/tahun

Nilai *Global Warming Potential* (GWP)

GWP (kg CO ₂ eq)			
CO ₂	CH ₄ (fosil)	CH ₄ (non fosil)	N ₂ O
1	29.8	27	273

Sumber: Sumber: AR6 IPCC, 2021

Nama Fasilitas	GWP (kg CO ₂ eq/tahun)			Total
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O	
TPS 3R Nitikan	23645.39	36.92	338.23	24020.54
TPS 3R Karangmiri	631.67	0.99	9.04	641.69
Total	24277.06	37.91	347.26	24662.23

Contoh Perhitungan TPS 3R Karangmiri:

Diketahui:

Nilai GWP

Emisi CO₂ = 1 kg CO₂eq

Emisi CH₄ (fosil) = 29.8 kg CO₂eq

Emisi N₂O = 273 kg CO₂eq

Jawaban:

GWP = Emisi GRK (kg/tahun) x Nilai GWP (kg CO₂eq)

GWP CO₂ = 631.67 kg CO₂/tahun x 1 kg CO₂eq = 631.67 kg CO₂eq/tahun

GWP CH₄ = 0.03 kg CH₄/tahun x 29.8 kg CO₂eq = 0.99 kg CO₂eq/tahun

GWP N₂O = 0.03 kg/tahun x 273 kg CO₂eq = 9.04 kg CO₂eq/tahun

B. Penimbunan TPA

Nilai DOCi

Komposisi Sampah	DOC (% berat basah)		DOC (% berat kering)	
	Default	Range	Default	Range
Kertas/Kardus	40	36 – 45	44	40 – 50
Tekstil	24	20 – 40	30	25 – 50
Sisa Makanan	15	8 – 20	38	20 – 50
Kayu	43	39 – 46	50	46 – 54
Sampah Kebun	20	18 – 22	49	45 – 55
<i>Diapers</i>	24	18 – 32	60	44 – 80
Karet & Kulit	39	39	47	47
Plastik	-	-	-	-
Logam	-	-	-	-
Kaca	-	-	-	-
Lain-lain, sampah sulit terurai	-	-	-	-

Faktor Koreksi Metana (MCF)	
Tipe TPA	Nilai
Terkelola anaerobik	1
Terkelola semi anaerobik	0.5
Tidak terkelola dalam (> 5 m)	0.8
Tidak terkelola dangkal (< 5 m)	0.4
Tidak memiliki kategori	0.6

Sumber: IPCC, 2006

OX	
Tipe TPA	Nilai
tidak terkelola, tidak berkategori dan terkelola tidak tertutup (bahan yang mengoksidasi CH ₄)	0
terkelola tertutup (bahan yang mengoksidasi CH ₄)	0.1

Sumber: IPCC, 2006

Faktor	Nilai
DOCf	0.5
F	0.5

Sumber: IPCC, 2006

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)
Sisa Makanan	1.16	0.5	0.15	0.358	0.054	0.5	0.5	0.0261	26107.08
Kayu & Jerami	0.01	0.5	0.43	0.002	0.001	0.5	0.5	0.0004	402.80
Kertas	0.68	0.5	0.4	0.209	0.084	0.5	0.5	0.0406	40630.81
Plastik	1.21	0.5	0	0.373	0	0.5	0.5	0	0

Logam	0.02	0.5	0	0.007	0	0.5	0.5	0	0
Tekstil/Kain	0.04	0.5	0.24	0.013	0.003	0.5	0.5	0.0015	1471.12
Karet & Kulit	0.02	0.5	0.39	0.007	0.003	0.5	0.5	0.0014	1366.04
Kaca	0.04	0.5	0	0.013	0	0.5	0.5	0	0
Lainnya	0.06	0.5	0	0.019	0	0.5	0.5	0	0
Total								0.07	69977.84

Contoh Perhitungan (kertas dan karton)

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CH}_4 &= (\text{MSW} \times \text{MCF} \times \text{DOC}_i \times \text{DOC}_f \times F \times 16/12 - R) \times (1 - \text{OX}) \\
 &= (0.68 \text{ Gg/tahun} \times 0.5 \times 0.4 \times 0.5 \times 0.5 \times 16/12 - 0) \times (1 - 0.1) \\
 &= 0.0406 \text{ Gg CO}_2/\text{tahun} = 40630.81 \text{ kg CO}_2/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Nilai *Global Warming Potential* (GWP)

GWP (kg CO ₂ eq)			
CO ₂	CH ₄ (fosil)	CH ₄ (non fosil)	N ₂ O
1	29.8	27	273

Sumber: Sumber: AR6 IPCC, 2021

Jenis Sampah	Emisi CH ₄ (kg CO ₂ eq/tahun)
Sisa Makanan	704891.12
Kayu & Jerami	10875.61
Kertas	1097031.82
Plastik	0

Logam	0
Tekstil/Kain	39720.12
Karet & Kulit	36882.97
Kaca	0
Lainnya	0
Total	1889401.63

Contoh Perhitungan TPS 3R (kertas & karton)

Diketahui:

Nilai GWP

Emisi CH₄ (non fosil) = 27 kg CO₂eq

Jawaban:

GWP = Emisi GRK (kg/tahun) x Nilai GWP (kg CO₂eq)

GWP CH₄ = 40630.81 kg CH₄/tahun x 27 kg CO₂eq = 1097031.82 kg CO₂eq/tahun

C. Total Emisi

Aktivitas	kg CO ₂ eq/tahun			Total
	Emisi CO ₂	Emisi CH ₄	Emisi N ₂ O	
Pengangkutan	24.277,06	37,91	347,26	24.662,23
Penimbunan TPA	-	1.889.401,63	-	641,69
Total	24.277,06	1.889.439,53	347,26	1.914.063,85

LAMPIRAN VI
DOKUMENTASI LAPANGAN



Gambar 1. Mesin Pres



Gambar 2. Motor Sampah



Gambar 3. Ecobrick



Gambar 4. Dump Truck



Gambar 5. Kompaktor Truk



Gambar 6. Pengomposan



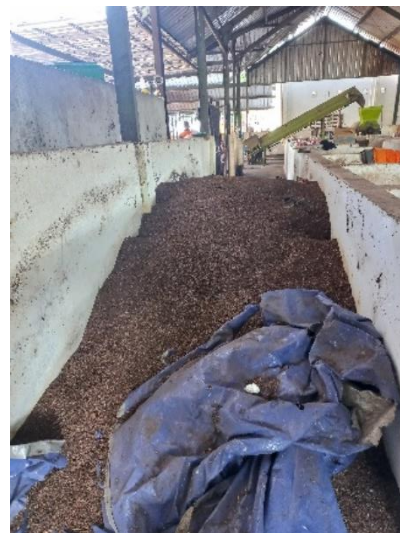
Gambar 7. Mesin Pengayak



Gambar 8. Pencacah Daun



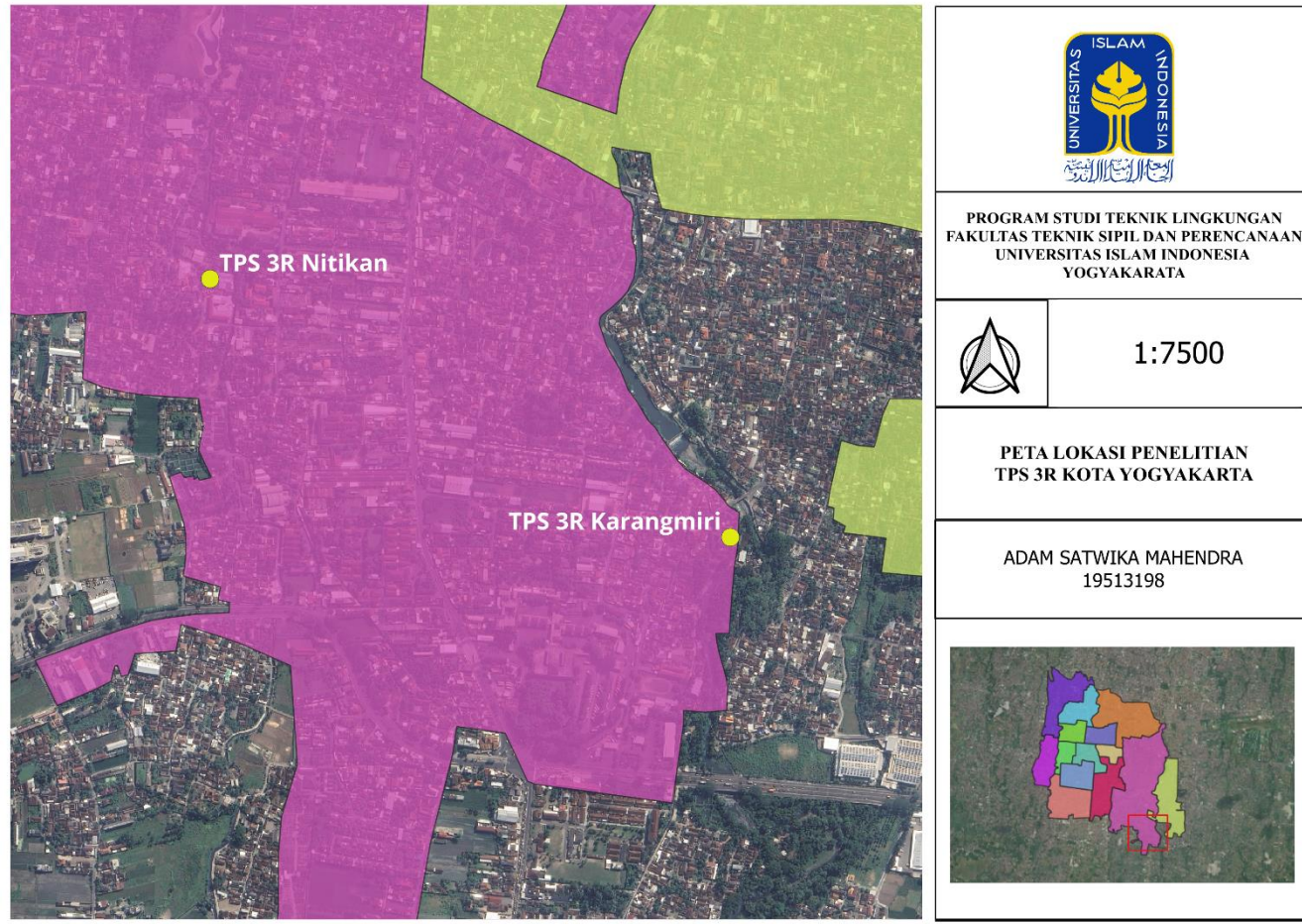
Gambar 9. Pencacah Kompos



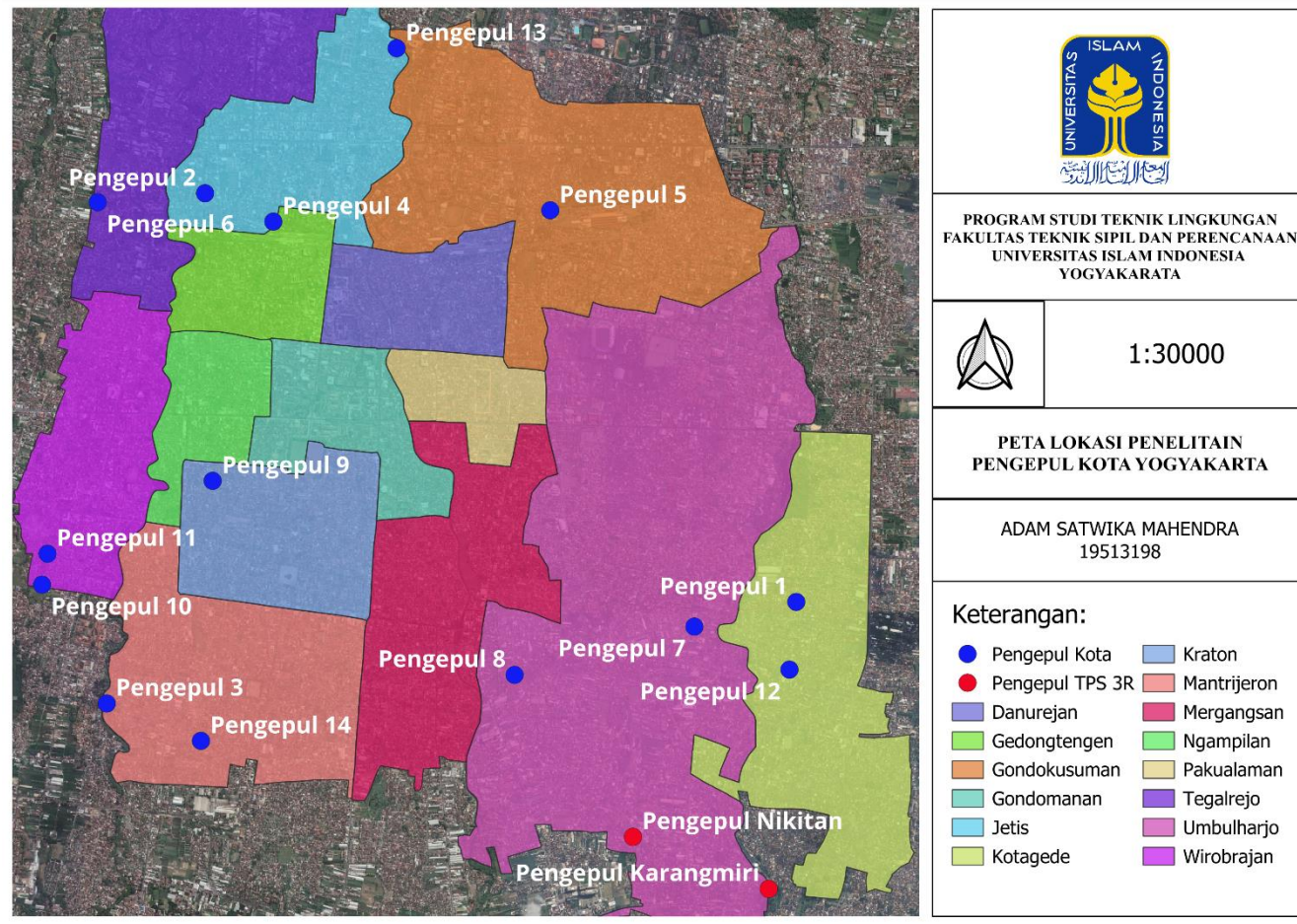
Gambar 10. Hasil Kompos

LAMPIRAN VII
PETA LOKASI DAN RUTE

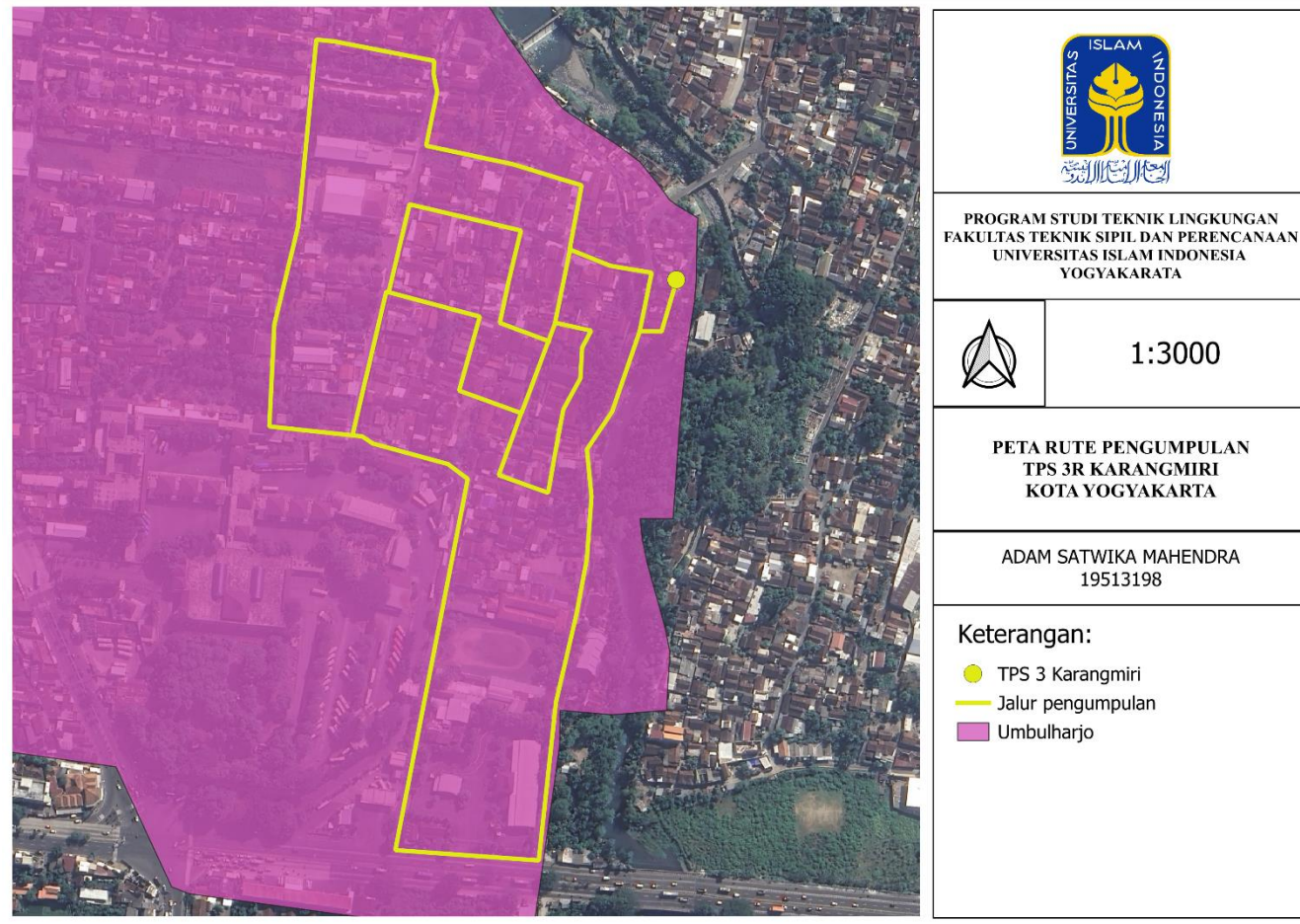
A. Peta Lokasi TPS 3R



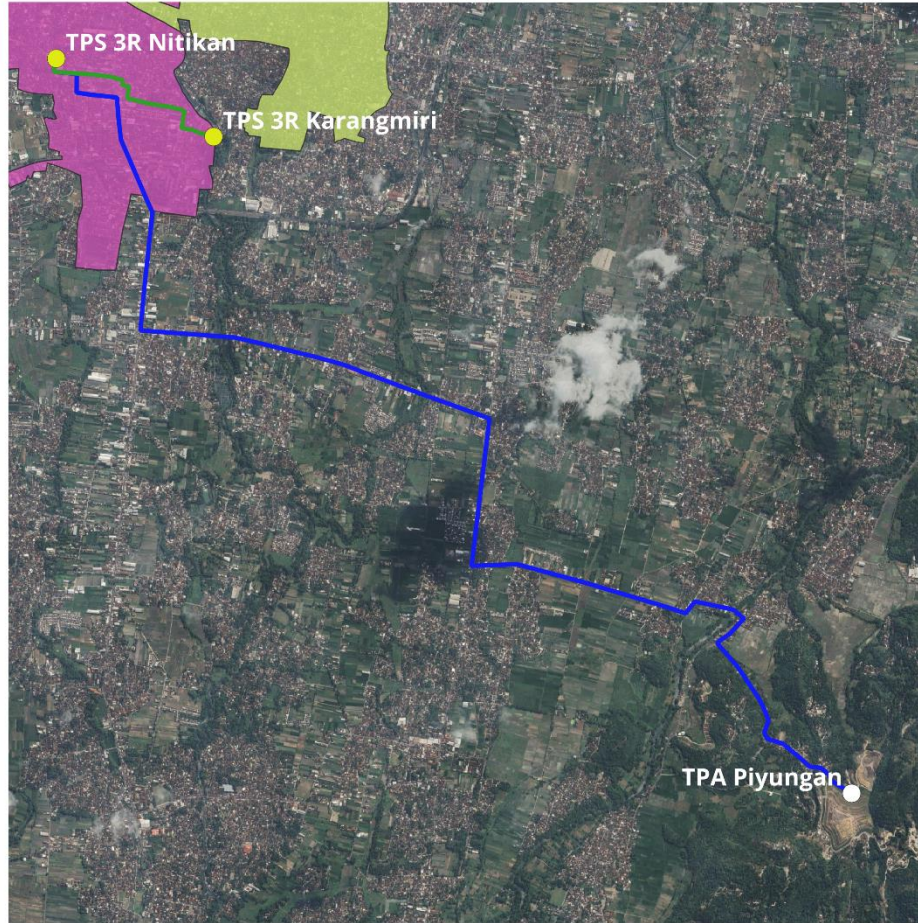
B. Peta Lokasi Pengepul





C. Contoh Rute Pengumpulan dari TPS 3R Karangmiri

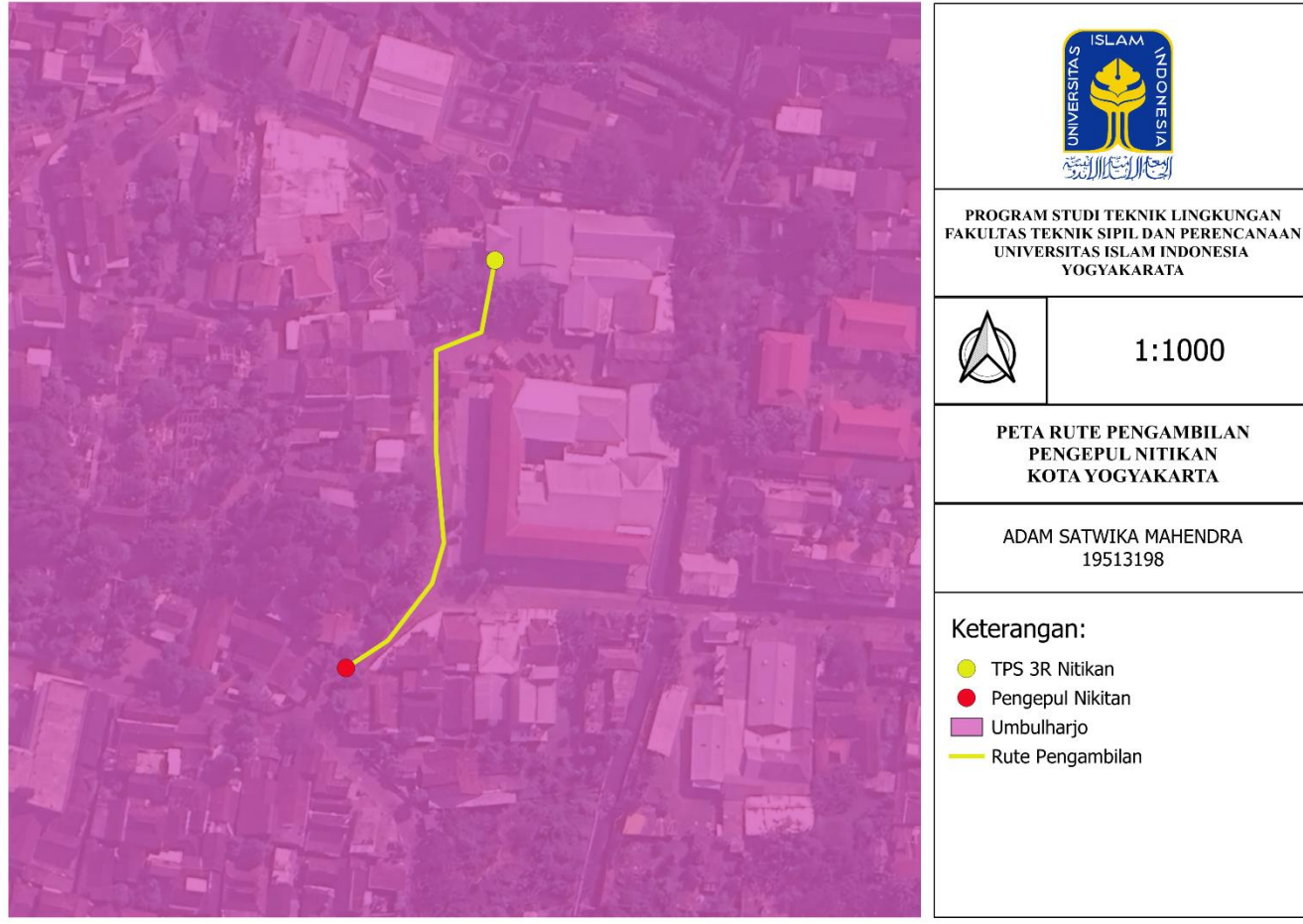


D. Contoh Rute Pengangkutan dari TPS 3R Nitikan

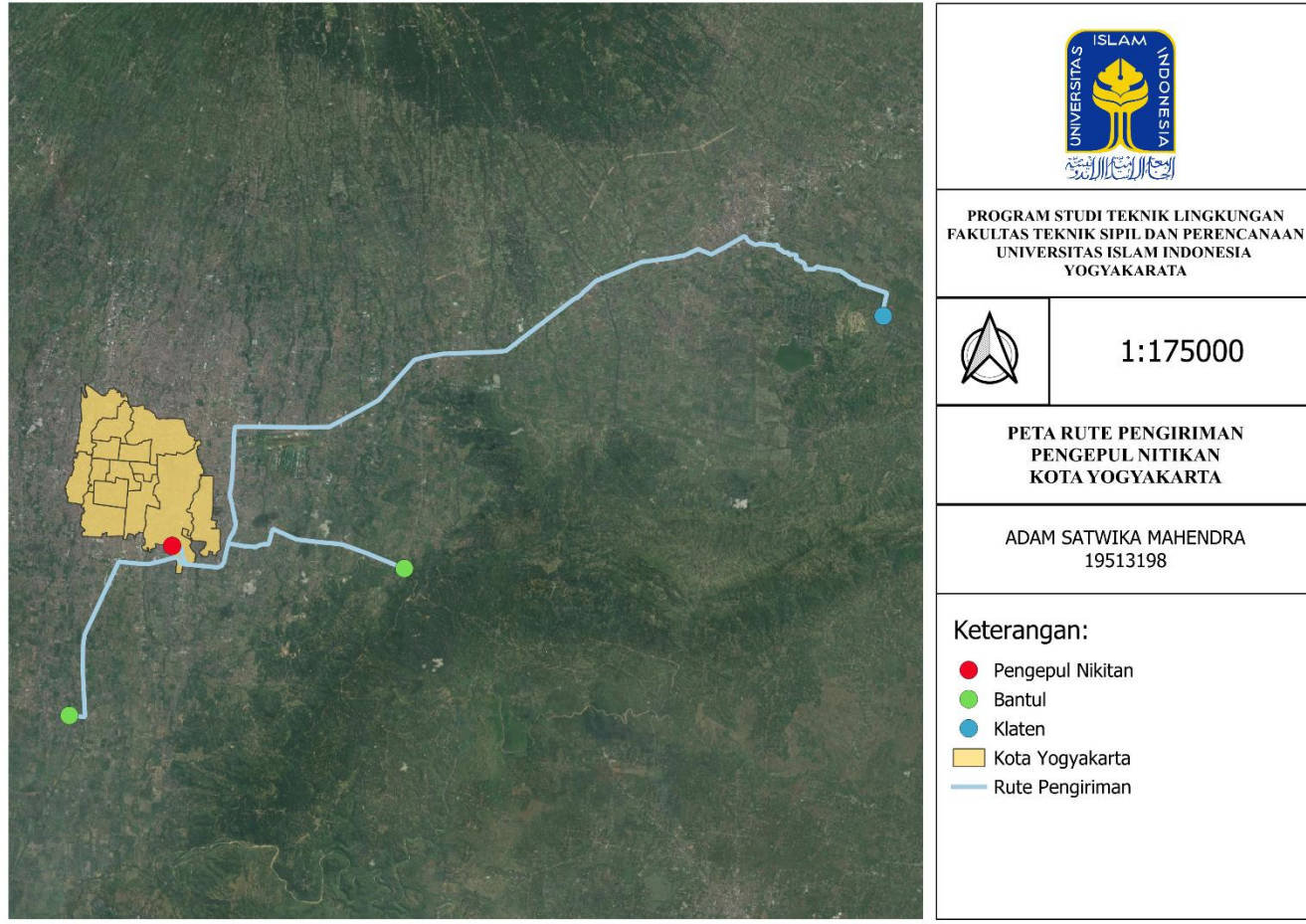


	
<p>PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA</p>	
	<p>1:25000</p>
<p>PETA RUTE PENGANGKUTAN TPS 3R KOTA YOGYAKARTA</p>	
<p>ADAM SATWIKA MAHENDRA 19513198</p>	
<p>Keterangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ TPA Piyungan ● TPS 3R ■ Umbulharjo Rute pengangkutan — TPS 3R Karangmiri — TPS 3R Nitikan 	

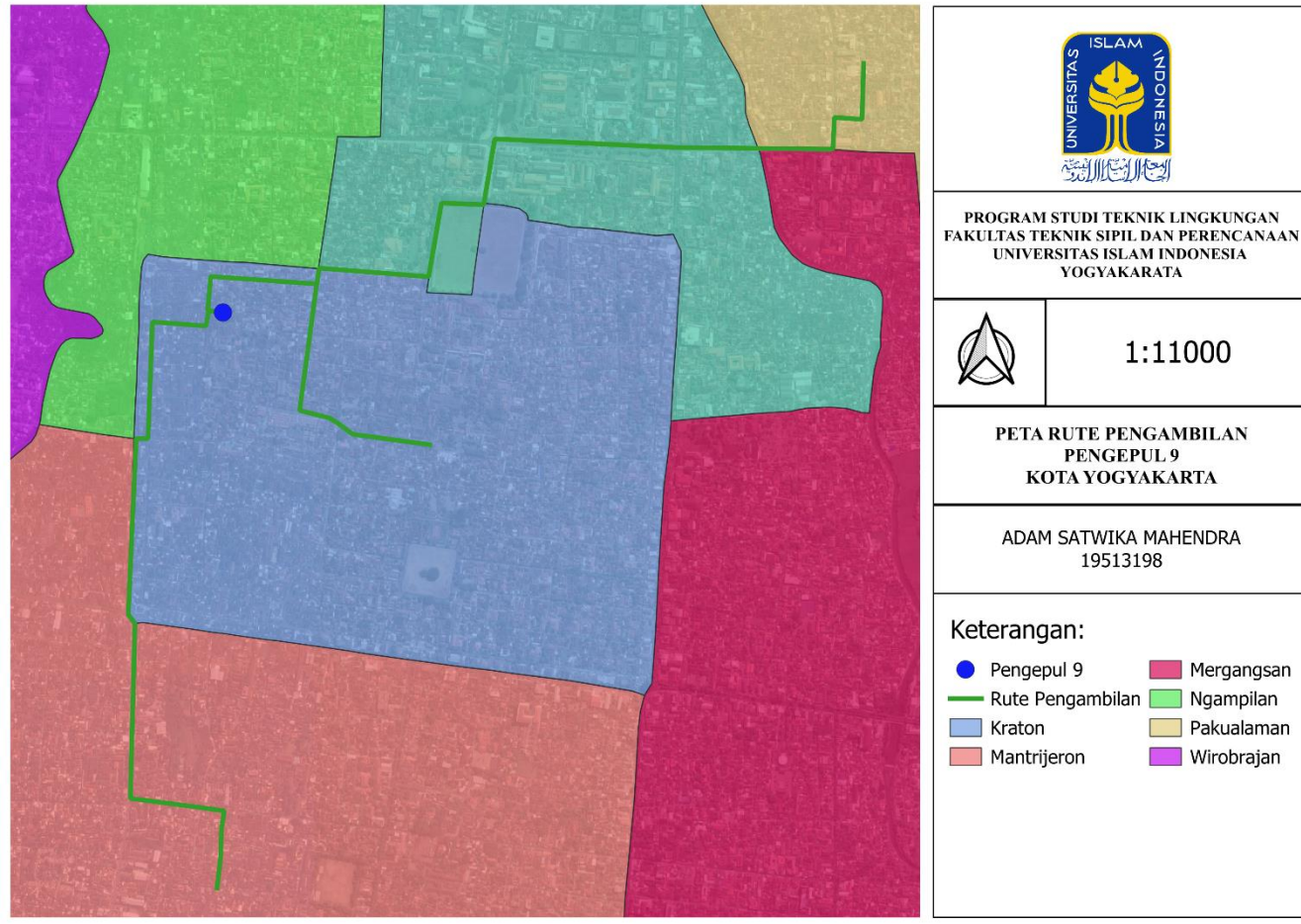
E. Contoh Rute Pengambilan dari Pengepul TPS 3R Nitikan



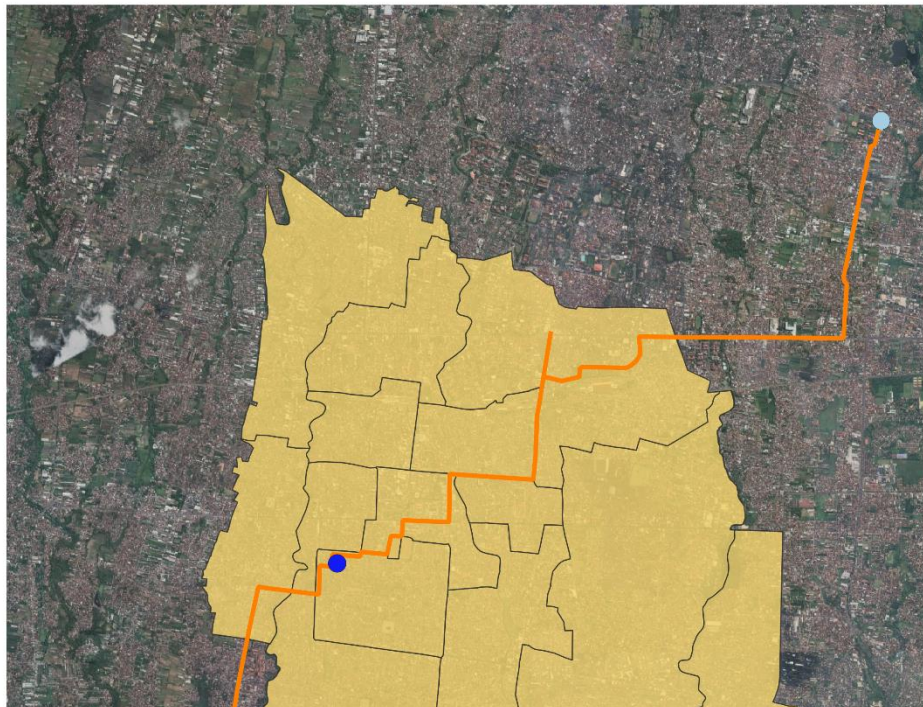
F. Contoh Rute Pengiriman dari Pengepul TPS 3R Nitikan



G. Contoh Rute Pengambilan dari Pengepul 9

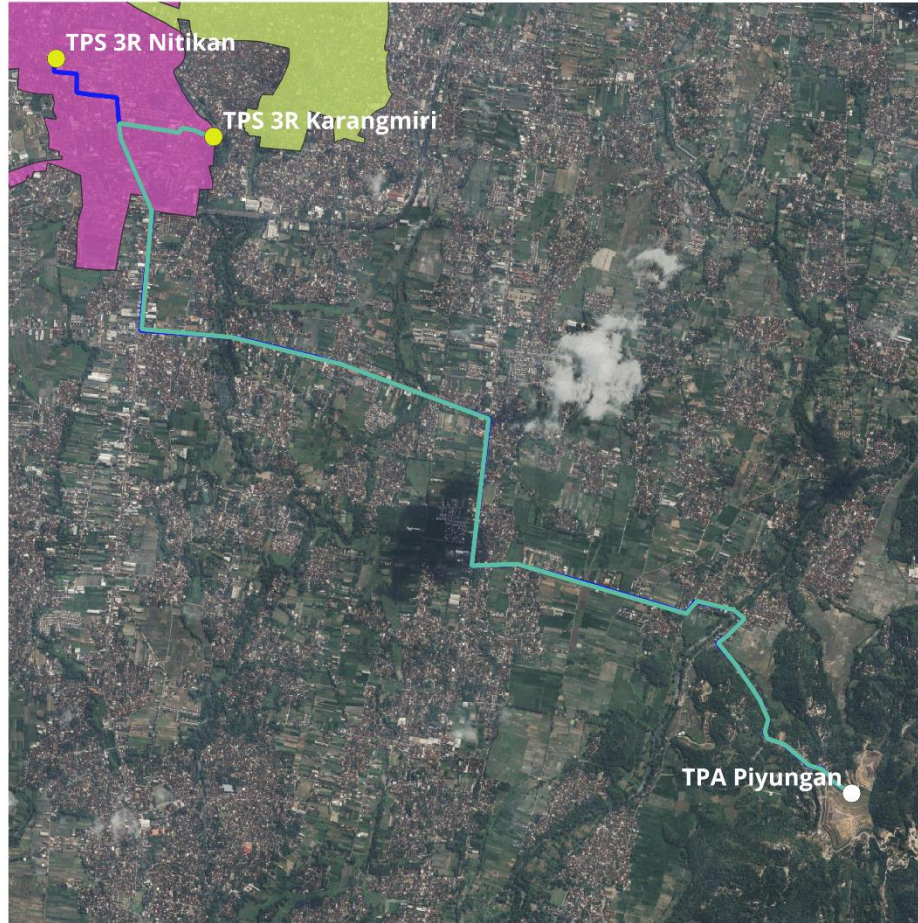




H. Contoh Rute Pengiriman Pengepul 9



	
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA	
	1:45000
PETA RUTE PENGIRIMAN PENGEPUL 9 KOTA YOGYAKARTA	
ADAM SATWIKA MAHENDRA 19513198	
Keterangan:	
	Pengepul 9
	Rantul

I. Rute Pengangkutan dari Skenario



	
<p>PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA</p>	
	<p>1:25000</p>
<p>PETA RUTE PENGANGKUTAN SKENARIO TPS 3R</p>	
<p>ADAM SATWIKA MAHENDRA 19513198</p>	
<p>Keterangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ TPA Piyungan ● TPS 3R ■ Umbulharjo Rute pengangkutan — TPS 3R Nitikan — TPS 3R Karangmiri 	

LAMPIRAN VIII
KUESIONER PENELITIAN

**FORM DATA PENELITIAN UNTUK PETUGAS/PENGELOLA
TPS 3R KOTA YOGYAKARTA**

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:			
<input type="checkbox"/>	Sekolah	: _____ unit	_____ : _____
<input type="checkbox"/>	Masyarakat	: _____ rumah	<input type="checkbox"/> _____ : _____
<input type="checkbox"/>	Kantor	: _____ unit	<input type="checkbox"/> _____ : _____

2. Berapakah jumlah sampah yang masuk ke dalam TPS 3R?

Jawaban:

_____ (ton/m³)/(hari/minggu/bulan)*

(*) Coret yang tidak diperlukan

Bulan	Ming gu ke-	Berat Sampah (Kg)								
		Sisa Makanan	Kayu/Ran ting	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?

Jawaban:

- Gerobak sampah : ___ unit
 Motor sampah : ___ unit
 Truk Sampah : ___ unit
 _____ : ___ unit

6. Berapa kapasitas sampah pada kendaraan pengangkut?

Jawaban:

_____ (ton/m³) per (tossa/ _____)*

(*) Coret yang tidak diperlukan

7. Apakah sampah sudah terpilah sejak dari sumber?

Jawaban:

- Sudah
 Belum
 Sudah sebagian

8. Berapakah jumlah rute pengangkutan sampah?

Jawaban:

- 1
 2
 3

9. Bagaimanakah jadwal pengangkutan sampah yang dilakukan?

Jawaban:

- Setiap hari per rute
 2 kali dalam seminggu per rute
 3 kali dalam seminggu per rute

10. Ketika pengangkutan dalam satu rute sudah melebihi kapasitas pengangkutan sebelum selesai semua, apakah akan dilakukan pengangkutan kembali?

Jawaban:

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

Pertamax

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 pemilahan
- Area pencacahan
- Area pengomposan

- Area pengayakan
- Area pematangan kompos
- Area penampungan residu
- Kantor
- WC

Lainnya: _____

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

Jawaban:

- Penerimaan
- Pemilahan
- Pencacahan
- Pengomposan
- Pengayakan Kompos
- 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
Spesifikasinya
- Mesin pencacahan : ____unit
Spesifikasinya
- Mesin pengomposan : ____unit
Spesifikasinya
- Mesin pengayakan : ____unit
Spesifikasinya
- Mesin Pengemasan : ____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:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Open windrow | <input type="checkbox"/> Komposter drum |
| <input type="checkbox"/> Bata berongga | <input type="checkbox"/> Takakura susun |
| <input type="checkbox"/> _____ | |

22. Berapa lama waktu yang dibutuhkan pada tahap pengomposan?

Jawaban:

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

Jawaban:

<hr/>	
24.	Bagaimana dengan sampah organik yang tidak digunakan dalam tahap pengomposan? Apa pengolahan yang dilakukan terhadap sampah - sampah tersebut?
Jawaban: <hr/>	
25.	Bagaimanakah keberlanjutan terhadap hasil pengomposan, apakah dijual ke masyarakat?
Jawaban: <input type="checkbox"/> Iya <input type="checkbox"/> Tidak Keterangan:	

D. Keterlibatan Pihak Lain

1.	Apakah sampah anorganik yang sudah dipilah diambil oleh pengepul?
Jawaban: <input type="checkbox"/> Iya <input type="checkbox"/> Tidak	
2.	Berapakah jumlah pengepul tersebut?
Jawaban: _____ pengepul	
3.	Siapa saja nama pengepul yang bekerjasama dengan TPS 3R ini?
Jawaban: Nama : No Hp/telp : 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:

Pemerintah

Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM)

Perusahaan

6. Bantuan apakah yang ditawarkan oleh pihak tersebut?

Jawaban:

**KUISIONER UNTUK PENGEFUL
TPS 3R KOTA YOGYAKARTA**

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 :

RIWAYAT HIDUP



Penulis Lahir di Kota Surabaya, Jawa Timur pada tanggal 14 Juni 2001. Penulis menempuh Pendidikan di SD Negeri Dr Sutomo VI pada tahun 2007 – 2013 di Kota Surabaya, Jawa Timur. Kemudian, melanjutkan Pendidikan di SMP Negeri 02 Surabaya pada tahun 2013 – 2016 di Kota Surabaya, Jawa Timur, dan selanjutnya menempuh Pendidikan di SMA Citra Islami pada tahun 2016 – 2019 di Kabupaten Tangerang, Banten. Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan studi di Universitas Islam Indonesia dengan mengambil Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan pada tahun 2019. Penulis melaksanakan kerja praktik pada bulan Maret 2022 di PT. Adhi Karya (Persero) Tbk dengan topik pembahasan yaitu Penerapan Sistem Plambing Pada Gedung Operation Control Center (OCC) di Depo Lintas Rel Terpadu (LRT) Jabodebek PT. Adhi Karya (Persero) Tbk. Beberapa kegiatan yang dilakukan oleh penulisan selama masa perkuliah yaitu mengikuti pelatihan dasar mengenai K3 dan kepanitiaan dalam acara Lintas Lingkungan 2020. Pada bulan Maret – Juli 2023 penulis melakukan penelitian mengenai “Studi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Pada Aktivitas Operasional TPS 3R di Kota Yogyakarta” sebagai srata dalam menyelesaikan studi Strata 1 atau S1 di Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.