

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

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



ANING SEKAR WIGUNA
19513075

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

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

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

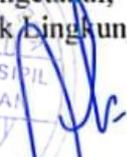


ANING SEKAR WIGUNA
19513075

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: 19/10 '23

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

Any Juliani, S.T., M.Sc (Res.Eng), Ph.D
NIK. 045130401
Tanggal: 20/10 '23

HALAMAN PENGESAHAN

**STUDI EMISI GAS RUMAH KACA (GRK) PADA
AKTIVITAS OPERASIONAL TPS 3R DI KABUPATEN
BANTUL, YOGYAKARTA**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

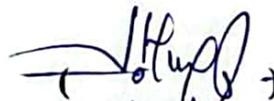
**Hari : Senin
Tanggal : 09 Oktober 2023**

Disusun Oleh:

**ANING SEKAR WIGUNA
19513075**

Tim Penguji :

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

()

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

()

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

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun 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 dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian 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, 09 Oktober 2023

Yang membuat pernyataan,



Aning Sekar Wiguna

NIM: 19513075

PRAKATA

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir yang berjudul “Studi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Pada Aktivitas Operasional TPS 3R Di Kabupaten Bantul, Yogyakarta” ini berhasil diselesaikan.

Pada kesempatan kali ini, saya sebagai penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak – pihak yang telah membantu, mendukung, serta mendoakan saya dalam penyusunan tugas akhir ini, yakni kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa melimpahkan nikmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini
2. Orangtua penulis beserta saudara dan keluarga yang senantiasa memberikan doa dan dukungannya yang tiada henti hingga saat ini.
3. Bapak Dr. Hijrah Purnama Putra., S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing 1 dan Bapak Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing 2 yang telah membimbing dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen, staff akademik, dan karyawan Program Studi Teknik Lingkungan UII yang telah memberikan ilmu serta bantuannya selama masa perkuliahan.
5. Pihak TPS 3R dan Pengepul Kabupaten Bantul yang telah bersedia memberikan izin serta meluangkan waktunya dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini.
6. Teman–teman ‘Inpo Makan’ (Putri, Tiara, Ira, Dita, Zulul, Giti) yang selalu mendukung, membantu, dan menemani semasa perkuliahan hingga masa penyelesaian tugas akhir ini. Terimakasih telah menemani makan maupun jalan, bertukar cerita, dan juga selalu mau membantu dalam hal apapun.
7. Adik Dwita Sari Fathina walaupun tidak sedarah tetapi selalu menemani dan mendengarkan keluh kesah serta segala cerita setiap harinya sejak masa himpunan hingga saat ini. Terima kasih telah selalu mendukung dan bertukar cerita dimanapun dan kapanpun.

8. Teman–teman satu bimbingan yaitu Widya, Adam, dan Wisam yang berjuang bersama dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Terima kasih juga kepada Usman sebagai teman satu bimbingan sekaligus teman saat masa kepanitiaan, masa himpunan, dan hingga masa sekarang ini.
9. Teman–teman ‘Hari–Hari Piknik’ yang namanya tidak dapat disebutkan satu persatu. Terima kasih telah turut menemani selama masa–masa perkuliahan ini.
10. Teman–teman SMA yaitu Widya Sarah, Windy Amelia, dan Annisa Humaira yang selalu memberikan semangat dan dukungan sejak masa SMA hingga perkuliahan.
11. Teman–teman Angkatan 2019 yang sudah membantu dalam masa perkuliahan berlangsung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diperlukan agar dapat menjadikan laporan tugas akhir ini menjadi lebih baik. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembacanya.

Yogyakarta, 09 Oktober 2023



Aning Sekar Wiguna

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

ANING SEKAR WIGUNA. Studi Emisi Gas Rumah Kaca (Grk) Pada Aktivitas Operasional TPS 3R Di Kabupaten Bantul, Yogyakarta. Dibimbing oleh Dr. Hijrah Purnama Putra., S.T., M.Eng dan Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

Sampah adalah suatu hal yang tidak pernah terlepas dari kehidupan manusia. Salah satu kegiatan pengurangan sampah yakni melalui Tempat Pengolahan Sampah Reduce-Reuse-Recycle (TPS 3R). Berdasarkan laporan Tahun 2021, diketahui bahwa sektor limbah pada tahun 2020 menyumbang sebesar 12% terhadap emisi gas rumah kaca. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi aktivitas pada TPS 3R Kabupaten Bantul yang berpotensi dalam peningkatan emisi gas rumah kaca serta menghitung dan menganalisis emisi gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan dari aktivitas pada TPS 3R Kabupaten Bantul. Penelitian ini dilakukan pada 6 TPS 3R (Srihardono Bersih, Wirogo Resik, Tirtoasri, Salakan Bersemi, Go Sari, dan Poncosari) di Kabupaten Bantul. Perhitungan ini didasarkan pada metode IPCC 2006 yang terdapat pada Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Hasil perhitungan emisi GRK berdasarkan aktivitas operasionalnya yakni 8.374,66 kgCO₂eq/tahun pada pengumpulan, 1.445,43 kgCO₂eq/tahun pada pengolahan, 13.091,18 kgCO₂eq/tahun pada pengomposan, 9.405,15 kgCO₂eq/tahun pada pengangkutan, dan 109.524,63 kgCO₂eq/tahun pada pengepul. Total emisi gas rumah kaca dari seluruh aktivitas yakni 141.841,04 KgCO₂eq/tahun.

Kata kunci: Emisi Gas Rumah Kaca, IPCC 2006, Sampah, TPS 3R

ABSTRACT

ANING SEKAR WIGUNA. Studi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Pada Aktivitas Operasional TPS 3R Di Kabupaten Bantul, Yogyakarta. *Supervised by* Hijrah Purnama Putra., S.T., M.Eng *and* Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

Garbage is something that is never separated from human life. One of the waste reduction activities is through the Reduce-Reuse-Recycle Waste Treatment Plant (TPS 3R). Based on the 2021 report, it is known that the waste sector in 2020 contributed 12% to greenhouse gas emissions. This study aims to identify activities at TPS 3R Bantul Regency that have the potential to increase greenhouse gas emissions and calculate and analyze greenhouse gas (GHG) emissions resulting from activities at TPS 3R Bantul Regency. This research was conducted at 6 3R transfer stations (Srihardono Bersih, Wirogo Resik, Tirtoasri, Salakan Bersemi, Go Sari, and Poncosari) in Bantul Regency. This calculation is based on the IPCC 2006 method contained in the Guidelines for the Implementation of the National Greenhouse Gas Inventory. The GHG emission calculation results based on operational activities are 8.374,66 kgCO₂eq/year in collection, 1,445.43 kgCO₂eq/year in processing, 13.091,18 kgCO₂eq/year in composting, 9.405,15 kgCO₂eq/year in transportation, and 109,524.63 kgCO₂eq/year in collectors. Total greenhouse gas emissions from all activities are 141,841.04 KgCO₂eq/year.

Keywords: *Garbage, Greenhouse Gas Emissions, IPCC 2006, 3R Transfer Stations*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Asumsi Penelitian.....	3
1.6 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sampah.....	5
2.1.1 Pengertian Sampah.....	5
2.1.2 Sumber dan Timbulan Sampah.....	5
2.1.3 Komposisi Sampah.....	6
2.1.4 Karakteristik Sampah.....	6
2.1.5 Pengelolaan Sampah.....	6
2.2 TPS 3R.....	7
2.2.1 Deskripsi TPS 3R.....	7
2.2.2 Pengolahan Pada TPS 3R.....	8
2.3 Emisi Gas Rumah Kaca.....	9
2.3.1 Pengertian Gas Rumah Kaca.....	9
2.3.2 Sumber Emisi Gas Rumah Kaca.....	10
2.3.3 Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca.....	10
2.3.4 Dampak Emisi Gas Rumah Kaca.....	11
2.4 Studi Terdahulu.....	11
BAB III METODE PENELITIAN.....	14

3.1 Tahapan Penelitian	14
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	14
3.3 Metode Pengumpulan Data	16
3.4 Metode Analisis Data	18
3.3.1 Analisis Data Pada Aktivitas TPS 3R	18
3.3.2 Analisis Data Pada Skenario	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	29
4.2 Aktivitas TPS 3R.....	32
4.3 Potensi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas TPS 3R.....	33
4.3.1 Aktivitas Pengumpulan	33
4.3.2 Aktivitas Mesin Pengolahan	35
4.3.3 Aktivitas Pengomposan.....	36
4.3.4 Aktivitas Pengangkutan ke TPA	38
4.4 Potensi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengepul.....	40
4.4.1 Aktivitas Pengumpulan dari TPS 3R	40
4.4.2 Aktivitas Pengolahan Pengepul.....	42
4.4.3 Aktivitas Pengangkutan Ke Pihak Ketiga	44
4.4.4 Total Emisi GRK Aktivitas Pengepul	47
4.5 Total Emisi Gas Rumah Kaca Aktivitas TPS 3R Bantul.....	48
4.6 Perbandingan Aktivitas Di Luar TPS 3R.....	49
4.6.1 Pengangkutan dan Penimbunan TPA.....	49
4.6.2 Pembakaran Secara Terbuka	52
4.6.3 Perbandingan Ketiga Aktivitas	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN.....	62
RIWAYAT HIDUP.....	101

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil Studi Penelitian Terdahulu	12
Tabel 3.1 Alamat Lokasi Penelitian TPS 3R	15
Tabel 3.2 Alamat Lokasi Penelitian Pengepul.....	16
Tabel 3.3 Metode Pengumpulan Data	17
Tabel 3.4 Nilai Kalor Bahan Bakar di Indonesia.....	19
Tabel 3.5 Asumsi Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Jenis Kendaraan.....	19
Tabel 3.6 Faktor Emisi CO ₂ Pada Transportasi	20
Tabel 3.7 Faktor emisi CH ₄ dan N ₂ O Pada Transportasi	20
Tabel 3.8 Nilai <i>Global Warming Potential</i> (GWP).....	20
Tabel 3.9 Faktor Emisi CH ₄ dan N ₂ O Pada Pengomposan	21
Tabel 3.10 Nilai DM, DOC	22
Tabel 3.11 Nilai Kalor Bahan Bakar di Indonesia.....	23
Tabel 3.12 Faktor Emisi Pada Penggunaan Mesin	23
Tabel 3.13 Faktor Emisi Sumber Energi Listrik.....	24
Tabel 3.14 Nilai OX	26
Tabel 3.15 Nilai MCF	25
Tabel 3.16 Nilai <i>Total Carbon</i> dan <i>Fossil Carbon</i>	27
Tabel 4.1 Profil TPS 3R Bantul.....	30
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Emisi GRK Aktivitas Pengumpulan.....	34
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Emisi GRK Aktivitas Pengolahan	35
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Emisi Aktivitas Pengomposan	37
Tabel 4.5 Jarak Tempuh Perjalanan Pengangkutan Per TPS 3R.....	38
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Emisi Aktivitas Pengangkutan ke TPA	39
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Emisi Aktivitas Pengumpulan Pengepul.....	41
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Emisi Aktivitas Pengolahan Pengepul.....	43
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Emisi Aktivitas Pengangkutan Pengepul.....	46
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Emisi GRK Seluruh Aktivitas Pengepul.....	47
Tabel 4.11 Emisi GRK TPS 3R Bantul Berdasarkan Masing-masing Aktivitas	48
Tabel 4.12 Perbandingan Emisi GRK Aktivitas TPS 3R dan Skenario TPA	50

Tabel 4.13 Emisi GRK Aktivitas Penimbunan TPS 3R Srihardono Bersih....	51
Tabel 4.14 Perbandingan Hasil Perhitungan Emisi Aktivitas TPS 3R dan Skenario Pembakaran	52
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Aktivitas TPS 3R dan Dua Skenario.....	53

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Tahapan Penelitian.....	14
Gambar 3.2 Peta Lokasi Penelitian.....	16
Gambar 4. 1 Alur Aktivitas TPS 3R.....	32
Gambar 4.2 Emisi GRK Berdasarkan Aktivitas Pengumpulan	33
Gambar 4.3 Emisi GRK Berdasarkan Aktivitas Pengolahan	35
Gambar 4.4 Emisi GRK Berdasarkan Aktivitas Pengomposan.....	37
Gambar 4. 6 Emisi GRK Berdasarkan Pengangkutan ke TPA.....	39
Gambar 4.8 Emisi Aktivitas Pengumpulan Pengepul.....	41
Gambar 4.9 Emisi GRK Berdasarkan Mesin Pengolahan Pengepul	42
Gambar 4.10 Peta Lokasi Industri Daur Ulang.....	45
Gambar 4.11 Emisi GRK Aktivitas Pengangkutan Pengepul.....	45
Gambar 4.12 Emisi GRK Berdasarkan Aktivitas Pengepul	47
Gambar 4.13 Hasil Perhitungan Emisi GRK Aktivitas TPS 3R.....	48
Gambar 4.14 Perbandingan Emisi GRK Aktivitas TPS 3R dan Skenario TPA	50
Gambar 4.15 Perbandingan Emisi GRK Aktivitas TPS 3R dan Pembakaran Terbuka	52
Gambar 4.16 Perbandingan Aktivitas TPS 3R, Skenario TPA, dan Skenario Pembakaran	54

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran I : Perhitungan Emisi GRK Berdasarkan Aktivitas TPS 3R dan Aktivitas Pengepul
- Lampiran II : Perhitungan Emisi GRK Berdasarkan Skenario
- Lampiran III : Dokumentasi Penelitian
- Lampiran IV : Peta
- Lampiran V : Formulir Pengambilan Data

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah adalah suatu hal yang tidak pernah terlepas dari kehidupan manusia. Manusia akan menghasilkan sampah melalui aktivitas yang telah dilakukannya setiap harinya. Sampah merupakan salah satu permasalahan di Indonesia setiap tahunnya. Volume sampah mengalami peningkatan setiap tahunnya. Hal ini terjadi karena adanya penambahan penduduk setiap tahunnya. Salah satu kegiatan pengurangan sampah yakni melalui Tempat Pengolahan Sampah *Reduce-Reuse-Recycle* (TPS 3R). Menurut UU-18 tahun 2008, pengelolaan sampah merupakan kegiatan yang tersistematis, menyeluruh, dimana kegiatan tersebut meliputi kegiatan pengurangan dan penanganan sampah. Kegiatan pengurangan dapat berupa kegiatan pembatasan terjadinya sampah, penggunaan kembali sampah, serta daur ulang sampah. Sedangkan, kegiatan penanganan sampah terdiri dari pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pemrosesan akhir sampah.

Penyelenggaraan TPS 3R merupakan salah satu bentuk pendekatan persampahan skala komunal yang melibatkan partisipasi pemerintah dan masyarakat. Konsep utama dalam TPS 3R adalah mengurangi kuantitas dan memperbaiki karakteristik sampah yang selanjutnya akan diolah di TPA (Tempat Pemrosesan Akhir). TPS 3R memiliki beberapa aktivitas yakni mulai dari pengumpulan sampah, pemilahan, penggunaan ulang, dan juga pendauran ulang. TPS 3R umumnya akan berkaitan langsung dengan masyarakat sekitar. Tentunya dari beberapa aktivitas yang dilakukan pada TPS 3R akan ada yang berpengaruh terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca.

Gas rumah kaca merupakan gas yang berasal secara alami maupun dari aktivitas manusia. Gas rumah kaca memiliki sifat menyerap dan memancarkan radiasi infra merah yang berasal dari sinar matahari. Peningkatan gas rumah kaca tentunya berdampak pada perubahan iklim. Perubahan iklim tersebut terjadi akibat

peningkatan suhu yang terjadi di permukaan bumi. Perubahan iklim dapat memberikan dampak secara tidak langsung seperti perubahan ekosistem dan penyakit (Lanti dan Dewi, 2012). Gas rumah kaca dapat berupa karbon dioksida (CO_2), nitrogen oksida (N_2O), metana (CH_4), gas – gas terflorinasi (HCFs, PFCs, SF_6) kelompok aldehid, ozon (O_3), dan uap air.

Permasalahan sampah dapat terjadi dimanapun, salah satunya yakni di Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Kabupaten ini setiap tahunnya mengalami pertumbuhan penduduk sehingga berkaitan dengan peningkatan kuantitas sampah yang dihasilkan setiap tahunnya. Jumlah penduduk Kabupaten Bantul pada tahun 2021 yaitu 998.647 jiwa dengan persentase pertumbuhan penduduk dari 2020 ke 2021 yaitu 1,75% (BPS Bantul, 2022). Berdasarkan data tahun 2021, diketahui bahwa timbulan sampah pada kabupaten ini mencapai 197.895,34 m^3 /tahun, dan juga pada kabupaten ini sudah terdapat 16 TPS 3R. Permasalahan terkait pengelolaan sampah di Kabupaten Bantul yakni kebiasaan masyarakat yang membuang atau membakar sampah secara sembarangan, belum optimalnya pemilahan sampah dari sumber, TPS 3R yang masih belum optimal, ketersediaan pengumpulan sampah hanya 18,5%, serta belum terdapat TPST pada Kabupaten Bantul.

Berdasarkan Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca dan Monitoring, Pelaporan, Verifikasi Tahun 2021, diketahui bahwa sektor limbah pada tahun 2020 menyumbang sebesar 12% terhadap emisi gas rumah kaca dengan hasil perhitungan yakni sebesar 126.797 Gg CO_2e . Maka dari itu, berdasarkan permasalahan yang terjadi, maka perlu dilakukan penelitian terkait aktivitas TPS 3R yang berpotensi dalam peningkatan emisi gas rumah kaca yakni seperti aktivitas pengangkutan, pengomposan, maupun penggunaan mesin yang berada pada TPS 3R tersebut. Selain itu, hal ini juga bertujuan untuk menghitung emisi gas rumah kaca pada provinsi ini. Metode perhitungan emisi gas rumah kaca ini akan bergantung pada aktivitas yang berjalan pada TPS 3R tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Apa saja aktivitas pada TPS 3R Kabupaten Bantul yang berpotensi dalam peningkatan emisi gas rumah kaca?
- 2) Berapakah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas TPS 3R Kabupaten Bantul?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mengidentifikasi aktivitas pada TPS 3R Kabupaten Bantul yang berpotensi dalam peningkatan emisi gas rumah kaca
- 2) Menghitung dan menganalisis emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas pada TPS 3R Kabupaten Bantul

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mampu mengetahui aktivitas pada TPS 3R Kabupaten Bantul
- 2) Mampu menganalisa peningkatan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas pada TPS 3R Kabupaten Bantul
- 3) Mampu memberikan informasi serta solusi terkait masalah peningkatan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan kepada pihak TPS 3R maupun pemerintah

1.5 Asumsi Penelitian

Potensi emisi gas rumah kaca dapat dihasilkan dari aktivitas pengelolaan sampah, salah satunya pada aktivitas pengelolaan di TPS 3R. Penggunaan bahan bakar fosil merupakan salah satu penyebab potensi emisi gas rumah kaca. Selain itu, aktivitas penguraian pada pengomposan juga dapat menjadi penyebab potensi emisi gas rumah kaca.

1.6 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini meliputi sebagai berikut ini:

- 1) Lokasi penelitian ini berada pada TPS 3R Kabupaten Bantul

- 2) Potensi emisi gas rumah kaca yang dihitung hanya berdasarkan pada aktivitas operasional TPS 3R Kabupaten Bantul yaitu aktivitas pengumpulan, pengolahan, pengomposan, pengangkutan ke TPA hingga aktivitas pengepul yakni pengumpulan dari TPS 3R, pengolahan, dan pengangkutan ke industri daur ulang
- 3) Metode yang digunakan yaitu *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) dan perhitungan mengacu pada Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional dari Kementerian Lingkungan Hidup
- 4) Gas rumah kaca yang dihitung meliputi gas CO₂, N₂O, dan CH₄
- 5) Bahan bakar yang dihitung berasal dari bensin dan solar
- 6) Skenario pembanding yaitu pembakaran langsung dan pembuangan serta penimbunan ke TPA yang dihitung berdasarkan jumlah timbulan sampah yang masuk per tahunnya pada TPS 3R
- 7) Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei–Juli 2023

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

2.1.1 Pengertian Sampah

Menurut UU 18 tahun 2008, sampah merupakan sisa kegiatan sehari-hari manusia dan proses alam yang berbentuk padat. Sampah dihasilkan oleh setiap orang, kelompok orang, maupun badan hukum. Sampah biasanya dikelompokkan berdasarkan sumbernya dan juga berdasarkan cara penanganan dan pengolahannya.

2.1.2 Sumber dan Timbulan Sampah

Sumber sampah dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu sampah dari pemukiman dan sampah dari non pemukiman. Sampah yang berasal dari pemukiman biasanya disebut sebagai sampah domestik, sedangkan yang berasal dari non pemukiman biasanya disebut sampah non domestik. Dalam pengelolaan sampah di Indonesia, sampah kota dibagi diklasifikasikan sumbernya yakni seperti sampah dari pemukiman, pasar, kegiatan komersial, kegiatan perkantoran, hotel dan restoran, kegiatan dari institusi, penyapuan jalan, dan taman-taman (Damanhuri, 2008).

Timbulan sampah biasanya akan dikaitkan dengan pengelolaan sampah. Data timbulan dapat digunakan untuk berbagai elemen dalam pengelolaan sampah khususnya dalam pemilihan peralatan, perencanaan rute pengangkutan, dan juga fasilitas untuk daur ulang. Perbedaan timbulan sampah per harinya biasanya dipengaruhi oleh beberapa hal yakni jumlah penduduk dan tingkat pertumbuhannya, tingkat hidup masyarakat, musim, gaya hidup dan mobilitas penduduk, iklim, dan cara penanganan makanannya. Timbulan sampah dapat dinyatakan dengan satuan volume atau satuan berat. Di Indonesia umumnya menerapkan satuan volume (Damanhuri, 2008).

2.1.3 Komposisi Sampah

Sampah dapat dikelompokkan berdasarkan komposisinya. Berdasarkan sifat kimia dan biologisnya sampah dikelompokkan menjadi sampah yang dapat membusuk, sampah yang tidak membusuk, dan sampah yang berupa debu dan abu. Kandungan yang terdapat dalam sampah dapat berupa zat-zat kimia ataupun zat fisis yang berbahaya. Komposisi sampah dapat berupa sampah organik, kertas, logam, kaca, tekstil, plastik/karet, dan lain-lain. Komposisi sampah dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni cuaca, frekuensi pengumpulan, musim, tingkat sosial ekonomi, pendapatan per kapita, dan kemasan produk. Dengan mengetahui komposisi sampah, kita dapat menentukan cara pengolahan yang tepat dan efisien untuk diterapkan dalam proses pengolahannya (Damanhuri,2008).

2.1.4 Karakteristik Sampah

Karakteristik sampah dapat dikelompokkan menurut sifat-sifatnya yaitu karakteristik fisika dan karakteristik kimia. Karakteristik fisika dapat berupa densitas, kadar air, kadar volatile, kadar abu, nilai kalor, dan distribusi ukuran. Sedangkan, karakteristik kimia berupa susunan kimia sampah yang terdiri dari unsur C, N, O, P, H, S, dan sebagainya. Informasi terkait komposisi sampah diperlukan dalam memilih dan menentukan cara dalam setiap peralatan ataupun fasilitas yang digunakan dalam pengelolaan sampah (Damanhuri, 2008).

2.1.5 Pengelolaan Sampah

Menurut UU-18 tahun 2008, pengelolaan sampah merupakan kegiatan yang tersistematis, menyeluruh, dimana kegiatan tersebut meliputi kegiatan pengurangan dan penanganan sampah. Kegiatan pengurangan dapat berupa kegiatan pembatasan terjadinya sampah, penggunaan kembali sampah, serta daur ulang sampah. Sedangkan, kegiatan penanganan sampah terdiri dari pemilahan, pengumpulan,

pengangkutan, pengolahan, dan pemrosesan akhir sampah. Pemilahan merupakan kegiatan pengelompokkan dan pemisahan sampah berdasarkan dengan jenisnya, jumlah, ataupun sifat sampahnya. Pemilahan sampah dapat dikelompokkan menjadi sampah basah (sampah yang menjadi bahan baku kompos), sampah kering (sampah daur ulang), maupun sampah berbahaya. Pengumpulan merupakan kegiatan pengambilan dan pemindahan sampah dari sumber ke tempat penampungan sementara maupun ke tempat pengolahan sampah terpadu. Pengangkutan sampah merupakan kegiatan membawa sampah dari sumber atau dari tempat penampungan sementara maupun dari tempat pengolahan sampah terpadu ke tempat pemrosesan akhir. Pengolahan sampah merupakan kegiatan dimana bertujuan untuk mengubah karakteristik, komposisi maupun jumlah sampah. Kegiatan terakhir yakni pemrosesan akhir sampah, kegiatan ini merupakan pengembalian sampah atau residu hasil pengolahan sebelumnya ke media lingkungan.

2.2 TPS 3R

2.2.1 Deskripsi TPS 3R

Penyelenggaraan TPS 3R merupakan salah satu bentuk pendekatan persampahan skala komunal yang melibatkan partisipasi pemerintah dan masyarakat. Konsep utama dalam TPS 3R adalah mengurangi kuantitas dan memperbaiki karakteristik sampah yang selanjutnya akan diolah di TPA (Tempat Pemrosesan Akhir). Terdapat beberapa tujuan dari TPS 3R yaitu meningkatkan komitmen pemerintah daerah dalam penyelenggaraan TPS 3R, meningkatkan pemahaman dan kesadaran akan pengelolaan sampah, menyediakan prasarana dan sarana pengelolaan sampah yang berkualitas, mengurangi beban pengolahan sampah di TPA, dan meningkatkan kelembagaan masyarakat. Pada TPS 3R dilakukan upaya untuk mengurangi sampah sejak dari sumbernya sehingga dapat mengurangi beban sampah yang akan diolah di TPA (Kementerian PUPR, 2020). Konsep pengelolaan pada TPS 3R ini yakni *reuse*, *reduce*, dan *recycle*.

Reuse (menggunakan kembali) merupakan menggunakan ulang sampah dengan fungsi yang sama maupun beda dengan fungsi sebelumnya. Salah satu contoh konsep ini yakni penggunaan kembali wadah kaleng bekas makanan menjadi wadah penyimpanan barang. *Reduce* (mengurangi) merupakan suatu kegiatan yang dapat mengurangi timbulan sampah dengan menggunakan barang-barang yang lebih ramah lingkungan. Salah satu contoh konsep *recycle* yakni membawa botol minum sendiri sehingga dapat mengurangi penggunaan botol minum plastik. *Recycle* (daur ulang) merupakan suatu kegiatan memanfaatkan kembali sampah yang telah melewati masa pengolahan. Salah satu contoh konsep *recycle* yakni pembuatan kompos dari sampah daun-daunan maupun sampah organik lainnya.

Unit yang terdapat pada TPS 3R terdiri dari unit pencurahan sampah tercampur, unit pemilahan sampah tercampur, unit pengolahan sampah organik, unit pengolahan atau penampungan sampah anorganik, unit pengolahan atau penampungan sampah residu, gudang, dan kantor (Kementerian PUPR, 2020). Aktivitas yang dilakukan pada TPS 3R yakni pengumpulan sampah terpilah yang biasanya menggunakan gerobak manual ataupun menggunakan gerobak motor. Pengumpulan sampah pada TPS 3R ini tentunya harus memiliki sekat agar sampah dapat terpilah dengan baik. Terdapat beberapa pengolahan yakni mulai dari pemilahan, pengolahan sampah organik, pengumpulan sampah anorganik yang dapat didaur ulang, pemadatan ataupun pencacahan sampah anorganik daur ulang, serta pengangkutan sampah ke TPA untuk residu yang telah diolah. Sampah organik bisa diolah menjadi kompos maupun produk lainnya. Sedangkan, sampah anorganik daur ulang akan dikumpulkan dan kemudian dijual ataupun akan diolah menjadi produk yang bernilai ekonomis.

2.2.2 Pengolahan Pada TPS 3R

Salah satu bentuk pengolahan pada TPS 3R yaitu pengomposan. Kompos merupakan salah satu teknologi dalam menangani sampah organik.

Hasil dari teknologi ini yakni berupa tanah humus yang nantinya dapat digunakan untuk pertumbuhan tanaman. Teknologi ini merupakan proses dekomposisi dengan bantuan mikroorganisme untuk mengubah bahan organik menjadi bahan yang bersifat stabil (Yasmin, 2022).

Teknologi ini terdiri dari empat fase yakni mesofilik, termofilik, pendinginan, dan pematangan. Pada fase mesofilik, CO₂ dan H₂O akan menonjol, dimana pada fase ini terdapat bakteri mesofilik akan berkembangbiak dengan pesat. Selain itu, pada fase mesofilik juga akan menghasilkan gas N₂O. Selanjutnya yaitu fase termofilik, pada fase ini akan dihasilkan gas CH₄. Kemudian dilanjutkan dengan fase pendinginan atau yang biasa dikenal dengan fase kedua mesofilik, pada fase ini gas N₂O yang dihasilkan akan lebih meningkat dibandingkan dengan fase mesofilik. Fase terakhir yaitu fase pematangan, fase ini merupakan fase dimana habisnya bahan organik yang terdegradasi di lingkungan, maka dari itu emisi gas rumah kaca yang dihasilkan pada fase ini akan lebih sedikit atau tidak ada sama sekali (Yasmin, 2022).

2.3 Emisi Gas Rumah Kaca

2.3.1 Pengertian Gas Rumah Kaca

Gas rumah kaca merupakan gas yang terdapat di atmosfer. Sifat yang terdapat pada gas rumah kaca ini yakni menyerap dan memancarkan radiasi infra merah yang berasal dari sinar matahari. Peningkatan gas rumah kaca tentunya berdampak pada perubahan iklim. Perubahan iklim tersebut terjadi akibat peningkatan suhu yang terjadi di permukaan bumi. Gas rumah kaca dapat berupa karbon dioksida (CO₂), nitrogen oksida (N₂O), metana (CH₄), gas-gas terflorinasi (HCFs, PFCs, SF₆) kelompok aldehyd, ozon (O₃), dan uap air. Emisi gas rumah kaca dapat memberikan dampak terhadap lingkungan yakni berupa pemanasan global, pencairan gletser dan lapisan es, kenaikan muka air laut, dan pengasaman air laut.

2.3.2 Sumber Emisi Gas Rumah Kaca

Emisi gas rumah kaca ini sebagian besar berasal dari transportasi yakni 95% Gas CO₂ dihasilkan dari transportasi. Transportasi yang dimaksud yakni transportasi yang menggunakan bahan bakar seperti bensin, solar, dan bahan bakar lainnya, transportasi tersebut dapat berupa truk, mobil maupun SUV (García- Cerrud, dkk., 2021). Dimana, transportasi yang menggunakan bahan bakar akan memancarkan gas CO₂. Pada TPS 3R, gas rumah kaca tersebut dapat dihasilkan melalui pengangkutan sampah yang biasanya menggunakan *dump truck* maupun tossa dan juga berasal melalui mesin pengolahan yang menggunakan bahan bakar. Jumlah CO₂ pada kegiatan pengangkutan akan bergantung pada metode, jarak pengangkutan, jenis dan kapasitas kendaraan pengangkut, dan juga jumlah bahan bakar yang digunakan. Selain itu, sumber emisi gas rumah kaca ini berasal dari kegiatan pengelolaan sampah yakni sebanyak 4% (Vergara and Tchobanoglous, 2012). Selain itu, emisi gas rumah kaca juga bisa bersumber dari pengomposan. Emisi gas rumah kaca pada pengomposan tergantung jenis limbah dan komposisinya. Gas CO₂, N₂O, dan CH₄ dihasilkan dari proses – proses yang terjadi pada pengomposan yakni pada fase mesofilik, termofilik, dan fase pendinginan (Yasmin, 2022).

2.3.3 Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca

Salah satu perhitungan emisi gas rumah kaca yang biasa digunakan yakni *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2006*. IPCC digunakan untuk memperkirakan inventarisasi suatu negara atau daerah untuk emisi antropogenik gas rumah kaca dari sumber hingga penyerapannya untuk berbagai sektor dan salah satunya sektor limbah. Tingkat ketelitian pada perhitungan metode ini disebut dengan “Tier”. Ketelitian tersebut dibagi menjadi 3 yakni Tier 1, Tier 2, dan Tier 3. Tier 1 merupakan estimasi yang didasarkan pada data aktifitas dan faktor emisi *default* IPCC. Tier 2 merupakan estimasi yang didasarkan pada data

aktifitas yang lebih akurat dan faktor emisi *default* IPCC atau faktor emisi spesifik suatu negara atau pabrik (*country specific/plant specific*). Sedangkan, tier 3 merupakan estimasi yang didasarkan pada metoda spesifik suatu negara dengan data aktifitas yang lebih akurat yakni dengan pengukuran langsung dan didasarkan dengan faktor emisi spesifik suatu negara atau pabrik. Penentuan Tier ini ditentukan berdasarkan ketersediaan data dan tingkat kemajuan suatu negara atau pabrik (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

2.3.4 Dampak Emisi Gas Rumah Kaca

Bentuk efek rumah kaca terhadap bumi yakni terjadinya peningkatan suhu yakni perubahan iklim yang ekstrim. Dampak dari emisi GRK ini yakni memanasnya belahan bumi bagian utara yang mengakibatkan cairnya gunung – gunung es. Selain itu, pemanasan global ini dapat membuat permukaan lautan menghangat sehingga permukaan laut naik yang bisa mengakibatkan bencana seperti banjir akibat pasang. Dalam sektor pertanian, pemanasan ini akan berdampak pada pertanian, dimana keringnya lahan pertanian sehingga tidak tanaman tidak dapat tumbuh dengan baik. Pada sektor kesehatan, wabah penyakit akan semakin meluas karena meningkatnya temperatur di bumi.

2.4 Studi Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan salah satu hal yang diperlukan sebagai data pendukung. Penelitian tersebut dapat dijadikan sebagai pembandingan antara hasil penelitian terdahulu dengan penelitian yang dilakukan saat ini. Berikut ini beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan, dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Hasil Studi Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Judul	Hasil Penelitian
1	Yasmin, dkk., 2022	<i>Emission of greenhouse gases (GHGs) during composting and vermicomposting: Measurement, mitigation, and perspectives</i>	Salah satu jenis sampah yang diteliti pada penelitian ini yakni sampah serpihan kayu. Sampah ini menghasilkan emisi CH ₄ yakni 0,022-0,254 Kg C m ⁻² /hari. Sampah ini juga menghasilkan emisi N ₂ O yakni sejumlah 0,152-0,511 kg C m ⁻² /hari. Selain itu, terdapat jenis sampah lain yang diteliti yakni sampah yang berasal dari perkarangan rumah, dimana sampah tersebut menghasilkan emisi CH ₄ , N ₂ O, dan CO ₂ . Jumlah emisi yang dihasilkan pada CH ₄ dari sampah perkarangan rumah yakni 0,4-4,2 kg CH ₄ Mg ⁻¹ , pada N ₂ O yakni sejumlah 0,30 – 0,55 kg N ₂ O Mg ⁻¹ , dan pada CO ₂ yakni 100 – 239 kg CO ₂ -eq. Mg ⁻¹ .
2	Verma & Borongan, 2022	<i>Emissions of Greenhouse Gases from Municipal Solid Waste Management System in Ho Chi Minh City of Viet Nam</i>	Limbah padat yang terdapat pada Kota Ho Chi Minh yakni terdiri dari sampah organik seperti sisa makanan, sampah tulang, sampah anorganik, sampah karet, besi, maupun sampah tekstil. Sampah tersebut berasal dari aktivitas domestik, aktivitas konstruksi, dan juga aktivitas rumah sakit. Emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari pengelolaan limbah padat yakni 768,61 dan -72,47 (Kg CO ₂ -eq./tonne of MSW) atau setara dengan 1,665 juta ton CO ₂ -eq/tahun. Hasil emisi gas tersebut sudah melalui penghematan secara langsung dan tidak langsung.
3	Kristanto, dkk., 2020	<i>Estimation of greenhouse gas emissions from solid waste management and wastewater treatment in the Nizam Zachman Fishery Port, Jakarta, Indonesia</i>	Emisi gas rumah kaca pada pengolahan limbah padat penelitian ini yakni 9913,361 ton CO ₂ -eq/tahun. Dengan adanya daur ulang dan pengomposan maka emisi gas rumah kaca dapat berkurang sebesar 33,74% dari pengolahan limbah padat sehingga total emisi gas rumah kacanya hanya 9420,972 ton CO ₂ -eq/tahun.

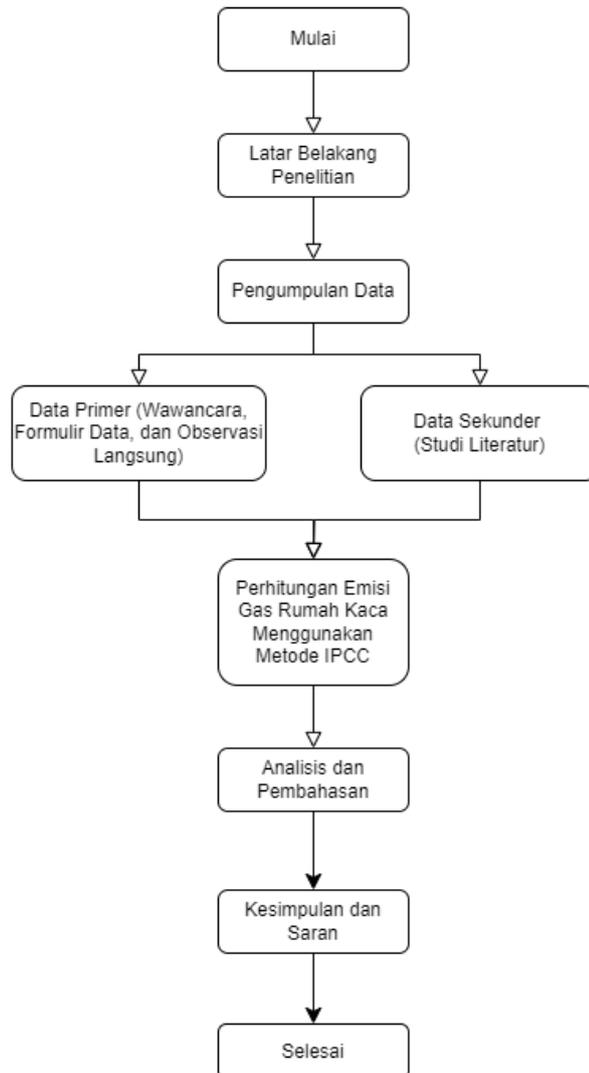
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan pada penelitian ini dapat dilihat melalui diagram alir berikut ini (lihat pada Gambar 3.1):



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

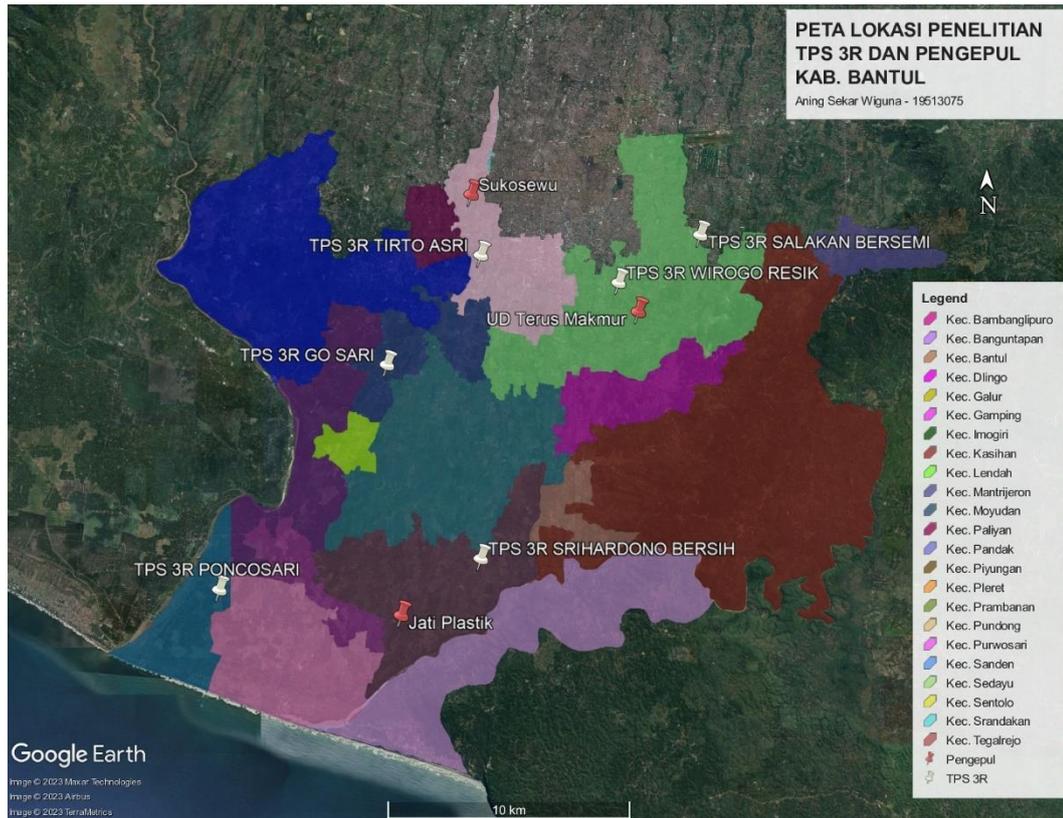
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada pada TPS 3R yang berlokasi di Kabupaten Bantul, Yogyakarta. Berdasarkan website Sistem Informasi Pengolahan

Sampah Nasional (SIPSN) tahun 2021, kabupaten ini memiliki 16 TPS 3R. Jumlah lokasi pengambilan data pada penelitian ini adalah 6 TPS 3R. Penentuan lokasi penelitian dilakukan menggunakan metode stratified random sampling, metode ini digunakan apabila suatu populasi memiliki tingkatan atau strata yang bervariasi. Pada metode ini sampel yang diambil sesuai dengan jumlah kelas dan diambil secara acak. Lokasi penelitian TPS 3R dapat dilihat pada Tabel 3.1. Selain itu, penelitian juga dilakukan pada pengepul yang ada di Kabupaten Bantul berdasarkan kerjasama antara pihak TPS 3R dan pengepul. Alamat pengepul dapat dilihat pada Tabel 3.2. Waktu penelitian ini akan dilakukan pada bulan Mei–Juli 2023.

Tabel 3.1 Alamat Lokasi Penelitian TPS 3R

No	Nama TPS 3R	Alamat
1	Srihardono Bersih	Baran RT 07, Baran, Srihardono, Kec. Pundong, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta
2	Wirogo Resik	Grojogan, Wirokerten, Banguntapan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta
3	Tirtoasri	Jl. Mrisi Dsn XI, Gn. Cilik, Tirtonirmolo, Kec. Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta
4	Salakan Bersemi	Mayungan, RT 05, Salakan Potorono, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta
5	Go Sari	Bungsing, RT 04, Guwosari, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta
6	Poncosari	Jl. Rillban, Banaran, Poncosari, Kec. Srandakan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta



Gambar 3.2 Peta Lokasi Penelitian

Tabel 3.2 Alamat Lokasi Penelitian Pengepul

No	Nama Pengepul	Alamat
1	Jati Plastik	Jl. Metuk, Methuk, Donotirto, Kec. Kretek, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta
2	UD Terus Makmur	Kepuh Wetan, Wirokerten, Kec. Banguntapan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta
3	Sukosewu	Jl. AS-Samawaat Barat, Tegal Kenanga, Tirtonirmolo, Kec. Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

3.3 Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini akan dilakukan pengumpulan data guna mencapai tujuan dari penelitian ini. Terdapat beberapa data yang diperlukan yakni data primer dan data sekunder. Data primer pada penelitian yang diperlukan yakni data timbulan sampah, komposisi sampah, jumlah sampah yang masuk ke TPS 3R, metode pengolahan sampah pada TPS 3R tersebut, persentase pemilahan

sampah, dan jumlah yang terlayani pada TPS 3R tersebut. Sedangkan, untuk data sekundernya yakni data terkait jumlah TPS 3R di Kabupaten Bantul ini. Metode pengumpulan data–data tersebut tentunya akan dilakukan dengan beberapa hal yakni studi literatur, observasi lapangan, wawancara, dan kuesioner. Metode pengumpulan data dapat dilihat melalui Tabel 3.3 berikut ini:

Tabel 3.3 Metode Pengumpulan Data

No	Jenis Data	Data	Metode Pengumpulan
1	Data Primer	Timbulan sampah yang masuk	Wawancara, Kuesioner, dan Observasi Lapangan
2		Kegiatan pengelolaan dan pengolahan sampah pada TPS 3R	
3		Jumlah kendaraan pengangkut, jarak tempuh, dan jumlah konsumsi bahan bakar	
5		Jumlah dan jenis mesin pengelolaan sampah, durasi penggunaan mesin, dan jumlah konsumsi bahan bakar pada mesin	
6		Metode pengomposan, jumlah sampah organik, dan durasi pengomposan	
7	Data Sekunder	Jumlah TPS 3R di Kabupaten Bantul	Website Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN)
8		Nilai Kalor Bahan Bakar	Data dari <i>Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)</i>
9		Faktor Emisi Dari Bahan Bakar	Studi Literatur
10		Asumsi Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Jenis Bahan Bakar	
11		Jarak tempuh TPS 3R – TPA, jarak tempuh TPS 3R – Pengepul, Jarak tempuh Pengepul – Industri Daur Ulang	<i>Google Maps</i>

3.4 Metode Analisis Data

Analisis data menjelaskan cara menganalisis atau teknik mengolah data yang digunakan untuk analisis data diperlukan agar dapat berguna dalam memecahkan masalah dalam penelitian ini. Pada penelitian ini akan diperlukan data yang bertujuan agar dapat mengetahui estimasi dari emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari setiap aktivitas pengolahan sampah pada TPS 3R Kabupaten Bantul ini. Perhitungan emisi gas rumah kaca pada penelitian ini akan bergantung pada Aktivitas yang dilakukan pada TPS 3R tersebut. Aktivitas yang ada pada TPS 3R dapat berupa pengumpulan dan pengangkutan sampah, pengomposan, maupun penggunaan mesin – mesin pengolahan sampah. Perhitungan ini didasarkan pada metode IPCC 2006 yang terdapat pada Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Metode perhitungan tersebut dapat dikelompokkan menjadi berikut ini:

3.3.1 Analisis Data Pada Aktivitas TPS 3R

1) Pengumpulan dan Pengangkutan Sampah

Aktivitas pengumpulan dan pengangkutan sampah pada TPS 3R yakni biasanya menggunakan kendaraan pengangkut yang berupa gerobak motor ataupun gerobak manual yang sudah memiliki sekat. Penggunaan gerobak motor pada aktivitas pengumpulan dan pengangkutan ini tentunya akan menimbulkan emisi gas rumah kaca. Perhitungan emisi kendaraan ini dimulai dengan menghitung konsumsi bahan bakar terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan dengan menghitung emisi gas rumah kaca. Apabila data konsumsi bahan bakar tidak didapatkan dari proses pengambilan data maka kita dapat memperhitungkan konsumsi bahan bakar melalui jarak dan juga asumsi konsumsi bahan bakarnya berdasarkan jenis kendaraannya itu sendiri (lihat pada Tabel 3.5).

- Perhitungan konsumsi bahan bakar

$$\text{Konsumsi Energi} = \text{Konsumsi BB}_a \times \text{nilai kalor (Tj/L)} \quad (3.1)$$

dimana,

Konsumsi BB_a = jumlah bahan bakar dikonsumsi (L)

Nilai kalor = dapat dilihat melalui Tabel 3.4

a = jenis bahan bakar
(Sumber: KLH, 2012)

Tabel 3.4 Nilai Kalor Bahan Bakar di Indonesia

Bahan Bakar	Nilai Kalor	Penggunaan
Premium	33×10^{-6} TJ/Liter	Kendaraan Bermotor
Solar (HSD, ADO)	36×10^{-6} TJ/Liter	Kendaraan Bermotor, Pembangkit Listrik

(Sumber: KLH, 2012)

Tabel 3.5 Asumsi Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Jenis Kendaraan

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

(Sumber: Lestari, 2017)

- Perhitungan emisi yang dihasilkan

Setelah dilakukan perhitungan konsumsi bahan bakar dari setiap kendaraan pengangkut yang digunakan, maka dapat dihitung emisi gas rumah kaca yang dihasilkan pada kendaraan pengangkut sampah. Setelah dilakukan perhitungan emisi pada masing – masing gas, kemudian nilai tersebut dikonversikan menjadi nilai *Global Warming Potential* (GWP) sebagai hasil akhir dengan mengalikan hasil terhadap nilai GWP berdasarkan dengan gasnya (lihat pada Tabel 3.8).

$$\text{Emisi (Kg BB)} = \text{Konsumsi Energi (Tj)} \times \text{Faktor Emisi}_a \quad (3.2)$$

dimana,

Faktor emisi_a = faktor emisi menurut bahan bakar (kg gas/TJ), dapat dilihat melalui Tabel 3.6 dan Tabel 3.7

(Sumber: KLH, 2012)

Tabel 3.6 Faktor Emisi CO₂ Pada Transportasi

Jenis Bahan Bakar	Faktor Emisi (Kg CO ₂ /TJ)
RON 92	72600
Solar	74433

(Sumber: KESDM, 2020)

Tabel 3.7 Faktor emisi CH₄ dan N₂O Pada Transportasi

Jenis Bahan Bakar	Faktor Emisi (Kg CH ₄ /TJ)	Faktor Emisi (Kg N ₂ O/TJ)
Premium	25	8
Solar	3,9	3,9

(Sumber: KLH, 2012)

Tabel 3.8 Nilai *Global Warming Potential* (GWP)

Jenis Gas	GWP (CO ₂ eq)
CO ₂	1
CH ₄ -fossil	29,8
CH ₄ -non fossil	27
N ₂ O	273

(Sumber: AR6 IPCC, 2021)

2) Pengomposan

Perhitungan emisi gas rumah kaca pada pengomposan dapat dihitung berdasarkan massa sampah yang dikomposkan dan juga konsumsi dari bahan bakar yang digunakan dalam pengomposan. Setelah dilakukan perhitungan emisi pengomposan pada masing – masing gas, kemudian nilai tersebut dikonversikan menjadi nilai (GWP) sebagai hasil akhir dengan mengalikan hasil terhadap nilai GWP berdasarkan dengan gasnya (lihat pada Tabel 3.8). Berikut ini merupakan perhitungan emisi gas rumah kaca dari aktivitas pengomposan:

- Emisi CH₄

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ (Gg CH}_4\text{)} = \sum (\text{Mi} \times \text{EFi}) \times 10^{-3} - \text{R} \quad (3.3)$$

Keterangan:

Mi = massa sampah yang dikomposkan (Gg)

EFi = faktor emisi pada proses pengomposan (G CH₄/kg)

R = jumlah *recovery* emisi CH₄ (Gg CH₄)
(Sumber: KLH, 2012)

- Emisi N₂O

$$\text{Emisi N}_2\text{O (Gg N}_2\text{O)} = \sum (\text{M}_i \times \text{EF}_i) \times 10^{-3} - \text{R} \quad (3.4)$$

Keterangan:

M_i = massa sampah yang dikomposkan (Gg)

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

R = jumlah *recovery* emisi CH₄ (Gg N₂O)

(Sumber: KLH, 2012)

Tabel 3.9 Faktor Emisi CH₄ dan N₂O Pada Pengomposan

Kegiatan	Faktor Emisi (G CH ₄ /Kg)	Faktor Emisi (G N ₂ O/Kg)
Pengomposan	4	0,3

(Sumber: KLH, 2012)

- Emisi CO₂

$$\text{Emisi CO}_2 = \frac{\text{M}_r}{\text{A}_r} \times \text{C HWP} \quad (3.5)$$

$$\text{C HWP} = \sum \text{W}_i \times \text{M} \times \text{DOC}_i \quad (3.6)$$

Keterangan:

C HWP = Carbon stock pada sampah yang masuk (Gg C/tahun)

W_i = Fraksi sampah I pada sampah yang masuk

M = Massa total sampah yang masuk ke rumah kompos
(Gg/tahun)

DOC_i = Nilai DOC untuk sampah jenis i

M_r = Massa molekul relative CO₂ (44)

A_r = Massa atom relative C (12)

Tabel 3.10 Nilai DM, DOC

Komponen	Dry Matter Content (%Berat Basah)	DOC (%Berat Basah)		DOC Content in % of Dry Waste	
		Default	Range	Default	Range
Kertas/Kardus	90	40	36-45	44	40-50
Tekstil	80	24	20-40	30	25-50
Sisa Makanan	40	15	8-20	38	20-50
Kayu	85	43	39-46	50	46-54
Sampah Kebun	40	20	18-22	49	45-55
Diapers	40	24	18-32	60	44-80
Karet & Kulit	84	39	39	47	47
Plastik	100	-	-	-	-
Logam	100	-	-	-	-
Kaca	100	-	-	-	-
Lain-lain, Sampah Sulit Terurai	90	-	-	-	-

(Sumber: IPCC, 2006)

3) Penggunaan Mesin

Pada TPS 3R tentunya memiliki beberapa tahapan pengolahan dimana terdapat beberapa pengolahan yang membutuhkan mesin. Mesin yang digunakan pada pengolahan tersebut tentunya memerlukan bahan bakar sehingga dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca. Setelah dilakukan perhitungan emisi mesin pengolahan pada masing – masing gas, kemudian nilai tersebut dikonversikan menjadi nilai *Global Warming Potential* (GWP) sebagai hasil akhir dengan mengalikan hasil terhadap nilai GWP berdasarkan dengan gasnya (lihat pada Tabel 3.8). Perhitungan emisi gas rumah kaca pada mesin yang digunakan pada aktivitas TPS 3R dapat dilihat sebagai berikut ini:

- Perhitungan konsumsi bahan bakar

$$\text{Konsumsi Energi} = \text{Konsumsi BB}_a \times \text{nilai kalor (Tj/L)} \quad (3.7)$$

dimana,

Konsumsi BB_a = jumlah bahan bakar dikonsumsi (L)

Nilai kalor = dapat dilihat melalui Tabel 3.11
 a = jenis bahan bakar
 (Sumber: KLH, 2012)

Tabel 3.11 Nilai Kalor Bahan Bakar di Indonesia

Bahan Bakar	Nilai Kalor	Penggunaan
Premium	33×10^{-6} TJ/Liter	Kendaraan Bermotor
Solar (HSD, ADO)	36×10^{-6} TJ/Liter	Kendaraan Bermotor, Pembangkit Listrik

(Sumber: KLH, 2012)

- Perhitungan emisi yang dihasilkan

$$\text{Emisi (Kg BB)} = \text{Konsumsi Energi (Tj)} \times \text{Faktor Emisi}_a \quad (3.8)$$

dimana,

Faktor emisi_a = faktor emisi menurut bahan bakar (kg gas/TJ),
 dapat dilihat melalui Tabel 3.12

(Sumber: KLH, 2012)

Beberapa mesin pengolahan memiliki sumber energi berupa listrik,
 terkait langkah perhitungan emisi akan sama dengan perhitungan
 emisi penggunaan mesin berbahan bakar fosil yaitu:

$$\text{Emisi GRK} = \text{Konsumsi Energi (kWh)} \times \text{Faktor Emisi} \quad (3.9)$$

dimana,

Faktor emisi dapat dilihat melalui Tabel 3.13

Tabel 3.12 Faktor Emisi Pada Penggunaan Mesin

Jenis Bahan Bakar	Faktor Emisi CO ₂ (Kg CO ₂ /TJ)	Faktor Emisi CH ₄ (Kg CH ₄ /TJ)	Faktor Emisi N ₂ O (Kg N ₂ O/TJ)
Premium	69300	3	0,6
Solar	74100	3	0,6

(Sumber: KLH, 2012)

Tabel 3.13 Faktor Emisi Sumber Energi Listrik

Faktor Emisi Listrik (Kg gas/kWh)		
CO₂ (Kg CO₂/kWh)	CH₄ (Kg CH₄/kWh)	N₂O (Kg N₂O /kWh)
0,774388897	0,00001594341	0,00000876813

(Sumber: Ecometrica, 2011)

Berdasarkan metode analisis data di atas diketahui bahwa terdapat 3 jenis perhitungan pada aktivitas TPS 3R yakni perhitungan emisi gas rumah kaca pada pengumpulan dan pengangkutan sampah (penggunaan kendaraan), perhitungan emisi pada pengomposan, dan perhitungan emisi pada penggunaan mesin pengolahan yang digunakan pada TPS 3R. Maka dari itu, emisi gas rumah kaca yang dihasilkan pada masing-masing TPS 3R yang diteliti akan dapat diketahui berdasarkan masing-masing aktivitas pada TPS 3R tersebut.

3.3.2 Analisis Data Pada Skenario

Ketiga aktivitas TPS 3R tersebut akan dibandingkan dengan dua skenario lainnya yakni skenario sampah dibuang langsung ke TPA (terjadi penimbunan dan pengangkutan) dan pembakaran sampah secara terbuka. Skenario ini dibuat agar dapat melihat keefektifan TPS 3R dalam mereduksi emisi gas rumah kaca pada sektor limbah. Berikut ini merupakan analisis perhitungan pada skenario-skenario tersebut:

1) Penimbunan Sampah

Dalam skenario sampah dibuang langsung ke TPA akan terjadi pengangkutan dan penimbunan sampah pada TPA. Prinsip perhitungan pengangkutan sampah akan sama dengan pengangkutan pada aktivitas TPS 3R, akan tetapi untuk perhitungan penimbunan akan berbeda. Penimbunan sampah akan menghasilkan gas CH₄. Perhitungan penimbunan secara terbuka ini dikonversi menjadi nilai GWP sebagai hasil akhir dengan mengkalikan hasil terhadap nilai GWP sesuai dengan gas CH₄ (lihat pada Tabel 3.8). Berikut ini merupakan langkah dalam menghitung gas CH₄ yang dihasilkan pada aktivitas penimbunan

$$\text{DDOCm} = \text{W} \times \text{DOC} \times \text{DOCf} \times \text{MCF} \quad (3.10)$$

(Sumber: KLH, 2012)

dimana:

- W = massa limbah yang terdeposisi (Ggram)
 DOC = Fraksi *degradable* karbon organik (GgC/Gg)
 DOCf = Fraksi DOC [0,5] (*Default IPCC*)
 MCF = Faktor koreksi CH₄ (pada Tabel 3.14)

Tabel 3.14 Nilai MCF

Tipe	<i>Methane Correction Factor (MCF)</i>
Terkelola Secara Anaerob	1
Terkelola Secara Aerob	0,5
Tidak Terkelola dalam (> 5 m sampah)	0,8
Tidak Terkelola dangkal (< 5 m sampah)	0,4
Tidak Terkategori	0,6

(Sumber: IPCC, 2006)

$$\text{CH}_4\text{generated} = \text{DDOCmdecomp} \times \text{F} \times 16/12 \quad (3.11)$$

(Sumber: KLH, 2012)

dimana:

- CH₄generated = CH₄ yang terbentuk pada tahun T hasil dekomposisi komponen organik (DDOC)
 DDOCmdecompT = DDOCM yang terdekomposisi (Gg)
 DDOCM = massa DOC yang tersimpan pada sampah di TPA (Gg)
 F = Fraksi (%volume) CH₄ pada gas landfill yang ditimbulkan [0,5] (*Default IPCC*)
 16/12 = Rasio berat molekul CH₄/C

$$\text{Emisi CH}_4 = [\sum \text{CH}_4\text{generated}_{x,T-R_T}] \times (1-\text{OX}_T) \quad (3.12)$$

(Sumber: KLH, 2012)

dimana:

T = tahun inventarisasi

X = tipe atau jenis limbah

R_T = CH₄ yang *direct recovery* untuk dimanfaatkan pada tahun T (Ggram)

OX_T = faktor oksidasi yang terbentuk pada tahun T hasil dekomposisi komponen organik jenis tertentu [Lihat pada Tabel 3.15]

Tabel 3.15 Nilai OX

Nilai OX	
Tipe	<i>Methane Correction Factor (MCF)</i>
Terkelola Secara Terbuka	0
Terkelola Secara Tertutup	0,1

(Sumber: IPCC, 2006)

2) Pembakaran Sampah Secara Terbuka

Pembakaran sampah merupakan skenario dimana sampah langsung dibakar tanpa adanya pengelolaan. Perhitungan gas CO₂ pada pembakaran terbuka akan berbeda dengan gas lainnya, pada perhitungan gas CO₂ akan dibutuhkan data komposisi sampah. Sedangkan, perhitungan gas N₂O dan CH₄ membutuhkan data faktor emisi. Perhitungan pembakaran sampah secara terbuka ini dikonversi menjadi nilai GWP sebagai hasil akhir dengan mengkalikan hasil terhadap nilai GWP sesuai dengan gasnya (lihat pada Tabel 3.8). Langkah perhitungan emisi gas rumah kaca pada aktivitas pembakaran terbuka dapat dilihat sebagai berikut dan:

- Perhitungan CO₂

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{MSW} * \sum_j [\text{WF}_j * \text{DM}_j * \text{CF}_j * \text{FCF}_j * \text{OF}_j] * \frac{44}{12} \quad (3.13)$$

(Sumber: KLH, 2012)

dimana:

MSW = jumlah total limbah (Ggram/tahun)

WF_j = fraksi tipe limbah dari komponen j dalam MSW

DM_j = kandungan zat kering dalam komponen j (fraksi) [dapat dilihat pada Tabel 3.10]

CF_j = fraksi karbon dalam bahan kering pada komponen j
[dapat dilihat pada Tabel 3.16]

FCF_j = fraksi fosil karbon dalam total karbon pada komponen j
[dapat dilihat pada Tabel 3.16]

OF_j = faktor oksidasi [58%] (default IPCC)

44/12 = faktor konversi dari C ke CO₂

j = jenis komposisi sampah

Tabel 3.16 Nilai *Total Carbon* dan *Fossil Carbon*

Komponen	Total Carbon Content (% Dry Waste)		Fossil Carbon Fraction (%)	
	Default	Range	Default	Range
Kertas/Kardus	46	42-60	1	0-5
Tekstil	50	25-50	20	0-50
Sisa Makanan	38	20-50	-	-
Kayu	50	46-54	-	-
Sampah Kebun	49	45-55	0	0
Diapers	70	54-90	10	10
Karet & Kulit	67	67	20	20
Plastik	75	67-85	100	95-100
Logam	NA	NA	NA	NA
Kaca	NA	NA	NA	NA
Lain-lain, Sampah Sulit Terurai	3	0-5	100	50-100

(Sumber: IPCC, 2006)

- **Perhitungan CH₄ dan N₂O**

$$\text{Emisi Gas } x = \text{jumlah limbah yang dibakar (Ggram)} \times \text{faktor emisi}_x \quad (3.14)$$

(Sumber: KLH, 2012)

dimana:

x = jenis gas yang akan dihitung

Faktor emisi_x = faktor emisi berdasarkan gas yang akan
dihitung (kgx/Gg) dengan nilai 6500
KgCH₄/Gg dan 150 KgN₂O/Gg

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada TPS 3R dan pengepul yang berada di Bantul. Masing-masing TPS 3R tentunya mempunyai timbulan sampah, jumlah pelanggan, dan juga metode pengolahan yang berbeda – beda, hal ini dapat dilihat melalui Tabel 4.1. Secara umum, TPS 3R pada daerah Bantul sudah melakukan pemilahan sampah, akan tetapi tidak semua TPS 3R melakukan pengolahan pada sampah-sampah yang telah dipilah. Pelanggan pada masing-masing TPS 3R tersebut dapat terdiri dari rumah, sekolah, kantor, industri, gudang, maupun pasar tradisional. Biaya iuran yang diberikan kepada pelanggan TPS 3R akan berbeda-beda tergantung pada sumber sampahnya masing-masing. Secara umum, TPS 3R pada Kabupaten Bantul sudah melakukan pemilahan, akan tetapi belum semua TPS 3R di Kabupaten Bantul memiliki fasilitas mesin yang memadai.

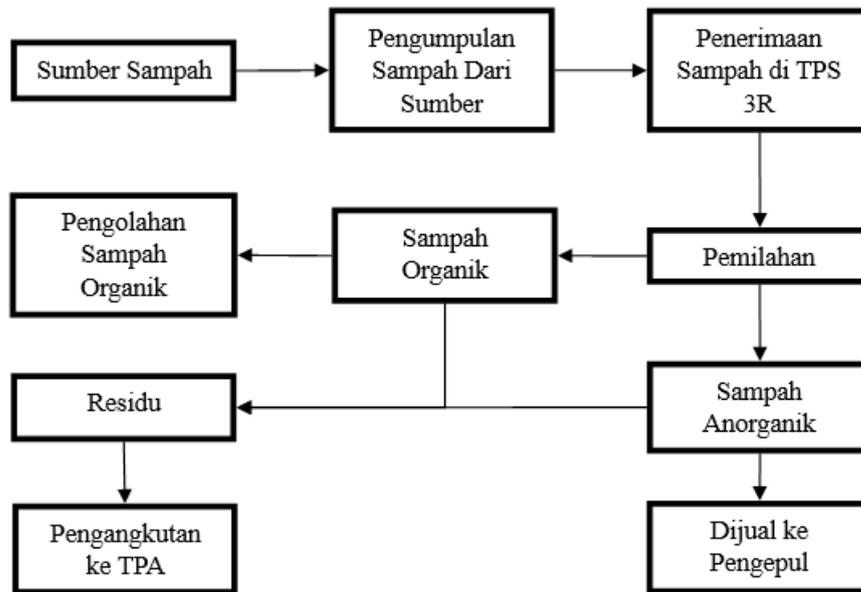
Tabel 4.1 Profil TPS 3R Bantul

Nama TPS 3R	Srihardono Bersih	Wirogo Resik	Tirtoasri	Salakan Bersemi	Go Sari	Poncosari
Tahun Berdiri	2016	2016	2017	2015	2019	2019
Waktu Operasional	Senin-Sabtu, 08.00-16.00	Senin-Sabtu, 08.00-16.00	Senin-Sabtu, 08.00-15.00	Senin-Sabtu, 08.00-15.00	Senin-Sabtu, 08.00-15.00	Senin-Sabtu, 08.00-13.00
Jumlah Pelanggan	535 pelanggan	7 sekolah	2 sekolah	150 rumah	5 sekolah	2 sekolah
		2000 rumah	285 rumah		359 kk	230 rumah
		1 kantor	1 kantor		5 rumah makan	1 kantor
		1 hotel	3 gudang 1 pasar		1 klinik	
Jumlah Sampah Masuk (ton/tahun)	599,04	1078,27	479,23	299,52	218,4	187,2
Kategori	Sedang	Besar	Kecil	Kecil	Kecil	Kecil
Jumlah Kendaraan Pengangkut (unit)	2 (Motor Sampah)	4 (2 mobil <i>Pickup</i> dan 2 <i>dump truck</i>)	2 (Motor Sampah)	2 (1 mobil <i>Pickup</i> dan 1 motor sampah)	3 (motor sampah)	1 (motor sampah)
Iuran Pelanggan (per bulan)	Rp25.000- Rp50.000	Rp250.000- Rp1.200.000	Rp25.000- Rp100.000	Rp30.000	Rp30.000- Rp100.000	Rp25.000- Rp35.000

Nama TPS 3R	Srihardono Bersih	Wirogo Resik	Tirtoasri	Salakan Bersemi	Go Sari	Poncosari
Tahapan Pengelolaan	1. Penerimaan 2. Pemilahan 3. Pencacahan 4. Pengomposan 5. Pengayakan Kompos	1. Penerimaan 2. Pemilahan	1. Penerimaan 2. Pemilahan 3. Pencacahan 4. Pengomposan 5. Pengayakan Kompos	1. Penerimaan 2. Pemilahan 3. Pencacahan 4. Pengomposan	1. Penerimaan 2. Pemilahan 3. Pengolahan sampah organik (maggot dan penimbunan) 4. Pengolahan residu	1. Penerimaan 2. Pemilahan
Jenis Mesin Pengolahan	1. Mesin pencacahan organik (1 unit)	-	1. Mesin penggilingan (1 unit) 2. Mesin pengayakan (1 unit)	1. Mesin pencacahan (3 unit)	1. Mesin cacah pilah (1 unit) 2. Mesin bubur organik (1 unit)	-
Nama Pengepul	Jati Plastik	Sukosewu	Sukosewu	UD Terus Makmur	Jati Plastik	Jati Plastik

4.2 Aktivitas TPS 3R

Aktivitas pada TPS 3R pada Kabupaten Bantul dapat dilihat melalui Gambar 4. 1 berikut ini:



Gambar 4. 1 Alur Aktivitas TPS 3R

Aktivitas TPS 3R ini dimulai dengan pengumpulan sampah yang diangkut oleh petugas TPS 3R dari masing-masing sumber sampah. Sumber sampah dapat berasal dari rumah, kantor, industri, maupun sekolah. Sampah yang diterima di TPS 3R akan dipilah menjadi beberapa jenis seperti sampah organik, sampah plastik, dan juga sampah kardus atau kertas. Sampah organik yang telah dipilah akan dilakukan pengolahan berupa pengomposan ataupun sebagai pakan maggot. Sedangkan, sampah anorganik yang telah dipilah akan dicacah secara manual maupun menggunakan mesin. Pada beberapa TPS 3R di Bantul, aktivitas pengolahan sampah akan diproses menggunakan mesin, seperti mesin pengayakan kompos, mesin pencacahan, dan juga mesin pemilahan. Sampah anorganik yang sudah melalui proses pengolahan akan dijual ke pengepul-pengepul yang sudah bekerja sama dengan TPS 3R tersebut. Sampah yang menjadi residu akan diangkut menuju TPA.

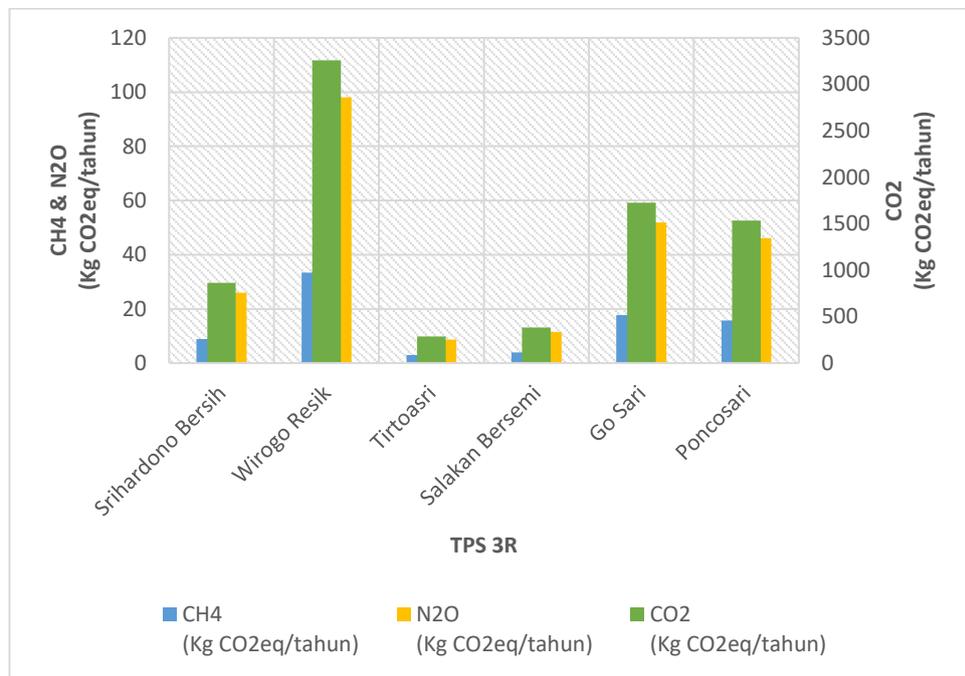
Berdasarkan aktivitas-aktivitas pada TPS 3R, terdapat beberapa yang berpotensi menghasilkan emisi gas rumah kaca. Hal tersebut dapat berasal dari

transportasi yang digunakan maupun penggunaan mesin pengolahan. Aktivitas yang berpotensi yakni aktivitas pengumpulan dari sumber sampah, penggunaan mesin, pengomposan, pembakaran dan juga pengangkutan ke TPA dan pengepul.

4.3 Potensi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas TPS 3R

4.3.1 Aktivitas Pengumpulan

Berdasarkan aktivitas pengumpulan pada masing–masing TPS 3R, berikut ini merupakan hasil perhitungan emisi gas rumah kaca yang didapat:



Gambar 4.2 Emisi GRK Berdasarkan Aktivitas Pengumpulan

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Emisi GRK Aktivitas Pengumpulan

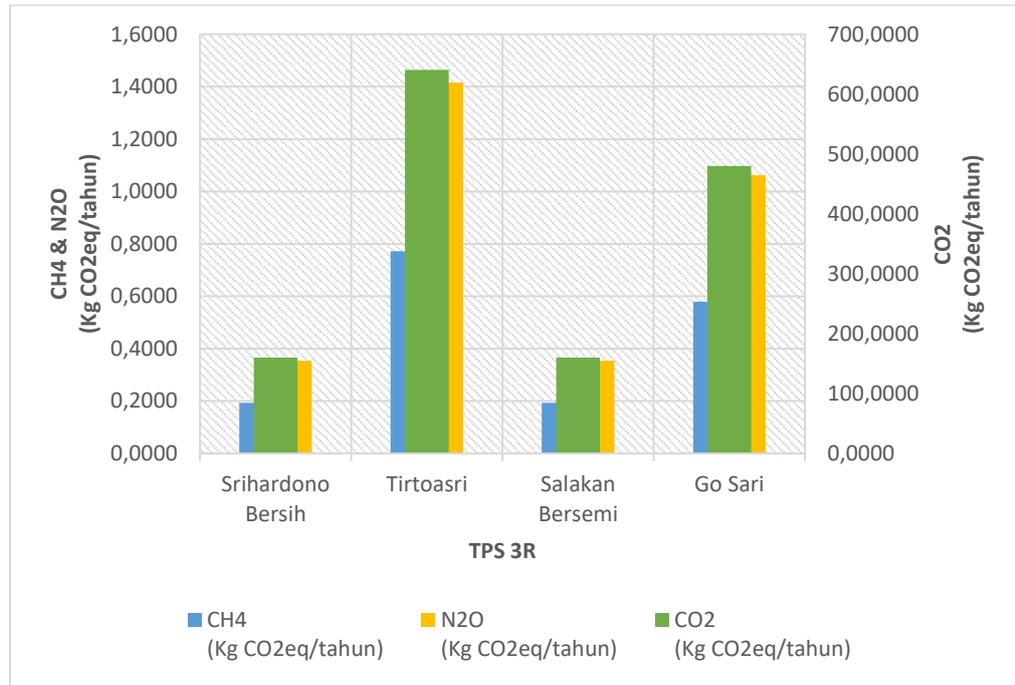
No.	Nama TPS 3R	Konsumsi Bahan Bakar (L/Tahun)	Konsumsi Energi (Tj)	Emisi Gas Rumah Kaca			
				CO ₂ (Kg CO ₂ eq/tahun)	CH ₄ (Kg CO ₂ eq/tahun)	N ₂ O (Kg CO ₂ eq/tahun)	Total GRK (Kg CO ₂ eq/tahun)
1	Srihardono Bersih	360	0,0119	862,49	8,85	25,95	897,28
2	Wirogo Resik	1.360	0,0449	3.258,29	33,44	98,02	3.389,74
3	Tirtoasri	120	0,0040	287,50	2,95	8,65	299,09
4	Salakan Bersemi	160	0,0053	383,33	3,93	11,53	398,79
5	Go Sari	720	0,0238	1.724,98	17,70	51,89	1.794,57
6	Poncosari	640	0,0211	1.533,31	15,73	46,13	1.595,17
Total				8.049,89	82,61	242,16	8.374,66

Aktivitas pengumpulan dapat menimbulkan emisi gas rumah kaca dikarenakan adanya penggunaan bahan bakar fosil pada kendaraan yang digunakan. Perhitungan emisi gas rumah kaca pada aktivitas ini akan dipengaruhi oleh jumlah bahan bakar yang digunakan pada masing-masing kendaraan. Berdasarkan Gambar 4.2 dapat diketahui bahwa TPS 3R Wirogo Resik memiliki tingkat emisi yang paling tinggi yaitu 3.389,74 KgCO₂eq/tahun, hal ini dikarenakan jumlah bahan bakar pada TPS 3R tersebut paling tinggi yakni 1360 L/tahun. Jumlah bahan bakar yang cukup tinggi ini dipengaruhi oleh jarak tempuh pada kendaraan yang digunakan. Rumus perhitungan emisi GRK pengumpulan ini merujuk pada persamaan (3.2) dengan faktor emisi mengacu pada Tabel 3.6 dan Tabel 3.7. Berikut ini merupakan contoh perhitungan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas pengumpulan:

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 \text{ (KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= 0,0119 \text{ Tj} \times 72600 \text{ KgCO}_2\text{/Tj} \times 1 \\
 &= 862,49 \text{ KgCO}_2\text{/tahun} \\
 \text{Emisi CH}_4 \text{ (KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= 0,0119 \text{ Tj} \times 25 \text{ KgCH}_4\text{/Tj} \times 29,8 \\
 &= 8,85 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \\
 \text{Emisi N}_2\text{O (KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= 0,0119 \text{ Tj} \times 8 \text{ Kg N}_2\text{O /Tj} \times 273 \\
 &= 25,95 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \\
 \text{Total Emisi GRK} &= \text{Emisi CO}_2 + \text{Emisi CH}_4 + \text{Emisi N}_2\text{O} \\
 &= 862,49 + 8,85 + 25,95 \\
 &= 897,28 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun}
 \end{aligned}$$

4.3.2 Aktivitas Mesin Pengolahan

Berdasarkan aktivitas pengolahan sampah pada masing–masing TPS 3R, berikut ini merupakan hasil perhitungan emisi gas rumah kaca yang didapat:



Gambar 4.3 Emisi GRK Berdasarkan Aktivitas Pengolahan

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Emisi GRK Aktivitas Pengolahan

No	Nama TPS 3R	Konsumsi Bahan Bakar (L/Tahun)	Konsumsi Energi (Tj)	Emisi Gas Rumah Kaca			Total GRK (Kg CO2eq/tahun)
				CO ₂ (Kg CO ₂ ,eq/tahun)	CH ₄ (Kg CO ₂ ,eq/tahun)	N ₂ O (Kg CO ₂ ,eq/tahun)	
1	Srihardono Bersih	60	0,0022	160,06	0,19	0,35	160,60
2	Tirtoasri	240	0,0086	640,22	0,77	1,42	642,41
3	Salakan Bersemi	60	0,0022	160,06	0,19	0,35	160,60
4	Go Sari	180	0,0065	480,17	0,58	1,06	481,81
Total				1.440,50	1,74	3,18	1.445,43

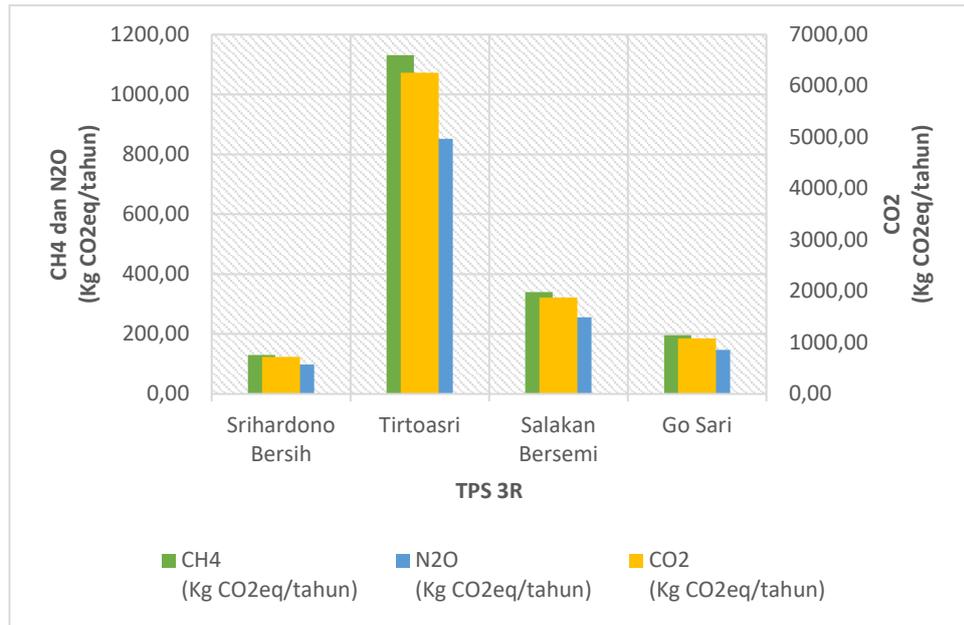
Pada aktivitas pengolahan TPS 3R terdapat beberapa proses yang dilakukan yang disesuaikan dengan jenis sampahnya. Aktivitas tersebut dapat berupa aktivitas pencacahan, penggilingan, serta pembuatan bubur

organik yang dibantu dengan menggunakan mesin. Mesin tersebut tentunya akan membutuhkan bahan bakar fosil yang nantinya akan menghasilkan emisi gas rumah kaca. Berdasarkan Gambar 4.3, dapat diketahui bahwa TPS 3R Tirtoasri memiliki nilai emisi gas rumah kaca yang tinggi yaitu 642,41 KgCO₂eq/tahun, hal ini dikarenakan penggunaan jumlah bahan bakar solar yang lebih banyak (dapat dilihat pada Tabel 4.3) yaitu sebanyak 240 L/tahun. Faktor yang dapat mempengaruhi emisi gas rumah kaca pada aktivitas ini yakni konsumsi bahan bakar pada masing–masing mesin. Pada aktivitas ini, terdapat dua TPS 3R yang tidak menggunakan mesin dalam pengolahannya yakni TPS 3R Wirogo Resik dan TPS 3R Poncosari. Hal ini dikarenakan tidak terdapat mesin pengolahan pada kedua TPS 3R tersebut, sehingga kedua TPS 3R hanya melakukan penerimaan dan pemilahan sampah saja. Rumus perhitungan ini merujuk pada persamaan (3.8), dengan faktor emisi mengacu pada Tabel 3.12. Contoh perhitungan emisi gas rumah kaca pada aktivitas ini dapat dilihat sebagai berikut ini:

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 &= 0,0022 \text{ Tj} \times 74100 \text{ KgCO}_2/\text{Tj} \times 1 \\
 (\text{KgCO}_2\text{eq/tahun}) &= 160,06 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \\
 \\
 \text{Emisi CH}_4 &= 0,0022 \text{ Tj} \times 3 \text{ KgCH}_4/\text{Tj} \times 29,8 \\
 (\text{KgCO}_2\text{eq/tahun}) &= 0,019 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \\
 \\
 \text{Emisi N}_2\text{O} &= 0,0022 \text{ Tj} \times 0,6 \text{ Kg N}_2\text{O} /\text{Tj} \times 273 \\
 (\text{KgCO}_2\text{eq/tahun}) &= 0,35 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \\
 \\
 \text{Total Emisi GRK} &= \text{Emisi CO}_2 + \text{Emisi CH}_4 + \text{Emisi N}_2\text{O} \\
 &= 160,06 + 0,19 + 0,35 \\
 &= 160,60 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun}
 \end{aligned}$$

4.3.3 Aktivitas Pengomposan

Berdasarkan aktivitas pengomposan pada masing – masing TPS 3R, berikut ini merupakan hasil perhitungan emisi gas rumah kaca yang didapat:



Gambar 4.4 Emisi GRK Berdasarkan Aktivitas Pengomposan

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Emisi Aktivitas Pengomposan

No	Nama TPS 3R	Jumlah Sampah yang dikomposkan (Kg)	Emisi Gas Rumah Kaca			
			CO ₂ (Kg CO ₂ eq/tahun)	CH ₄ (Kg CO ₂ eq/tahun)	N ₂ O (Kg CO ₂ eq/tahun)	Total GRK (Kg CO ₂ eq/tahun)
1	Srihardono Bersih	100	721,60	130,56	98,28	950,44
2	Tirtoasri	600	6.253,87	1.131,52	851,76	8.237,15
3	Salakan Bersemi	300	1.881,31	340,39	256,23	2.477,93
4	Go Sari	300	1.082,40	195,84	147,42	1.425,66
Total		1300	9.939,18	1.798,31	1.353,69	13.091,18

Pengomposan merupakan salah satu bentuk pengolahan sampah organik pada TPS 3R Kabupaten Bantul. Akan tetapi, terdapat beberapa TPS 3R yang tidak melakukan pengomposan yakni TPS 3R Wirogo Resik dan TPS 3R Poncosari. Berdasarkan Gambar 4.4, TPS 3R Tirtoasri memiliki potensi emisi gas rumah kaca yang lebih tinggi dibandingkan TPS 3R lainnya yaitu 8.237,15 kgCO₂eq/tahun, hal ini dipengaruhi oleh berat sampah yang dikomposkan. Berat sampah pada TPS 3R Tirtoasri pada satu kali pengomposan bisa mencapai 600 kg. Sedangkan, pada TPS 3R lainnya hanya berkisar 100 atau 300 kg pada saat sekali pengomposan (lihat pada

Tabel 4.4). Metode pengomposan yang digunakan pada TPS 3R Kabupaten Bantul ini yakni *open windrow* dan juga menggunakan fermentasi EM4. Rumus pada perhitungan pengomposan pada CO₂ merujuk pada persamaan (3.5) dan perhitungan gas CH₄ dan N₂O merujuk pada persamaan (3.3) dan (3.4). Contoh perhitungan emisi gas rumah kaca pada aktivitas ini dapat dilihat sebagai berikut ini:

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 \text{ (KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= (44/12) \times 0,00019680 \text{ KgCO}_2\text{/Tj} \times 1 \\
 &= 721,60 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \\
 \text{Emisi CH}_4 \text{ (KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= 0,0012 \text{ Tj} \times 4 \text{ KgCH}_4\text{/Tj} \times 27,2 \\
 &= 130,56 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \\
 \text{Emisi N}_2\text{O (KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= 0,0012 \text{ Tj} \times 0,3 \text{ Kg N}_2\text{O /Tj} \times 273 \\
 &= 98,28 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \\
 \text{Total Emisi GRK} &= \text{Emisi CO}_2 + \text{Emisi CH}_4 + \text{Emisi N}_2\text{O} \\
 &= 721,60 + 130,56 + 98,28 \\
 &= 950,440 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun}
 \end{aligned}$$

4.3.4 Aktivitas Pengangkutan ke TPA

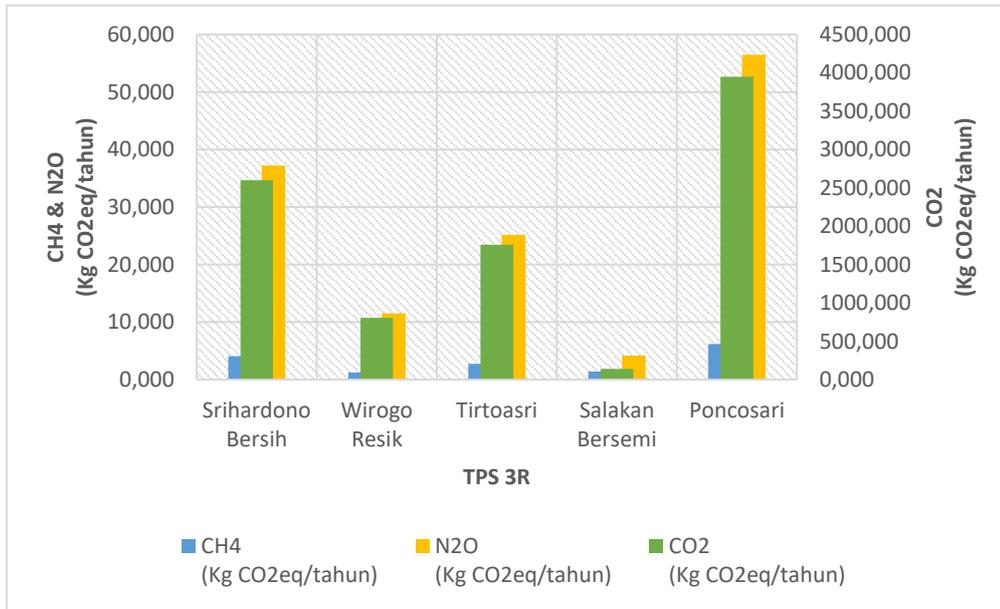
Berdasarkan aktivitas pengangkutan pada masing – masing TPS 3R, berikut ini merupakan hasil perhitungan emisi gas rumah kaca yang didapat:

Tabel 4.5 Jarak Tempuh Perjalanan Pengangkutan Per TPS 3R

No.	Nama TPS 3R	Jarak Tempuh (Km)	Jarak Tempuh TPA - TPS 3R - TPA (Km)
1	Srihardono Bersih	21	42
2	Wirogo Resik	6,5	13
3	Tirtoasri	14,2	28,4
4	Salakan Bersemi	6	12
5	Poncosari	31,9	63,8

Aktivitas pengangkutan ini memiliki prinsip yang sama dengan aktivitas pengumpulan. Pada aktivitas ini dilakukan pengangkutan residu dari TPS 3R ke TPA Piyungan menggunakan transportasi seperti *dump truck* untuk TPS 3R Srihardono Bersih, Wirogo Resik, Tirtoasri, dan Poncosari, sedangkan pada TPS 3R Salakan Bersemi menggunakan *Pick*

Up. Perhitungan jumlah bahan bakar pada aktivitas ini dihitung dengan cara yakni jarak dari TPS 3R ke TPA Piyungan (lihat pada Tabel 4.5) dibagi dengan asumsi konsumsi bahan bakar sesuai dengan jenis kendaraannya (lihat pada Tabel 3.5) dan dikalikan dengan jumlah pengangkutan dalam setahun.



Gambar 4.5 Emisi GRK Berdasarkan Pengangkutan ke TPA

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Emisi Aktivitas Pengangkutan ke TPA

No.	Nama TPS 3R	Konsumsi Bahan Bakar (L/Tahun)	Konsumsi Energi (Tj)	Emisi Gas Rumah Kaca			
				CO ₂ (Kg CO ₂ e/tahun)	CH ₄ (Kg CO ₂ e/tahun)	N ₂ O (Kg CO ₂ e/tahun)	Total GRK (Kg CO ₂ e/tahun)
1	Srihardono Bersih	970,67	0,0349	2.600,99	4,06	37,20	2.642,25
2	Wirogo Resik	300,44	0,0108	805,07	1,26	11,52	817,84
3	Tirtoasri	656,36	0,0236	1.758,76	2,75	25,16	1.786,67
4	Salakan Bersemi	58,05	0,0019	139,07	1,43	4,18	144,68
5	Poncosari	1.474,49	0,0531	3.951,02	6,17	56,52	4.013,71
Total				9.254,91	15,66	134,58	9.405,15

Perhitungan emisi gas rumah kaca dari aktivitas pengangkutan ini dipengaruhi oleh jarak tempuh dari TPS 3R ke TPA Piyungan. Berdasarkan Gambar 4. 5, diketahui bahwa TPS 3R Poncosari menghasilkan emisi GRK yang paling besar, hal ini disebabkan jarak tempuh pada satu kali pengangkutan mencapai 63,8 km (lihat pada Tabel 4.5). Selain itu, terdapat

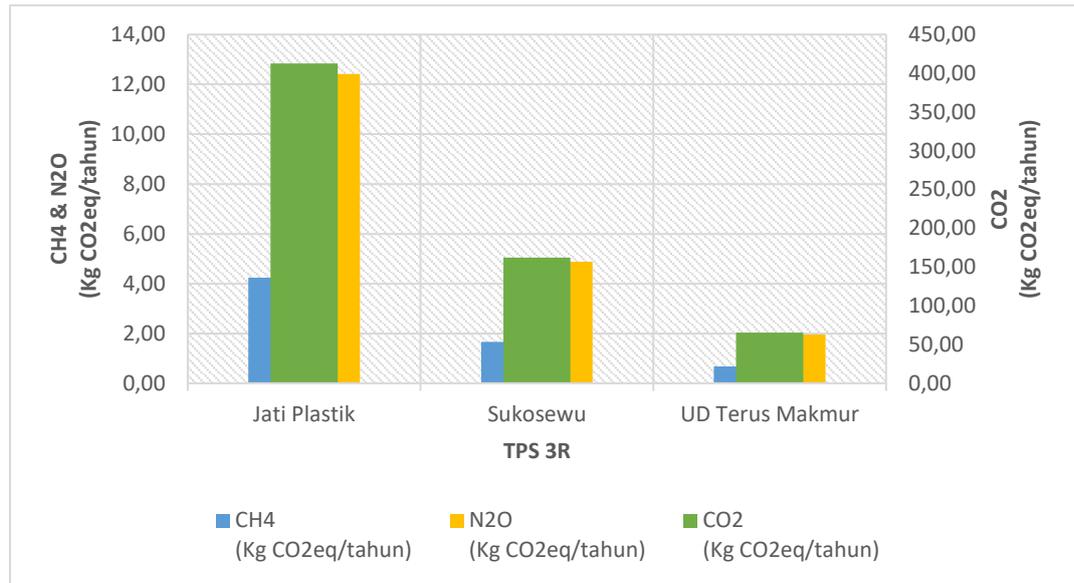
TPS 3R yang sudah tidak menyetorkan sampah menuju TPA yakni TPS 3R Go Sari, hal ini dikarenakan TPS 3R tersebut mencoba prinsip *Zero Waste Management*. Emisi gas rumah kaca pada aktivitas pengangkutan ini sama halnya dengan aktivitas pengumpulan yakni berasal dari bahan bakar yang digunakan pada transportasi pengangkutan. Rumus perhitungan pada aktivitas ini merujuk pada persamaan (3.2) dengan faktor emisi mengacu pada Tabel 3.6 dan Tabel 3.7. Contoh perhitungan emisi gas rumah kaca pada aktivitas ini dapat dilihat sebagai berikut ini:

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 \text{ (KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= 0,035 \text{ Tj} \times 74433 \text{ KgCO}_2\text{/Tj} \times 1 \\
 &= 2600,99 \text{ KgCO}_2\text{/tahun} \\
 \\
 \text{Emisi CH}_4 &= 0,035 \text{ Tj} \times 3,9 \text{ KgCH}_4\text{/Tj} \times 29,8 \\
 \text{(KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= 4,06 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \\
 \\
 \text{Emisi N}_2\text{O} &= 0,035 \text{ Tj} \times 3,9 \text{ Kg N}_2\text{O /Tj} \times 273 \\
 \text{(KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= 37,20 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \\
 \\
 \text{Total Emisi GRK} &= \text{Emisi CO}_2 + \text{Emisi CH}_4 + \text{Emisi} \\
 &= \text{N}_2\text{O} \\
 &= 2600,99 + 4,06 + 37,20 \\
 &= 2642,25 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun}
 \end{aligned}$$

4.4 Potensi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengepul

4.4.1 Aktivitas Pengumpulan dari TPS 3R

Aktivitas pengumpulan sampah oleh pengepul biasanya terdapat dua pilihan yakni petugas TPS 3R menyetor sampah kepada pengepul atau pengepul yang akan mengambil sampah tersebut di TPS 3R. Secara prinsip, kedua pilihan tersebut tentunya akan menghasilkan gas rumah kaca, dimana dihasilkan melalui bahan bakar fosil yang digunakan.



Gambar 4.6 Emisi Aktivitas Pengumpulan Pengepul

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Emisi Aktivitas Pengumpulan Pengepul

No	Nama Pengepul	Konsumsi Bahan Bakar (l/tahun)	Konsumsi Energi (Tj)	Emisi Gas Rumah Kaca			Total GRK (Kg CO2eq/tahun)
				CO ₂ (Kg CO2eq/tahun)	CH ₄ (Kg CO2eq/tahun)	N ₂ O (Kg CO2eq / tahun)	
1	Jati Plastik	172,27	0,0057	412,72	4,24	12,42	429,37
2	Sukosewu	67,73	0,0022	162,28	1,67	4,88	168,82
3	UD Terus Makmur	27,20	0,0009	65,17	0,67	1,96	67,79
Total				640,16	6,57	19,26	665,98

Berdasarkan Tabel 4.7 dan Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa pengepul Jati Plastik menghasilkan emisi gas rumah kaca yang paling tinggi daripada pengepul lainnya. Hal ini dipengaruhi oleh faktor jarak dan jumlah TPS 3R yang diangkut pada pengepul jati plastik. Pengepul jati plastik mengumpulkan sampah dari TPS 3R Srihardono Bersih, TPS 3R Go Sari, dan TPS 3R Poncosari. Sedangkan, pengepul sukosewu mengambil sampah dari 2 TPS 3R yaitu TPS 3R Wirogo Resik dan Tirtoasri dan pengepul UD Terus Makmur hanya mengambil sampah dari TPS 3R Salakan Bersemi.

Rumus perhitungan pengumpulan pada aktivitas pengepul ini merujuk pada persamaan (3.2) dengan faktor emisi mengacu pada Tabel 3.6 dan Tabel 3.7. Contoh perhitungan emisi gas rumah kaca pada aktivitas ini dapat dilihat sebagai berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 \text{ (KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= 0,0057 \text{ Tj} \times 72600 \text{ KgCO}_2\text{/Tj} \times 1 \\ &= 421,72 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \end{aligned}$$

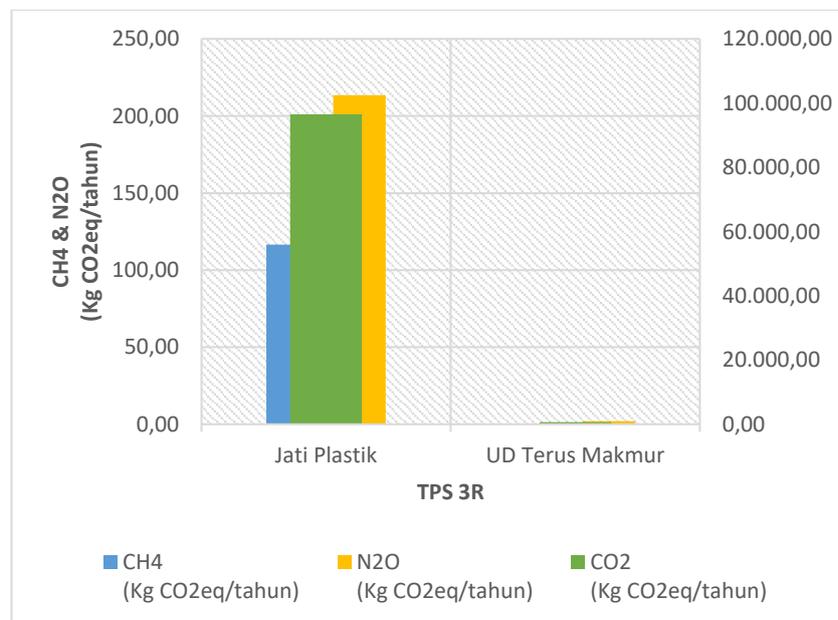
$$\begin{aligned} \text{Emisi CH}_4 \\ \text{(KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= 0,0057 \text{ Tj} \times 25 \text{ KgCH}_4\text{/Tj} \times 29,8 \\ &= 4,24 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi N}_2\text{O} \\ \text{(KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= 0,0057 \text{ Tj} \times 8 \text{ Kg N}_2\text{O /Tj} \times 273 \\ &= 12,42 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Emisi GRK} &= \text{Emisi CO}_2 + \text{Emisi CH}_4 + \text{Emisi N}_2\text{O} \\ &= 421,72 + 4,24 + 12,42 \\ &= 429,37 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \end{aligned}$$

4.4.2 Aktivitas Pengolahan Pengepul

Berdasarkan aktivitas pengolahan pada pengepul, berikut ini merupakan hasil perhitungan emisi gas rumah kaca yang didapat:



Gambar 4.7 Emisi GRK Berdasarkan Mesin Pengolahan Pengepul

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Emisi Aktivitas Pengolahan Pengepul

No.	Pengepul	Sumber Energi	Emisi Gas Rumah Kaca			
			CO ₂ (Kg CO ₂ eq/tahun)	CH ₄ (Kg CO ₂ eq/tahun)	N ₂ O (Kg CO ₂ eq/tahun)	Total GRK (Kg CO ₂ eq/tahun)
1	Jati Plastik	Solar (36192 L/tahun)	96.545,78	116,48	213,42	96.875,68
2	UD Terus Makmur	Listrik (888 kWh/tahun)	687,66	0,42	2,13	690,20
Total			97.233,44	116,90	215,54	97.565,88

Salah satu aktivitas pengepul yakni melakukan pencacahan maupun *pressing* pada sampah yang diterima. Dua dari tiga pengepul yang diteliti, pengepul tersebut memiliki mesin *pressing*, sedangkan pengepul Sukosewu hanya melakukan pengolahan secara manual. Mesin–mesin yang digunakan oleh pengepul sama halnya dengan mesin yang digunakan pada TPS 3R, dimana mesin – mesin tersebut menggunakan bahan bakar. Berdasarkan Gambar 4.7 dan Tabel 4.8, dapat dilihat bahwa pengepul Jati Plastik menghasilkan emisi gas rumah kaca yang tinggi dibandingkan dengan pengepul UD Terus Makmur. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah bahan bakar yang digunakan pada mesin–mesin pengolahan tersebut. Pengepul jati plastik tidak hanya memiliki mesin *pressing* saja, akan tetapi pengepul ini juga memiliki mesin lainnya yakni *conveyor*, *crusher*, dan mesin *palletting* biji plastik. Berdasarkan jumlah mesin yang ada, maka pengepul jati plastik tentunya memiliki kebutuhan bahan bakar yang cukup banyak dibandingkan pengepul UD Terus Makmur yang hanya memiliki 1 alat *pressing*. Selain jumlah bahan bakar yang dibutuhkan, perhitungan ini juga dipengaruhi oleh faktor emisi pada masing–masing bahan bakar. Pengepul Jati Plastik menggunakan bahan bakar solar, sedangkan pengepul UD Terus Makmur menggunakan listrik sebagai sumber energinya. Hal tersebutlah yang mempengaruhi hasil perhitungan emisi gas rumah kaca pada aktivitas ini. Rumus perhitungan pada aktivitas ini mengacu pada persamaan (3.8) dan

(3.9) dan faktor emisi merujuk pada Tabel 3.12 dan Tabel 3.13. Contoh perhitungan emisi gas rumah kaca pada aktivitas ini dapat dilihat sebagai berikut ini:

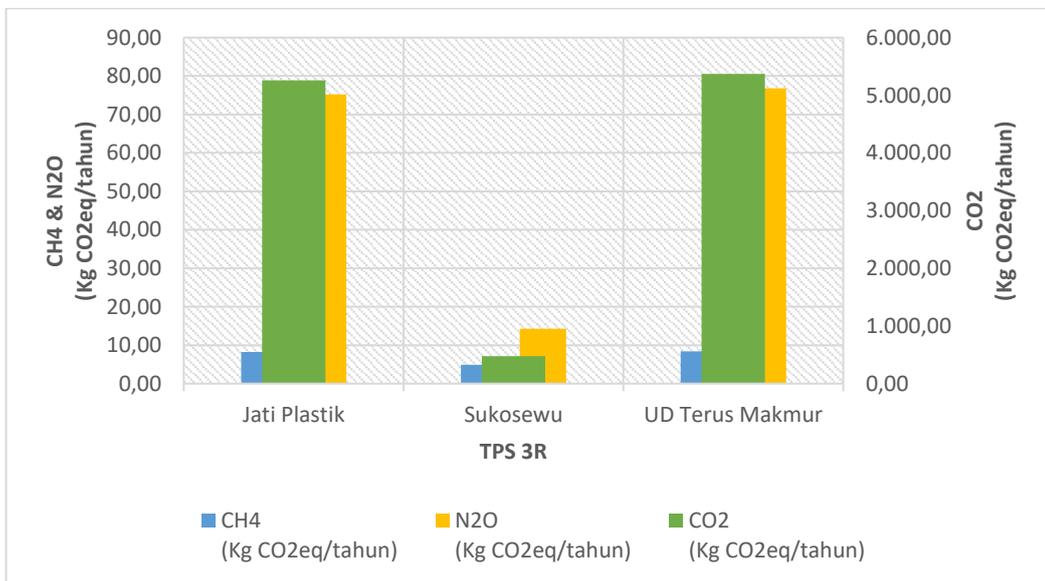
$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 &= 888 \text{ kWh/tahun} \times 0,774388897 \text{ KgCO}_2/\text{kWh} \times 1 \\
 (\text{KgCO}_2\text{eq/tahun}) &= 687,66 \text{ KgCO}_2/\text{tahun} \\
 \\
 \text{Emisi CH}_4 &= 888 \text{ kWh/tahun} \times 0,00001594341 \text{ KgCO}_2/\text{kWh} \times 29,8 \\
 (\text{KgCO}_2\text{eq/tahun}) &= 0,42 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \\
 \\
 \text{Emisi N}_2\text{O} &= 888 \text{ kWh/tahun} \times 0,00000876813 \text{ KgCO}_2/\text{kWh} \times 273 \\
 (\text{KgCO}_2\text{eq/tahun}) &= 2,13 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \\
 \\
 \text{Total Emisi GRK} &= \text{Emisi CO}_2 + \text{Emisi CH}_4 + \text{Emisi N}_2\text{O} \\
 &= 687,657 + 0,42 + 2,13 \\
 &= 690,20 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun}
 \end{aligned}$$

4.4.3 Aktivitas Pengangkutan Ke Pihak Ketiga

Pengepul akan mengirimkan sampahnya kepada pihak ketiga yang biasanya berupa industri daur ulang. Sampah–sampah pada pengepul tentunya sudah dipilah sesuai dengan jenis dan karakteristiknya masing–masing. Maka dari itu, pengepul akan mengirimkan sampahnya kepada industri daur ulang sesuai dengan jenis sampahnya masing–masing. Industri daur ulang yang bekerja sama dengan pengepul biasanya tidak hanya berada di kota yang sama, sebagian industri daur ulang berada di kota yang berbeda dengan pengepul (lihat pada Gambar 4.8). Maka dari itu, emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh aktivitas pengangkutan pengepul ini cukup tinggi.



Gambar 4.8 Peta Lokasi Industri Daur Ulang



Gambar 4.9 Emisi GRK Aktivitas Pengangkutan Pengepulan

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Emisi Aktivitas Pengangkutan Pengepul

No.	Nama Pengepul	Konsumsi Bahan Bakar (L/Tahun)	Emisi Gas Rumah Kaca			
			CO ₂ (Kg CO ₂ eq/tahun)	CH ₄ (Kg CO ₂ eq/tahun)	N ₂ O (Kg CO ₂ eq/tahun)	Total GRK (Kg CO ₂ eq/tahun)
1	Jati Plastik	1962,7	5.259,14	8,21	75,23	5.342,58
2	Sukosewu	198,2	474,74	4,87	14,28	493,89
3	UD Terus Makmur	2186,7	5.371,09	8,39	76,83	5.456,30
Total			11.104,96	21,47	166,34	11.292,77

Berdasarkan Gambar 4.9, dapat dilihat bahwa Sukosewu menghasilkan emisi gas rumah kaca yang paling kecil, hal ini dikarenakan pengepul Sukosewu hanya mengirimkan sampahnya ke industri yang berada di Yogyakarta. Sedangkan, pengepul Jati Plastik dan UD Terus Makmur mengirimkan sampahnya ke kota lain yakni Surabaya, Cirebon, dan Kudus. Jarak pengiriman tersebut tentunya akan berpengaruh besar terhadap emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. Perhitungan emisi gas rumah kaca pada aktivitas ini sama halnya dengan perhitungan emisi gas rumah kaca pada aktivitas pengumpulan, dimana konsumsi bahan bakar dan faktor emisi akan berpengaruh terhadap jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan pada aktivitas ini. Rumus perhitungan pengangkutan pada aktivitas pengepul ini merujuk pada persamaan (3.2) dengan faktor emisi mengacu pada Tabel 3.6 dan Tabel 3.7. Contoh perhitungan emisi gas rumah kaca pada aktivitas ini dapat dilihat sebagai berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 \text{ (KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= 0,071 \text{ Tj} \times 74433 \text{ KgCO}_2\text{/Tj} \times 1 \\ &= 5.259,14 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CH}_4 \text{ (KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= 0,071 \text{ Tj} \times 3,9 \text{ KgCH}_4\text{/Tj} \times 29,8 \\ &= 0,28 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi N}_2\text{O (KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= 8,21 \text{ Tj} \times 3,9 \text{ Kg N}_2\text{O /Tj} \times 273 \\ &= 75,23 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Emisi GRK} &= \text{Emisi CO}_2 + \text{Emisi CH}_4 + \text{Emisi N}_2\text{O} \end{aligned}$$

$$= 5.259,14 + 8,21 + 75,23$$

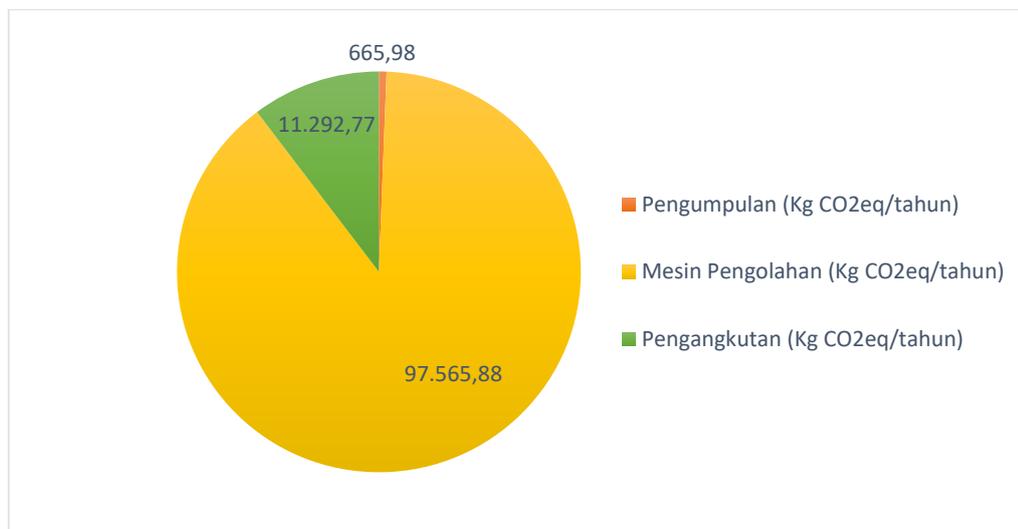
$$= 5.456,58 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun}$$

4.4.4 Total Emisi GRK Aktivitas Pengepul

Total emisi gas rumah kaca pada aktivitas pengepul dapat dilihat melalui Tabel 4.10:

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Emisi GRK Seluruh Aktivitas Pengepul

Rekap Aktivitas Pengepul					
No	Pengepul	Emisi Gas Rumah Kaca			
		CO ₂ (Kg CO ₂ eq/tahun)	CH ₄ (Kg CO ₂ eq/tahun)	N ₂ O (Kg CO ₂ eq/tahun)	Total GRK (Kg CO ₂ eq/tahun)
1	Jati Plastik	102.217,63	128,93	301,06	102.647,62
2	Sukosewu	637,01	6,54	19,16	662,71
3	UD Terus Makmur	6.123,91	9,48	80,91	6.214,30
Total		108.978,55	144,94	401,14	110.285,53



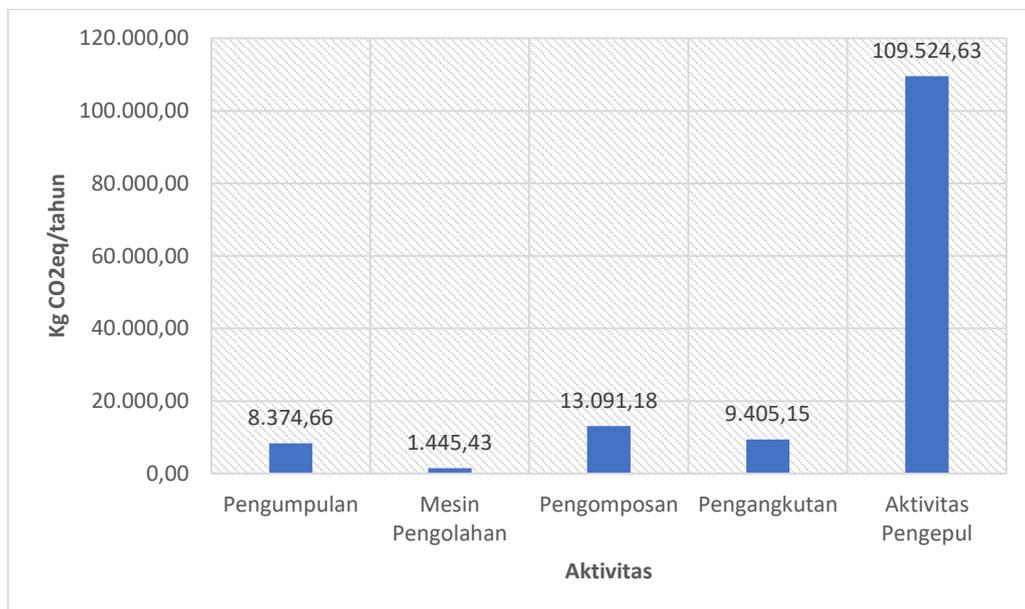
Gambar 4.10 Emisi GRK Berdasarkan Aktivitas Pengepul

Total emisi GRK dari aktivitas pengepul ini merupakan total dari kegiatan pengumpulan, mesin pengolahan, dan pengangkutan ke industri daur ulang. Berdasarkan perhitungan pada aktivitas pengepul, diketahui bahwa pengepul Jati Plastik memiliki nilai emisi gas rumah kaca yang paling tinggi, hal ini bisa berdasarkan jumlah penggunaan bahan bakar fosil pada pengepul

tersebut. Apabila dilihat dari Gambar 4.10, diketahui bahwa mesin pengolahan pada pengepul memiliki emisi gas rumah kaca yang tinggi. Hal tersebut terjadi karena pengepul Jati Plastik menggunakan bahan bakar pada mesin pengolahan bisa mencapai 116 L/hari, maka dari itu apabila diakumulasikan satu tahun, penggunaan bahan bakar pada mesin pengolahan untuk pengepul tersebut cukup tinggi.

4.5 Total Emisi Gas Rumah Kaca Aktivitas TPS 3R Bantul

Emisi gas rumah kaca yang dihasilkan pada masing – masing aktivitas TPS 3R Bantul ini dapat dilihat berikut ini (lihat pada Gambar 4.11 dan Tabel 4.11):



Gambar 4.11 Hasil Perhitungan Emisi GRK Aktivitas TPS 3R

Tabel 4.11 Emisi GRK TPS 3R Bantul Berdasarkan Masing-masing Aktivitas

No	Aktivitas	Emisi Gas Rumah Kaca			Total Emisi GRK (Kg CO ₂ eq/tahun)
		CO ₂ (Kg CO ₂ eq/tahun)	CH ₄ (Kg CO ₂ eq/tahun)	N ₂ O (Kg CO ₂ eq/tahun)	
1	Pengumpulan	8.049,89	82,61	242,16	8.374,66
2	Mesin Pengolahan	1.440,50	1,74	3,18	1.445,43
3	Pengomposan	9.939,18	1.798,31	1.353,69	13.091,18
4	Pengangkutan	9.254,91	15,66	134,58	9.405,15

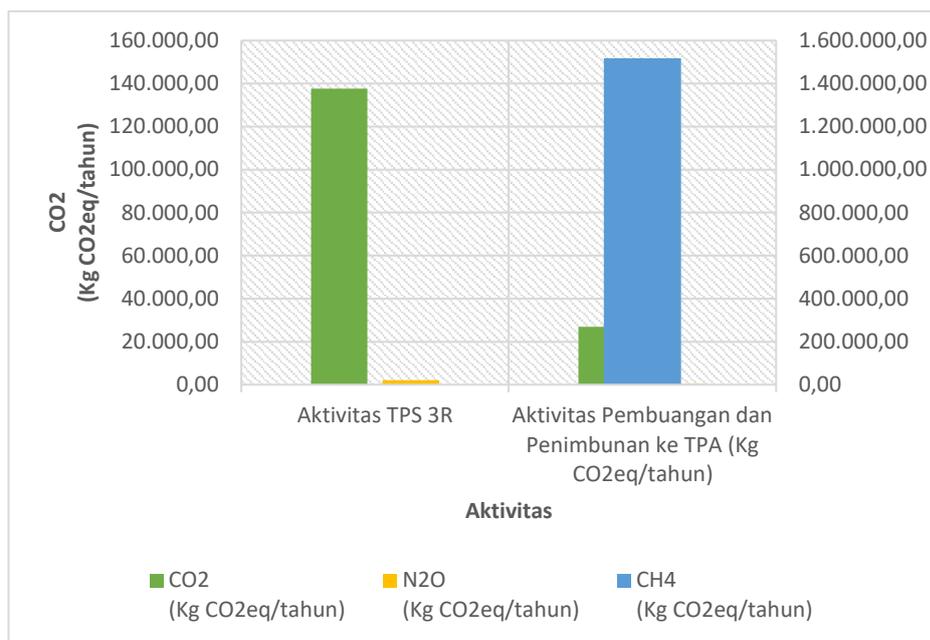
5	Aktivitas Pengepul	108.978,55	144,94	401,14	109.524,63
Total		137.663,03	2.043,25	2.134,75	141.841,04

Berdasarkan Tabel 4.11 dan Gambar 4.11 Hasil Perhitungan Emisi GRK Aktivitas TPS 3R dapat dilihat bahwa aktivitas pengepul menghasilkan potensi gas rumah kaca yang paling tinggi yakni 109.524,63 KgCO₂eq/tahun. Hal ini dikarenakan penggunaan bahan bakar fosil yang cukup tinggi pada kegiatan tersebut, dimana pengepul mengirimkan sampah ke industri daur ulang yang memiliki jarak cukup jauh dari Kabupaten Bantul dan juga penggunaan bahan bakar yang cukup tinggi pada mesin pengolahan. Apabila dilihat berdasarkan jenis gas, maka gas CO₂ memiliki nilai tertinggi yakni 109.524,63 KgCO₂eq/tahun. Potensi gas CO₂ yang tinggi ini dikarenakan banyak aktivitas yang menggunakan bahan bakar fosil seperti pada pengangkutan maupun penggunaan mesin pengolahan.

4.6 Perbandingan Aktivitas Di Luar TPS 3R

4.6.1 Pengangkutan dan Penimbunan TPA

Skenario yang dilakukan selain aktivitas TPS 3R yakni pengangkutan sampah langsung ke TPA dan dilakukannya penimbunan di TPA. Pada skenario ini, sampah akan langsung dibuang ke TPA sehingga sampah tersebut tidak diolah. Hal ini bertujuan untuk melihat emisi gas rumah kaca yang dihasilkan apabila tidak adanya pengolahan pada TPS 3R.



Gambar 4.12 Perbandingan Emisi GRK Aktivitas TPS 3R dan Skenario TPA

Tabel 4.12 Perbandingan Emisi GRK Aktivitas TPS 3R dan Skenario TPA

Aktivitas	Emisi Gas Rumah Kaca			
	CO ₂ (Kg CO ₂ eq/tahun)	CH ₄ (Kg CO ₂ eq/tahun)	N ₂ O (Kg CO ₂ eq/tahun)	Total GRK (Kg CO ₂ eq/tahun)
Aktivitas TPS 3R	137.663,03	2.043,25	2.134,75	141.841,04
Aktivitas Pembuangan dan Penimbunan ke TPA	26.901,48	1.518.032,05	384,80	1.545.318,33

Berdasarkan Gambar 4.12 dapat dilihat bahwa gas CO₂ yang paling tinggi yakni pada aktivitas TPS 3R. Faktor yang mempengaruhi hal tersebut adalah penggunaan kendaraan yang digunakan pada aktivitas TPS 3R lebih banyak dibandingkan pada aktivitas pembuangan langsung ke TPA. Penggunaan kendaraan akan mempengaruhi jumlah bahan bakar yang digunakan, dimana jarak tempuh kendaraan pada aktivitas TPS 3R lebih banyak dibandingkan dengan aktivitas pembuangan ke TPA, salah satu pengaruh paling besar yakni kegiatan pengangkutan pengepul ke industri daur ulang. Sedangkan, gas CH₄ yang paling tinggi yakni pada kegiatan

pembuangan langsung ke TPA, hal ini dikarenakan penimbunan sampah yang dibuang ke TPA menghasilkan gas metana yang besar. Emisi CH₄ yang dihasilkan dari proses penimbunan ini berasal dari proses dekomposisi anaerob material organik pada sampah yang tertimbun di TPA (Wahyudi, 2019). Berdasarkan Tabel 4.12 diketahui bahwa skenario pembuangan sampah langsung ke TPA memiliki nilai emisi GRK yang tinggi dibandingkan dengan aktivitas operasional TPS 3R. Perhitungan pengangkutan dari sumber ke TPA akan sama dengan perhitungan pada TPS 3R, tetapi untuk perhitungan penimbunan akan dihitung berdasarkan komposisi masing-masing sampah yang ditimbun. Rumus perhitungan penimbunan sampah merujuk pada persamaan (3. 12), sedangkan rumus perhitungan pengangkutan pada aktivitas pengepul ini merujuk pada persamaan (3.2) dengan faktor emisi mengacu pada Tabel 3.6 dan Tabel 3.7. Contoh perhitungan emisi gas rumah kaca pada aktivitas penimbunan sampah sisa makanan pada TPS 3R Srihardono Bersih (lihat pada Tabel 4.13) dapat dilihat sebagai berikut ini:

Tabel 4.13 Emisi GRK Aktivitas Penimbunan TPS 3R Srihardono Bersih

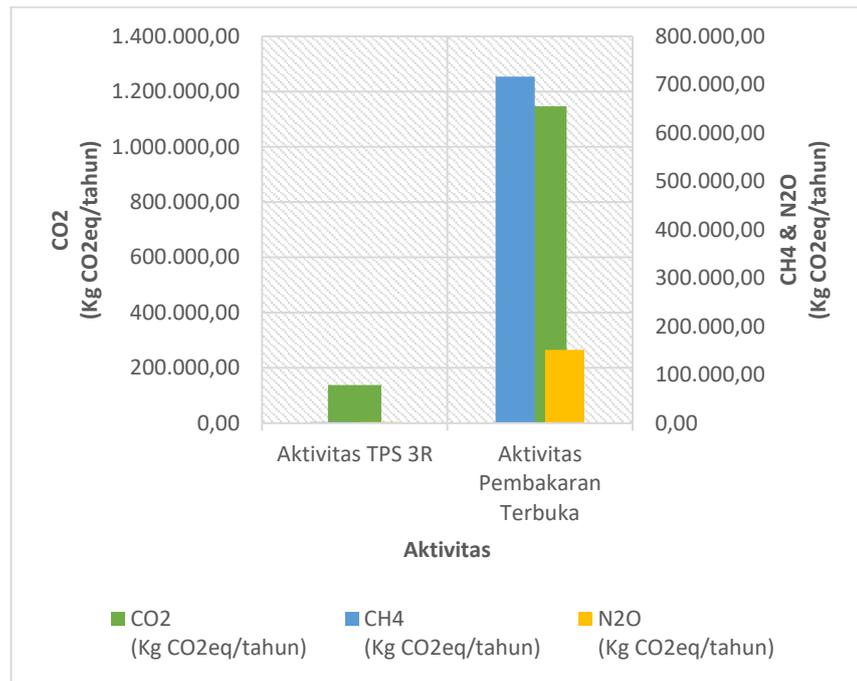
Srihardono Bersih										
No	Komposisi Sampah	Timbulan Sampah (Gg)	Faktor Koreksi Metana (MCF)	Degradasi Organik Karbon (DOCi)	Fraksi DOC (DOCF)	Fraksi CH ₄	Recovery CH ₄ (Gg CH ₄)	Faktor Oksidasi (OX)	Emisi CH ₄ (Gg/Tahun)	Emisi CH ₄ (Kg/Tahun)
1	Sisa Makanan	0,3627	0,50	0,15	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00815982	8.159,82
2	Kayu-Ranting	0,0168	0,50	0,43	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00108187	1.081,87
3	Kertas-Karton	0,0375	0,50	0,40	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00224999	2.249,99
4	Plastik	0,1457	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00000000	0,0
5	Logam	0,0099	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00000000	0,00
6	Kain	0,0049	0,50	0,24	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00017684	176,84
7	Karet- Kulit	0,0002	0,50	0,39	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00001402	14,02
8	Kaca	0,0140	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00000000	0,00
9	Lainnya	0,0072	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00000000	0,00
Total									0,0116825	11.682,54

$$\begin{aligned} \text{Emisi CH}_4 &= [0,3627 \times 0,50 \times 0,15 \times 0,50 \times 0,50 \times 0,00 \times \\ (\text{Kg/tahun}) &= (16/12)-0,00] \times [1-0,10] \times 10^{-6} \\ &= 8.159,82 \text{ Kg/Tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CH}_4 &= 11.682,54 \text{ Kg/Tahun} \times 27,2 \\ (\text{KgCH}_4\text{eq/tahun}) &= 317765,03 \text{ KgCH}_4\text{eq/tahun} \end{aligned}$$

4.6.2 Pembakaran Secara Terbuka

Skenario yang kedua yakni pembakaran langsung pada sampah yang masuk. Pada skenario ini, sampah yang masuk ke TPS 3R langsung akan dibakar secara terbuka tanpa melalui proses pemilahan. Perbandingan skenario ini dapat dilihat melalui Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Perbandingan Emisi GRK Aktivitas TPS 3R dan Pembakaran Terbuka

Tabel 4.14 Perbandingan Hasil Perhitungan Emisi Aktivitas TPS 3R dan Skenario Pembakaran

Aktivitas	Emisi Gas Rumah Kaca		
	CO ₂ (Kg CO ₂ eq/tahun)	CH ₄ (Kg CO ₂ eq/tahun)	N ₂ O (Kg CO ₂ eq/tahun)
Aktivitas TPS 3R	137.663,03	2.043,25	2.134,75
Aktivitas Pembakaran Terbuka	1.147.095,15	716.751,98	151.528,10

Berdasarkan Gambar 4.13 dapat dilihat bahwa aktivitas pembakaran terbuka memiliki potensi emisi gas rumah tangga yang cukup tinggi dibandingkan dengan aktivitas TPS 3R. Pembakaran langsung merupakan

salah satu kegiatan yang berpotensi menghasilkan emisi gas rumah kaca yang tinggi. Hal ini dikarenakan sampah yang masuk tidak diolah dan dipilah terlebih dahulu sehingga gas rumah kaca yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan skenario aktivitas TPS 3R. Rumus perhitungan emisi gas CO₂ merujuk pada persamaan (3.13) dan perhitungan emisi gas CH₄ dan N₂O pada aktivitas ini merujuk pada persamaan (3.14). Berikut ini merupakan contoh perhitungan pada aktivitas pembakaran terbuka:

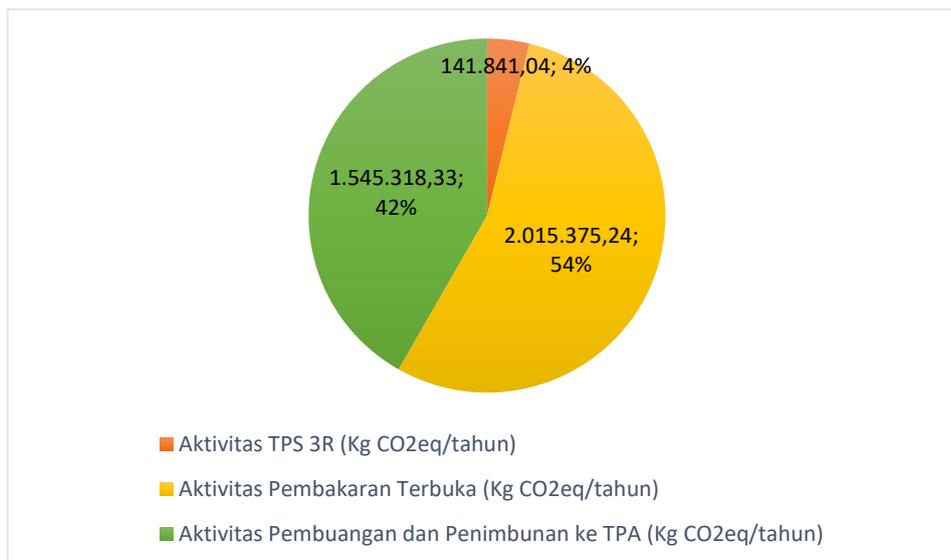
$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 &= 0,14575 \text{ Gg} \times 100\% \times 75\% \times 1 \times 0,58 \times 3,667 \\
 (\text{GgCO}_2/\text{tahun}) &= 0,232466 \text{ GgCO}_2/\text{Tahun} \\
 \\
 \text{Emisi CH}_4 &= 0,89856 \text{ Gg} \times 6.500 \text{ KgCH}_4/\text{Gg} \times 10^6 \times 29,8 \\
 (\text{KgCO}_2\text{eq}/\text{tahun}) &= 174.051,07 \text{ KgCO}_2\text{eq}/\text{tahun} \\
 \\
 \text{Emisi N}_2\text{O} &= 0,89856 \text{ Gg} \times 150 \text{ Kg N}_2\text{O} / \text{Gg} \times 10^6 \times 273 \\
 (\text{KgCO}_2\text{eq}/\text{tahun}) &= 36.796,03 \text{ KgCO}_2\text{eq}/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

4.6.3 Perbandingan Ketiga Aktivitas

Berikut ini merupakan perbandingan antara aktivitas operasional TPS 3R, skenario pembakaran sampah, dan skenario pembuangan langsung ke TPA:

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Aktivitas TPS 3R dan Dua Skenario

Aktivitas	Emisi Gas Rumah Kaca			
	CO ₂ (Kg CO ₂ eq/tahun)	CH ₄ (Kg CO ₂ eq/tahun)	N ₂ O (Kg CO ₂ eq/tahun)	Total GRK
Aktivitas TPS 3R	137.663,03	2.043,25	2.134,75	141.841,04
Aktivitas Pembakaran Terbuka	1.147.095,15	716.751,98	151.528,10	2.015.375,24
Aktivitas Pembuangan dan Penimbunan ke TPA	26.901,48	1.518.032,05	384,80	1.545.318,33



Gambar 4.14 Perbandingan Aktivitas TPS 3R, Skenario TPA, dan Skenario Pembakaran

Pada Gambar 4.14 dan Tabel 4.15 dapat diketahui emisi gas rumah kaca paling tinggi yaitu dari aktivitas pembakaran terbuka dengan total emisi gas rumah kaca yaitu 2.015.375,24 KgCO₂eq/tahun. Aktivitas TPS 3R menghasilkan potensi gas rumah kaca yang paling kecil daripada dua skenario lainnya. Hal ini dikarenakan terdapat beberapa pengelolaan pada TPS 3R sehingga sampah yang masuk dapat direduksi terlebih dahulu. Apabila aktivitas TPS 3R dibandingkan dengan dua skenario lainnya dapat diketahui bahwa dampak aktivitas operasional TPS 3R dalam mereduksi sampah cukup efektif juga dalam mereduksi emisi gas rumah kaca.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan emisi gas rumah kaca pada aktivitas TPS 3R dan pengepul Kabupaten Bantul, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Aktivitas yang berpotensi menghasilkan emisi gas rumah kaca yakni aktivitas pengumpulan dan pengangkutan, aktivitas mesin pencacahan, aktivitas mesin pengayakan kompos, aktivitas mesin penggilingan, dan juga aktivitas pengomposan. Potensi emisi gas rumah kaca tersebut berasal dari penggunaan bahan bakar fosil pada beberapa aktivitas TPS 3R.
2. Hasil perhitungan emisi gas rumah kaca pada aktivitas pengumpulan yakni 8.374,66 kgCO₂eq/tahun, pada aktivitas mesin pengolahan menghasilkan sebesar 1.445,43 kgCO₂eq/tahun. Pada aktivitas pengomposan dan pengangkutan, masing-masing menghasilkan sebesar 13.091,18 kgCO₂eq/tahun dan 9.405,15 kgCO₂eq/tahun. Sedangkan, pada aktivitas pengepul menghasilkan emisi yang paling besar yakni 109.524,63 kgCO₂eq/tahun. Jumlah total emisi gas rumah kaca dari seluruh aktivitas yakni 141.841,04 KgCO₂eq/tahun. Apabila dibandingkan dengan skenario pembakaran sampah terbuka dan skenario pembuangan langsung ke TPA, potensi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari kegiatan TPS 3R memiliki nilai yang kecil dibandingkan kedua skenario tersebut.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini, terdapat beberapa saran yaitu:

1. Meningkatkan fasilitas dan pelayanan TPS 3R sebagai upaya dalam pengurangan potensi emisi gas rumah kaca dari skenario pembakaran sampah secara terbuka maupun penimbunan sampah.
2. Melakukan penelitian lebih lanjut terkait upaya reduksi potensi emisi gas rumah kaca dari kegiatan pengelolaan sampah.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- 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), D62-D67.
- Amanda Lestari, J. (2017). Surabaya: *Strategy Of Adaptation And Mitigation For Reducing Greenhouse Gas (Ghg) Emission Transportation Sector And Garbage Sector In Batu City Master Program Department Of Environmental Engineering Faculty Of Civil Engineering And Planning Sepuluh November Institute Of Technology Surabaya 2017*.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Bantul. 2022. *Kabupaten Bantul Dalam Angka*. Yogyakarta.
- Brander, M., Sood, A., Wylie, C., Haughton, A., & Lovell, J. (2011). Technical Paper| Electricity-specific emission factors for grid electricity. *Ecometrica, Emissionfactors. com*.
- Chaerul, M., Febrianto, A., & Tomo, H. S. (2020). Peningkatan kualitas penghitungan emisi gas rumah kaca dari sektor pengelolaan sampah dengan metode IPCC 2006 (studi kasus: Kota Cilacap). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(1), 153-161.
- Damanhuri, dan Padmi. 2008. *Diktat Kuliah Pengelolaan Sampah*. Bandung: Program Studi Teknik Lingkungan ITB.
- García- Cerrud, C., Flores De La Mota, I., & Soler Anguiano, F. I. (2021). Proposal for greenhouse gas emissions reduction in public passenger transportation. *Case Studies on Transport Policy*, 9(3), 1358–1366.
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2012). *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Buku II-Volume 1 Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi*. Jakarta
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2012). *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Buku II-Volume 4 Metodologi*

Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Pengelolaan Limbah. Jakarta

- Kementerian Lingkungan Hidup. (2021). *Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) Dan Monitoring, Pelaporan, Verifikasi (MPV)*. Jakarta
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2020. *Pedoman Teknis Pelaksanaan TPS 3R*. Jakarta.
- Kristanto, G. A., Pratama, M. A., & Rahmawati, D. F. (2020). Estimation of greenhouse gas emissions from solid waste management and wastewater treatment in the Nizam Zachman Fishery Port, Jakarta, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 423(1).
- Lanti, Y., & Dewi, R. (2012). Perubahan Iklim dan Potensi Gangguan Kesehatan di Indonesia. In *Prosiding Seminar Biologi* (Vol. 9, No. 1).
- Pratama, R. (2019). Efek rumah kaca terhadap bumi. *Buletin Utama Teknik*, 14(2), 120-126.
- Rahayu, E., & Erza, M. (2022). Analisis Pengelolaan Sampah Di Kabupaten Bantul Terkait Rencana Aksi Daerah Untuk Mewujudkan Gerakan Bantul Bersih Sampah Tahun 2025. *Riset Daerah*, 4245-4262.
- Ramadhanti, M., & Nahdalina. (2022). Optimalisasi Sistem Angkutan Sampah Menggunakan Vehicle Routing Problem Dengan Batasan Kapasitas Angkut. *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 21(2), 196–210. <https://doi.org/10.35760/dk.2022.v21i2.6068>
- Rori, S. V., Rondonuwu, S. G., & Manoppo, F. J. (2022). Optimalisasi Kebutuhan Pengangkutan Sampah Dan Potensi Reduksi Timbulan Sampah Dengan Metode Mass Balance Di Kecamatan Malalayang Kota Manado. *Jurnal Teknik*, 20(2), 165–174. <https://doi.org/10.37031/jt.v20i2.244>
- Trisnawati, O. R., & Khasanah, N. (2020). *Penyuluhan Pengelolaan Sampah Dengan Konsep 3r Dalam Mengurangi Limbah Rumah Tangga*. 4(2). <http://ejournal.iainu-kebumen.ac.id/index.php/cka/index>
- Verma, R. L., & Borongan, G. (2022). Emissions of Greenhouse Gases from Municipal Solid Waste Management System in Ho Chi Minh City

of Viet Nam. *Urban Science*, 6(4), 78.
<https://doi.org/10.3390/urbansci6040078>

- Wahyudi, J., Perencanaan, B., Daerah, P., Pati, K., Raya, J., Km, P.-K., & Tengah, P. 59163 J. (2019). Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Dari Pembakaran Terbuka Sampah Rumah Tangga Menggunakan Model Ippc Greenhouse Gases Emissions From Municipal Solid Waste Burning Using Ippc Model. In *Jurnal Litbang* (Issue 1).
- Wangi, L. S., Huboyo, H. S., & Wardhana, I. W. (2016). *Kajian emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄, dan N₂O) akibat aktivitas kendaraan (Studi kasus Terminal Mangkang dan Terminal Penggaron)* (Doctoral dissertation, Diponegoro University).
- Vergara, S. E., & Tchobanoglous, G. (2012). Municipal solid waste and the environment: A global perspective. In *Annual Review of Environment and Resources* (Vol. 37, pp. 277–309).
<https://doi.org/10.1146/annurev-environ-050511-122532>
- Yasmin, N., Jamuda, M., Panda, A. K., Samal, K., & Nayak, J. K. (2022). Emission of greenhouse gases (GHGs) during composting and vermicomposting: Measurement, mitigation, and perspectives. *Energy Nexus*, 7, 100092.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran I. Perhitungan Emisi GRK Berdasarkan Aktivitas TPS 3R dan Aktivitas Pengepul

1) Aktivitas Pengumpulan, Pengangkutan ke TPA dan Pengangkutan Ke Industri Daur Ulang

Tabel 1. Hasil Perhitungan Emisi Aktivitas Pengumpulan

No.	Nama TPS 3R	Konsumsi Bahan Bakar (L/Tahun)	Konsumsi Energi (Tj)	Emisi Gas Rumah Kaca			Total GRK (Kg CO ₂ eq/tahun)
				CO ₂ (Kg CO ₂ eq/tahun)	CH ₄ (Kg CO ₂ eq/tahun)	N ₂ O (Kg CO ₂ eq/tahun)	
1	Srihardono Bersih	360	0,0119	862,49	8,85	25,95	897,28
2	Wirogo Resik	1.360	0,0449	3.258,29	33,44	98,02	3.389,74
3	Tirtoasri	120	0,0040	287,50	2,95	8,65	299,09
4	Salakan Bersemi	160	0,0053	383,33	3,93	11,53	398,79
5	Go Sari	720	0,0238	1.724,98	17,70	51,89	1.794,57
6	Poncosari	640	0,0211	1.533,31	15,73	46,13	1.595,17
Total				8.049,89	82,61	242,16	8.374,66

Perhitungan (Wirogo Resik):

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi Energi (TJ)} &= \text{Konsumsi BB (L/Tahun)} \times \text{Nilai Kalor (TJ/L)} \\ &= 1360 \text{ L/tahun} \times 0,000033 \text{ Tj/Liter} \\ &= 0,0449 \text{ TJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 &= \text{konsumsi energi (Tj)} \times \text{faktor emisi (Kg CO}_2\text{/Tj)} \\ \text{(KgCO}_2\text{eq/Tj)} &= \text{x GWP} \\ &= 0,0449 \text{ Tj} \times 72600 \text{ KgCO}_2\text{/Tj} \times 1 \\ &= 3.258,28 \text{ KgCO}_2\text{/Tj} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CH}_4 &= \text{konsumsi energi (Tj)} \times \text{faktor emisi (Kg} \\ \text{(KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= \text{CH}_4\text{/Tj)} \times \text{GWP} \\ &= 0,0449 \text{ Tj} \times 25 \text{ KgCH}_4\text{/Tj} \times 29,8 \\ &= 33,44 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi N}_2\text{O} &= \text{konsumsi energi (Tj)} \times \text{faktor emisi (Kg} \\ \text{(KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= \text{N}_2\text{O/Tj)} \times \text{GWP} \\ &= 0,0449 \text{ Tj} \times 8 \text{ Kg N}_2\text{O /Tj} \times 273 \\ &= 98,02 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Emisi GRK} &= \text{Emisi CO}_2 + \text{Emisi CH}_4 + \text{Emisi N}_2\text{O} \\
 &= 3.258,28 + 33,44 + 98,02 \\
 &= 3.389,74 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun}
 \end{aligned}$$

Tabel 2. Hasil Perhitungan Emisi Aktivitas Pengangkutan TPA

No.	Nama TPS 3R	Konsumsi Bahan Bakar (L/Tahun)	Emisi Gas Rumah Kaca			Total GRK (Kg CO ₂ eq/tahun)
			CO ₂ (Kg CO ₂ eq/tahun)	CH ₄ (Kg CO ₂ eq/tahun)	N ₂ O (Kg CO ₂ eq/tahun)	
1	Srihardono Bersih	970,7	2600,987	4,061	37,205	2642,253
2	Wirogo Resik	300,4	805,067	1,257	11,516	817,840
3	Tirtoasri	656,4	1758,762	2,746	25,158	1786,666
4	Salakan Bersemi	58,0	139,068	1,427	4,184	144,678
5	Poncosari	1474,5	3951,023	6,169	56,516	4013,708
Total			9254,907	15,661	134,578	9405,145

Tabel 3. Hasil Emisi Aktivitas Pengumpulan Pengepul

No	Nama Pengepul	Konsumsi Bahan Bakar (L/Tahun)	Konsumsi Energi (Tj)	Emisi Gas Rumah Kaca			Total GRK (Kg CO ₂ eq/tahun)
				CO ₂ (Kg CO ₂ eq/tahun)	CH ₄ (Kg CO ₂ eq/tahun)	N ₂ O (Kg CO ₂ eq/tahun)	
1	Jati Plastik	172,27	0,0057	412,72	4,24	12,42	429,37
2	Sukosewu	67,73	0,0022	162,28	1,67	4,88	168,82
3	UD Terus Makmur	27,20	0,0009	65,17	0,67	1,96	67,79
Total				640,16	6,57	19,26	665,98

Tabel 4. Hasil Emisi Aktivitas Pengangkutan Pengepul

No	Nama Pengepul	Konsumsi Bahan Bakar (L/Tahun)	Konsumsi Energi (Tj)	Emisi Gas Rumah Kaca			Total GRK (Kg CO ₂ eq/tahun)
				CO ₂ (Kg CO ₂ eq/tahun)	CH ₄ (Kg CO ₂ eq/tahun)	N ₂ O (Kg CO ₂ eq/tahun)	
1	Jati Plastik	1.962,67	0,0707	5.259,14	8,21	75,23	5.342,58
2	Sukosewu	198,15	0,0065	474,74	4,87	14,28	493,89
3	UD Terus Makmur	2.186,67	0,0722	5.371,09	8,39	76,83	5.456,30
Total				11.104,96	21,47	166,34	11.292,77

2) Aktivitas Pengolahan Mesin Pada TPS 3R dan Pengepul

Tabel 5. Data Mesin Pengolahan TPS 3R

No .	Nama TPS 3R	Mesin	Durasi Pemakaian (Jam/Hari)	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar (L/Tahun)	Konsumsi Bahan Bakar (L/Tahun)
1	Srihardono Bersih	Mesin Pencacahan Organik	0,50	Solar	60,00	60,00
2	Tirtoasri	Mesin Penggilingan	1,00	Solar	120,00	240,00
		Mesin Pengayakan	1,00	Solar	120,00	
3	Salakan Bersemi	Mesin Pencacahan	2,00	Solar	60,00	60,00
4	Go Sari	Mesin Cacah Pilah	2,00	Solar	120,00	180,00
		Mesin Bubur Organik	2,00	Solar	60,00	

Tabel 6. Hasil Perhitungan Aktivitas Pengolahan TPS 3R

No .	Nama TPS 3R	Konsumsi Bahan Bakar (L/Tahun)	Konsumsi Energi (Tj)	Emisi Gas Rumah Kaca			
				CO ₂ (Kg CO ₂ eq/tahun)	CH ₄ (Kg CO ₂ eq/tahun)	N ₂ O (Kg CO ₂ eq/tahun)	Total GRK (Kg CO ₂ eq/tahun)
1	Srihardono Bersih	60	0,00216	160,06	0,19	0,35	160,60
2	Tirtoasri	240	0,00864	640,22	0,77	1,42	642,41
3	Salakan Bersemi	60	0,00216	160,06	0,19	0,35	160,60
4	Go Sari	180	0,00648	480,17	0,58	1,06	481,81
Total				1.440,50	1,74	3,18	1.445,43

Perhitungan (Tirtoasri):

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi Energi (Tj)} &= \text{Konsumsi BB (L/Tahun)} \times \text{Nilai Kalor (Tj/L)} \\ &= 240 \text{ L/tahun} \times 0,000036 \text{ Tj/Liter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,00864 \text{ TJ} \\
 \text{Emisi CO}_2 &= \text{konsumsi energi (Tj) x faktor emisi (Kg CO}_2\text{/Tj)} \\
 \text{(KgCO}_2\text{eq/Tj)} &= \text{x GWP} \\
 &= 0,00864 \text{ TJ x } 74100 \text{ KgCO}_2\text{/Tj x } 1 \\
 &= 640,224 \text{ KgCO}_2\text{/Tj} \\
 \text{Emisi CH}_4 &= \text{konsumsi energi (Tj) x faktor emisi (Kg} \\
 \text{(KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= \text{CH}_4\text{/Tj) x GWP} \\
 &= 0,00864 \text{ TJ x } 3 \text{ KgCH}_4\text{/Tj x } 29,8 \\
 &= 0,772 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \\
 \text{Emisi N}_2\text{O} &= \text{konsumsi energi (Tj) x faktor emisi (Kg} \\
 \text{(KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= \text{N}_2\text{O/Tj) x GWP} \\
 &= 0,00864 \text{ TJ x } 0,6 \text{ Kg N}_2\text{O /Tj x } 273 \\
 &= 1,415 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \\
 \text{Total Emisi GRK} &= \text{Emisi CO}_2 + \text{Emisi CH}_4 + \text{Emisi N}_2\text{O} \\
 &= 640,224 + 0,772 + 1,415 \\
 &= 642,4116 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun}
 \end{aligned}$$

Tabel 7. Hasil Perhitungan Emisi Aktivitas Pengolahan Pengepul

No.	Nama Pengepul	Jenis Mesin	Emisi Gas Rumah Kaca		
			CO ₂ (Kg CO ₂ eq/tahun)	CH ₄ (Kg CO ₂ eq/tahun)	N ₂ O (Kg CO ₂ eq/tahun)
1	Jati Plastic	Mesin ball press, crusher, conveyor	96.545,78	116,48	213,42
2	UD Terus Makmur	Mesin pressing	687,66	0,42	2,13
Total			97.233,44	116,90	215,54

3) Aktivitas Pengomposan

- **Perhitungan Emisi CO₂**

Tabel 8. Hasil Perhitungan Emisi CO₂ Aktivitas Pengomposan

Nama TPS 3R	Komposisi Sampah	Massa Total Sampah yang masuk (Gg)	Fraksi sampah (Wi)	DOC _i	Carbon Stock [C HWP] (Gg C/Tahun)	Emisi CO ₂ (Gg CO ₂ /Tahun)	Total Emisi CO ₂ (Kg CO ₂ /Tahun)
Srihardono Bersih	Sisa Makanan	0,0012	0,95	0,15	0,000171	0,000627	721,60
	Kayu-Ranting		0,05	0,43	0,000026	0,000095	
Tirtoasri	Sisa Makanan	0,0104	0,95	0,15	0,001482	0,005434	6.253,87
	Kayu-Ranting		0,05	0,43	0,000224	0,000820	
Salakan Berseni	Sisa Makanan	0,0031	0,95	0,15	0,000446	0,001635	1.881,31
	Kayu-Ranting		0,05	0,43	0,000067	0,000247	
Go Sari	Sisa Makanan	0,0018	0,95	0,15	0,000257	0,000941	1.082,40
	Kayu-Ranting		0,05	0,43	0,000039	0,000142	

Contoh Perhitungan (srihardono bersih):

$$\begin{aligned}
 \text{CHWP} &= \sum W_i \times M \times \text{DOC}_i \\
 &= 0,95 \times 0,0012 \times 0,15 \\
 &= 0,00017100 \text{ Gg C/tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 &= (\text{mr/ar}) \times \text{C HWP} \times \text{GWP} \\
 (\text{KgCO}_2\text{eq/Tj}) &= (44/12) \times 0,00017100 \text{ KgCO}_2/\text{Tj} \times 1 \\
 &= 0,000627 \text{ GgCO}_2/\text{Tj}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Emisi CO}_2 &= (0,000627 + 0,0000946) \times 10^6 \\
 &= 721,6 \text{ KgCO}_2/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Emisi CH₄ dan N₂O

Tabel 9. Data Timbulan Sampah Pengomposan Per Tahun

No.	Nama TPS 3R	Jumlah Sampah yang dikomposkan (Kg)	Durasi Pengomposan	Jumlah Pengomposan dalam setahun	Timbulan Sampah (Gg/Tahun)
1	Srihardono Bersih	100	1 bulan	12	0,0012
2	Tirtoasri	600	3 minggu	17	0,0104
3	Salakan Bersemi	300	35 hari	10	0,0031
4	Go Sari	300	2 bulan	6	0,0018

Contoh Perhitungan Timbulan Sampah Per Tahun (Tirtoasri):

$$\begin{aligned}
 \text{Timbulan Sampah (Gg/Tahun)} &= \text{Jumlah sampah yang dikomposkan (Kg)} \times \text{Jumlah pengomposan dalam setahun} \times 10^{-6} \\
 &= 600 \times 17 \times 10^{-6} \\
 &= 0,0104 \text{ Gg/Tahun}
 \end{aligned}$$

Tabel 10. Hasil Perhitungan Emisi CH₄ dan N₂O Aktivitas Pengomposan

No	Nama TPS 3R	Timbulan Sampah (Gg/Tahun)	CH ₄ (Gg CH ₄ /Tahun)	N ₂ O (Gg N ₂ O /Tahun)	CH ₄ (Kg CO ₂ eq/tahun)	N ₂ O (Kg CO ₂ eq/tahun)
1	Srihardono Bersih	0,0012	0,00000480	0,00000036	130,56	98,28
2	Tirtoasri	0,0104	0,00004160	0,00000312	1.131,52	851,76
3	Salakan Bersemi	0,0031	0,00001251	0,00000094	340,39	256,23
4	Go Sari	0,0018	0,00000720	0,00000054	195,84	147,42
Total			0,0000661	0,0000050	1798,3085	1353,69

Contoh Perhitungan (Tirtoasri):

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CH}_4 \text{ (KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= \text{Timbulan sampah (Gg/tahun) x faktor emisi (Kg CH}_4\text{/Tj) x GWP} \\
 &= 0,0104 \text{ Tj} \times 4 \text{ KgCH}_4\text{/Tj} \times 27,2 \\
 &= 1.131,52 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun} \\
 \text{Emisi N}_2\text{O (KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= \text{Timbulan sampah (Gg/tahun) x faktor emisi (Kg N}_2\text{O/Tj) x GWP} \\
 &= 0,0104 \text{ Tj} \times 0,3 \text{ Kg N}_2\text{O /Tj} \times 273 \\
 &= 851,76 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun}
 \end{aligned}$$

Lampiran II. Perhitungan Emisi GRK Berdasarkan Skenario

1) Skenario Pengangkutan dan Penimbunan Pada TPA

- Pengangkutan ke TPA

Tabel 11. Konsumsi Bahan Bakar Skenario Pembuangan ke TPA

No	Nama TPS 3R	Timbulan Sampah per tahun (Kg/tahun)	Timbulan Sampah per tahun (m ³ /tahun)	Jumlah Ritasi dalam setahun	Jarak Tempuh (km)	Total Jarak Tempuh ritasi (km)	Jarak Total (km/tahun)	Konsumsi bahan bakar (L/tahun)
1	Srihardono Bersih	898.560,00	5.616,00	468,00	21,00	42,00	19.656,00	4.368,00
2	Wirogo Resik	1.617.408,00	10.108,80	842,40	6,50	13,00	10.951,20	2.433,60
3	Tirtoasri	479.232,00	2.995,20	249,60	14,20	28,40	7.088,64	1.575,25
4	Salakan Bersemi	299.520,00	1.872,00	156,00	6,00	12,00	1.872,00	416,00
5	Go Sari	218.400,00	1.365,00	113,75	17,80	35,60	4.049,50	899,89
6	Poncosari	187.200,00	1.170,00	97,50	8,00	16,00	1.560,00	346,67

Contoh Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar per Tahun (Wirogo Resik):

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Ritasi (Rit/tahun)} &= \text{Timbulan sampah per tahun (m}^3\text{/tahun) x Faktor Kompaksi x Kapasitas } \textit{Dump Truck} \\
 &= 10108,8 \times 1,2 \times 6 \\
 &= 842,4 \text{ rit/tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak Total (km/tahun)} &= \text{Total jarak tempuh per ritasi x jumlah ritasi} \\
 &= 13 \times 842,4 \\
 &= 10.951,2 \text{ km/tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Konsumsi Bahan Bakar (L/Tahun)} &= \frac{\text{Jarak total (km/tahun)} : \text{asumsi konsumsi bahan bakar per liter (km/L)}}{10951,2 : 4,5} \\
 &= 2.433,8 \text{ L/tahun}
 \end{aligned}$$

Tabel 12. Hasil Perhitungan Emisi Aktivitas Skenario Pengangkutan TPA

No	Nama TPS 3R	Konsumsi bahan bakar (L/tahun)	Konsumsi Energi (Tj)	Emisi Gas Rumah Kaca		
				CO ₂ (Kg CO ₂ eq/tahun)	CH ₄ (Kg CO ₂ eq/tahun)	N ₂ O (Kg CO ₂ eq/tahun)
1	Srihardono Bersih	4.368,00	0,1572	11.704,44	18,28	167,42
2	Wirogo Resik	2.433,60	0,0876	6.521,05	10,18	93,28
3	Tirtoasri	1.575,25	0,0567	4.221,03	6,59	60,38
4	Salakan Bersemi	416,00	0,0150	1.114,71	1,74	15,94
5	Go Sari	899,89	0,0324	2.411,33	3,77	34,49
6	Poncosari	346,67	0,0125	928,92	1,45	13,29
Total		10.039,41	0,36	26.901,48	42,00	384,80

- Penimbunan di TPA

Tabel 13. Perhitungan Emisi CH₄ TPS 3R Srihardono Bersih

Srihardono Bersih										
No	Komposisi Sampah	Timbulan Sampah (Gg)	Faktor Koreksi Metana (MCF)	Degradasi Organik Karbon (DOCi)	Fraksi DOC (DOCF)	Fraksi CH ₄	Recovery CH ₄ (Gg CH ₄)	Faktor Oksidasi (OX)	Emisi CH ₄ (Gg/Tahun)	Emisi CH ₄ (Kg/Tahun)
1	Sisa Makanan	0,3627	0,50	0,15	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00815982	8.159,82
2	Kayu-Ranting	0,0168	0,50	0,43	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00108187	1.081,87
3	Kertas-Karton	0,0375	0,50	0,40	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00224999	2.249,99
4	Plastik	0,1457	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00000000	0,0
5	Logam	0,0099	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00000000	0,00
6	Kain	0,0049	0,50	0,24	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00017684	176,84
7	Karet- Kulit	0,0002	0,50	0,39	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00001402	14,02
8	Kaca	0,0140	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00000000	0,00
9	Lainnya	0,0072	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00000000	0,00
Total									0,0116825	11.682,54

Contoh perhitungan emisi penimbunan CH₄ sisa makanan:

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CH}_4 \text{ (KgCH}_4\text{/tahun)} &= ([\sum \text{CH}_4\text{generated} - R] * (1 - \text{OX})) \times 10^6 \\
 &= [\text{Timbulan sampah} \times \text{MCF} \times \text{DOCi} \times \text{DOCF} \times \sum \text{CH}_4\text{generated} \\
 &= \text{fraksi CH}_4 \times (16/12) - \text{Recovery CH}_4] \times (1 - \text{Faktor Oksidasi Ox})
 \end{aligned}$$

$$= [0,54399 \times 0,50 \times 0,15 \times 0,5 \times (16/12) - 0] \times (1 - 0,1)$$

$$= 0,3627 \times (1-0,9) \times 10^6 \times 29,8$$

$$= 0,00815982 \text{ GgCH}_4/\text{tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CH}_4 \\ (\text{KgCH}_4/\text{tahun}) &= 0,00815982 \times 10^6 \end{aligned}$$

$$= 8.159,82 \text{ KgCH}_4/\text{tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CH}_4 \\ (\text{KgCO}_2\text{eq}/\text{tahun}) &= \sum \text{Emisi CH}_4 (\text{KgCH}_4 / \text{tahun}) \times \text{GWP} \end{aligned}$$

$$= 11.682,54 \times 27,2$$

$$= 317.765,03 \text{ KgCO}_2\text{eq}/\text{tahun}$$

Tabel 14. Hasil Perhitungan Emisi CH₄ Penimbunan TPS Wirogo Resik

Wirogo Resik										
No	Komposisi Sampah	Timbulan Sampah (Gg)	Faktor Koreksi Metana (MCF)	Degradasi Organik Karbon (DOCi)	Fraksi DOC (DOCF)	Fraksi CH ₄	Recovery CH ₄ (Gg CH ₄)	Faktor Oksidasi (OX)	Emisi CH ₄ (Gg/Tahun)	Emisi CH ₄ (Kg/Tahun)
1	Sisa Makanan	0,6528	0,50	0,15	0,50	0,50	0,00	0,10	0,01468768	14.687,68
2	Kayu-Ranting	0,0302	0,50	0,43	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00194736	1.947,36
3	Kertas-Karton	0,0675	0,50	0,40	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00404999	4.049,99
4	Plastik	0,2623	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00000000	0,00
5	Logam	0,0179	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00000000	0,00
6	Kain	0,0088	0,50	0,24	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00031831	318,31
7	Karet- Kulit	0,0004	0,50	0,39	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00002523	25,23
8	Kaca	0,0252	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00000000	0,00
9	Lainnya	0,0130	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00000000	0,00
Total									0,0210286	21.028,57

Tabel 15. Hasil Perhitungan Emisi CH₄ Penimbunan TPS Tirtoasri

Tirtoasri										
No	Komposisi Sampah	Timbulan Sampah (Gg)	Faktor Koreksi Metana (MCF)	Degradasi Organik Karbon (DOCi)	Fraksi DOC (DOCF)	Fraksi CH ₄	Recovery CH ₄ (Gg CH ₄)	Faktor Oksidasi (OX)	Emisi CH ₄ (Gg/Tahun)	Emisi CH ₄ (Kg/Tahun)
1	Sisa Makanan	0,2901	0,50	0,15	0,50	0,50	0,00	0,10	0,006528	6.527,86
2	Kayu-Ranting	0,0134	0,50	0,43	0,50	0,50	0,00	0,10	0,000865	865,49
3	Kertas-Karton	0,0300	0,50	0,40	0,50	0,50	0,00	0,10	0,001800	1.800,00
4	Plastik	0,1166	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,000000	0,00
5	Logam	0,0080	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,000000	0,00
6	Kain	0,0039	0,50	0,24	0,50	0,50	0,00	0,10	0,000141	141,47
7	Karet- Kulit	0,0002	0,50	0,39	0,50	0,50	0,00	0,10	0,000011	11,21
8	Kaca	0,0112	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,000000	0,00
9	Lainnya	0,0058	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,000000	0,00
Total									0,009346	9.346,03

Tabel 16. Hasil Perhitungan Emisi CH₄ Penimbunan TPS Salakan Bersemi

Salakan Bersemi										
No	Komposisi Sampah	Timbulan Sampah (Gg)	Faktor Koreksi Metana (MCF)	Degradasi Organik Karbon (DOCi)	Fraksi DOC (DOCf)	Fraksi CH ₄	Recovery CH ₄ (Gg CH ₄)	Faktor Oksidasi (OX)	Emisi CH ₄ (Gg/Tahun)	Emisi CH ₄ (Kg/Tahun)
1	Sisa Makanan	0,1813	0,50	0,15	0,50	0,50	0,00	0,10	0,0040799	4.079,91
2	Kayu-Ranting	0,0084	0,50	0,43	0,50	0,50	0,00	0,10	0,0005409	540,93
3	Kertas-Karton	0,0187	0,50	0,40	0,50	0,50	0,00	0,10	0,0011250	1.125,00
4	Plastik	0,0729	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,0000000	0,00
5	Logam	0,0050	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,0000000	0,00
6	Kain	0,0025	0,50	0,24	0,50	0,50	0,00	0,10	0,0000884	88,42
7	Karet- Kulit	0,0001	0,50	0,39	0,50	0,50	0,00	0,10	0,0000070	7,01
8	Kaca	0,0070	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,0000000	0,00
9	Lainnya	0,0036	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,0000000	0,00
Total									0,0058413	5.841,27

Tabel 17. Hasil Perhitungan Emisi CH₄ Penimbunan TPS Go Sari

Go Sari										
No	Komposisi Sampah	Timbulan Sampah (Gg)	Faktor Koreksi Metana (MCF)	Degradasi Organik Karbon (DOCi)	Fraksi DOC (DOCf)	Fraksi CH ₄	Recovery CH ₄ (Gg CH ₄)	Faktor Oksidasi (OX)	Emisi CH ₄ (Gg/Tahun)	Emisi CH ₄ (Kg/Tahun)
1	Sisa Makanan	0,1322	0,50	0,15	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00297494	2.974,94
2	Kayu-Ranting	0,0061	0,50	0,43	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00039443	394,43
3	Kertas-Karton	0,0137	0,50	0,40	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00082031	820,31
4	Plastik	0,0531	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00000000	0,00
5	Logam	0,0036	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00000000	0,00
6	Kain	0,0018	0,50	0,24	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00006447	64,47
7	Karet- Kulit	0,0001	0,50	0,39	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00000511	5,11
8	Kaca	0,0051	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00000000	0,00
9	Lainnya	0,0026	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00000000	0,00
Total									0,00425926	4.259,26

Tabel 18. Hasil Perhitungan Emisi CH₄ Penimbunan TPS Poncosari

Poncosari										
No	Komposisi Sampah	Timbulan Sampah (Gg)	Faktor Koreksi Metana (MCF)	Degradasi Organik Karbon (DOCi)	Fraksi DOC (DOCf)	Fraksi CH ₄	Recovery CH ₄ (Gg CH ₄)	Faktor Oksidasi (OX)	Emisi CH ₄ (Gg/Tahun)	Emisi CH ₄ (Kg/Tahun)
1	Sisa Makanan	0,1133	0,50	0,15	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00254994	2.549,94
2	Kayu-Ranting	0,0052	0,50	0,43	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00033808	338,08
3	Kertas-Karton	0,0117	0,50	0,40	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00070312	703,12
4	Plastik	0,0455	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00000000	0,00
5	Logam	0,0031	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00000000	0,00
6	Kain	0,0015	0,50	0,24	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00005526	55,26
7	Karet- Kulit	0,0001	0,50	0,39	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00000438	4,38
8	Kaca	0,0044	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00000000	0,00
9	Lainnya	0,0023	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,10	0,00000000	0,00
Total									0,00365079	3.650,79

Tabel 19. Rekap Hasil Emisi Penimbunan

Rekap Penimbunan		
No.	Nama TPS 3R	Emisi Gas Rumah Kaca
		CH4 (Kg CO2e/tahun)
1	Srihardono Bersih	317.765,03
2	Tirtoasri	571.977,06
3	Salakan Bersemi	254.212,03
4	Go Sari	158.882,52
5	Go Sari	115.851,84
6	Poncosari	99.301,57
Total		1.517.990,04

2) Skenario Pembakaran Secara Terbuka

Tabel 20. Perhitungan CO₂ Aktivitas Pembakaran TPS 3R Srihardono Bersih

Srihardono Bersih								
No	Komposisi Sampah	Timbulan Sampah (Gg)	Dry Matter Content (dm)	Fraksi Karbon (cf)	Fraksi Fosil Karbon (FCF)	Fraksi Oksidasi (Of)	Faktor Konversi (44/12)	Emisi CO2 (Gg CO2)
1	Sisa Makanan	0,36266	40%	38%	0	0,58	3,667	0,000000
2	Kayu-Ranting	0,01677	85%	50%	0	0,58	3,667	0,000000
3	Kertas-Karton	0,03750	40%	46%	0,01	0,58	3,667	0,000147
4	Plastik	0,14575	100%	75%	1	0,58	3,667	0,232466
5	Logam	0,00994	100%	0%	0	0,58	3,667	0,000000
6	Kain	0,00491	80%	50%	0,2	0,58	3,667	0,000836
7	Karet- Kulit	0,00024	84%	67%	0,2	0,58	3,667	0,000057
8	Kaca	0,01402	100%	0%	0	0,58	3,667	0,000000
9	Lainnya	0,00725	90%	0%	0	0,58	3,667	0,000000
Total								0,233505

Contoh perhitungan CO₂ aktivitas pembakaran terbuka (Kertas-Karton):

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 &= \text{MSW} \times \sum[\text{WF} \times \text{dm} \times \text{CF} \times \text{FCF} \times \text{OFJ}] \times 44/12 \\
 (\text{GgCO}_2) &= 0,03750 \text{ Gg} \times 40\% \times 46\% \times 0,01 \times 0,58 \times 3,667 \\
 &= 0,000147 \text{ GgCO}_2/\text{Tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total emisi CO}_2 &= \sum \text{Emisi CO}_2 \text{ (Gg CO}_2\text{)} \\
 &= 0,000147 + 0,232466 + 0,000836 + 0,000057 \\
 &= 0,233505 \text{ Gg CO}_2
 \end{aligned}$$

Tabel 21. Hasil Perhitungan Emisi CO₂ Pembakaran TPS 3R Wirogo Resik

Wirogo Resik								
No	Komposisi Sampah	Timbulan Sampah (Gg)	Dry Matter Content (dm)	Fraksi Karbon (cf)	Fraksi Fossil Karbon (FCF)	Fraksi Oksidasi (Of)	Faktor Konversi (44/12)	Emisi CO ₂ (Gg CO ₂)
1	Sisa Makanan	0,65279	40%	38%	0	0,58	3,667	0,000000
2	Kayu-Ranting	0,03019	85%	50%	0	0,58	3,667	0,000000
3	Kertas-Karton	0,06750	40%	46%	0,01	0,58	3,667	0,000264
4	Plastik	0,26234	100%	75%	1	0,58	3,667	0,418438
5	Logam	0,01790	100%	0%	0	0,58	3,667	0,000000
6	Kain	0,00884	80%	50%	0,2	0,58	3,667	0,001504
7	Karet- Kulit	0,00043	84%	67%	0,2	0,58	3,667	0,000103
8	Kaca	0,02523	100%	0%	0	0,58	3,667	0,000000
9	Lainnya	0,01305	90%	0%	0	0,58	3,667	0,000000
Total								0,420310

Tabel 22. Hasil Perhitungan Emisi CO₂ Pembakaran TPS 3R Tirtoasri

Tirtoasri								
No	Komposisi Sampah	Timbulan Sampah (Gg)	Dry Matter Content (dm)	Fraksi Karbon (cf)	Fraksi Fossil Karbon (FCF)	Fraksi Oksidasi (Of)	Faktor Konversi (44/12)	Emisi CO ₂ (Gg CO ₂)
1	Sisa Makanan	0,29013	40%	38%	0	0,58	3,667	0,000000
2	Kayu-Ranting	0,01342	85%	50%	0	0,58	3,667	0,000000
3	Kertas-Karton	0,03000	40%	46%	0,01	0,58	3,667	0,000117
4	Plastik	0,11660	100%	75%	1	0,58	3,667	0,185972
5	Logam	0,00796	100%	0%	0	0,58	3,667	0,000000
6	Kain	0,00393	80%	50%	0,2	0,58	3,667	0,000669
7	Karet- Kulit	0,00019	84%	67%	0,2	0,58	3,667	0,000046
8	Kaca	0,01121	100%	0%	0	0,58	3,667	0,000000
9	Lainnya	0,00580	90%	0%	0	0,58	3,667	0,000000
Total								0,186804

Tabel 23. Hasil Perhitungan Emisi CO₂ Pembakaran TPS 3R Salakan Bersemi

Salakan Bersemi								
No	Komposisi Sampah	Timbulan Sampah (Gg)	Dry Matter Content (dm)	Fraksi Karbon (cf)	Fraksi Fossil Karbon (FCF)	Fraksi Oksidasi (Of)	Faktor Konversi (44/12)	Emisi CO ₂ (Gg CO ₂)
1	Sisa Makanan	0,18133	40%	38%	0	0,58	3,667	0,000000
2	Kayu-Ranting	0,00839	85%	50%	0	0,58	3,667	0,000000
3	Kertas-Karton	0,01875	40%	46%	0,01	0,58	3,667	0,000073
4	Plastik	0,07287	100%	75%	1	0,58	3,667	0,116233
5	Logam	0,00497	100%	0%	0	0,58	3,667	0,000000
6	Kain	0,00246	80%	50%	0,2	0,58	3,667	0,000418
7	Karet- Kulit	0,00012	84%	67%	0,2	0,58	3,667	0,000029
8	Kaca	0,00701	100%	0%	0	0,58	3,667	0,000000
9	Lainnya	0,00362	90%	0%	0	0,58	3,667	0,000000
Total								0,116753

Tabel 24. Hasil Perhitungan Emisi CO₂ Pembakaran TPS 3R Go Sari

Go Sari								
No	Komposisi Sampah	Timbulan Sampah (Gg)	Dry Matter Content (dm)	Fraksi Karbon (cf)	Fraksi Fossil Karbon (FCF)	Fraksi Oksidasi (Of)	Faktor Konversi (44/12)	Emisi CO ₂ (Gg CO ₂)
1	Sisa Makanan	0,18133	40%	38%	0	0,58	3,667	0,000000
2	Kayu-Ranting	0,00839	85%	50%	0	0,58	3,667	0,000000
3	Kertas-Karton	0,01875	40%	46%	0,01	0,58	3,667	0,000073
4	Plastik	0,07287	100%	75%	1	0,58	3,667	0,116233
5	Logam	0,00497	100%	0%	0	0,58	3,667	0,000000
6	Kain	0,00246	80%	50%	0,2	0,58	3,667	0,000418
7	Karet- Kulit	0,00012	84%	67%	0,2	0,58	3,667	0,000029
8	Kaca	0,00701	100%	0%	0	0,58	3,667	0,000000
9	Lainnya	0,00362	90%	0%	0	0,58	3,667	0,000000
Total								0,116753

Tabel 25. Hasil Perhitungan Emisi CO₂ Pembakaran TPS 3R Poncosari

Poncosari								
No	Komposisi Sampah	Timbulan Sampah (Gg)	Dry Matter Content (dm)	Fraksi Karbon (cf)	Fraksi Fossil Karbon (FCF)	Fraksi Oksidasi (Of)	Faktor Konversi (44/12)	Emisi CO ₂ (Gg CO ₂)
1	Sisa Makanan	0,11333	40%	38%	0	0,58	3,667	0,000000
2	Kayu-Ranting	0,00524	85%	50%	0	0,58	3,667	0,000000
3	Kertas-Karton	0,01172	40%	46%	0,01	0,58	3,667	0,000046
4	Plastik	0,04555	100%	75%	1	0,58	3,667	0,072645
5	Logam	0,00311	100%	0%	0	0,58	3,667	0,000000
6	Kain	0,00154	80%	50%	0,2	0,58	3,667	0,000261
7	Karet- Kulit	0,00007	84%	67%	0,2	0,58	3,667	0,000018
8	Kaca	0,00438	100%	0%	0	0,58	3,667	0,000000
9	Lainnya	0,00227	90%	0%	0	0,58	3,667	0,000000
Total								0,072970

Tabel 26. Rekapitulasi Perhitungan Emisi CO₂ Skenario Pembakaran Sampah

No.	Nama TPS 3R	CO ₂ (Gg CO ₂)	CO ₂ (Kg CO ₂)
1	Srihardono Bersih	0,23351	233.505,37
2	Wirogo Resik	0,42031	420.309,67
3	Tirtoasri	0,18680	186.804,30
4	Salakan Bersemi	0,11675	116.752,69
5	Go Sari	0,11675	116.752,69
6	Poncosari	0,07297	72.970,43

Rekapitulasi Perhitungan Emisi CO₂ Skenario Pembakaran Sampah
Konversi GgCO₂ menjadi KgCO₂eq/tahun:

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 &= \text{Emisi CO}_2 \text{ (GgCO}_2\text{)} \times 10^6 \times \text{GWP} \\
 \text{(GgCO}_2\text{)} &= 0,35026 \times 10^6 \times 1 \\
 &= 350258,06 \text{ KgCO}_2\text{eq/Tahun}
 \end{aligned}$$

Tabel 27. Hasil Perhitungan Emisi CH₄ Aktivitas Pembakaran

No.	Nama TPS 3R	Jumlah Sampah yang Dibakar (Gg/tahun)	Faktor Emisi CH ₄ (Kg CH ₄ /Gg Sampah)	Emisi CH ₄ (Gg CH ₄)	CH ₄ (Kg CO ₂ eq/tahun)
1	Srihardono Bersih	0,898560	6500	0,00584064	174.051,07
2	Wirogo Resik	1,617408	6500	0,01051315	313.291,93
3	Tirtoasri	0,479232	6500	0,00311501	92.827,24
4	Salakan Bersemi	0,299520	6500	0,00194688	58.017,02
5	Go Sari	0,218400	6500	0,0014196	42.304,08
6	Poncosari	0,187200	6500	0,0012168	36.260,64

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CH}_4 &= \text{Timbulan sampah (Gg)} \times \text{faktor emisi (Kg} \\
 \text{(KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= \text{CH}_4\text{/Gg)} \times 10^6 \times \text{GWP} \\
 &= 1,617408 \text{ Gg} \times 6500 \text{ KgCH}_4\text{/Gg} \times 10^6 \times 29,8
 \end{aligned}$$

$$= 313.291,93 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun}$$

Tabel 28. Hasil Perhitungan Emisi N₂O Aktivitas Pembakaran

No.	Nama TPS 3R	Jumlah Sampah yang Dibakar (Gg/tahun)	Faktor Emisi N ₂ O (Kg N ₂ O/Gg Sampah)	Emisi N ₂ O (Gg N ₂ O)	N ₂ O (Kg CO ₂ eq/tahun)
1	Srihardono Bersih	0,898560	150	0,0001348	36.796,03
2	Wirogo Resik	1,617408	150	0,0002426	66.232,86
3	Tirtoasri	0,479232	150	0,0000719	19.624,55
4	Salakan Bersemi	0,299520	150	0,0000449	12.265,34
5	Go Sari	0,218400	150	0,0000328	8.943,48
6	Poncosari	0,187200	150	0,0000281	7.665,84

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi N}_2\text{O} &= \text{Timbulan sampah (Gg)} \times \text{faktor emisi (Kg} \\
 \text{(KgCO}_2\text{eq/tahun)} &= \text{N}_2\text{O/Gg)} \times 10^6 \times \text{GWP} \\
 &= 1,617408 \text{ Gg} \times 150 \text{ Kg N}_2\text{O /Gg} \times 10^6 \times 273 \\
 &= 66.232,86 \text{ KgCO}_2\text{eq/tahun}
 \end{aligned}$$

Tabel 29. Hasil Perhitungan Aktivitas Pembakaran Sampah

Rekap per TPS 3R (Konversi GWP)				
No.	Nama TPS 3R	Emisi Gas Rumah Kaca		
		CO ₂ (Kg CO ₂ eq/tahun)	CH ₄ (Kg CO ₂ eq/tahun)	N ₂ O (Kg CO ₂ eq/tahun)
1	Srihardono Bersih	233.505,37	174.051,07	36.796,03
2	Tirtoasri	420.309,67	313.291,93	66.232,86
3	Salakan Bersemi	186.804,30	92.827,24	19.624,55
4	Go Sari	116.752,69	58.017,02	12.265,34
5	Go Sari	116.752,69	42.304,08	8.943,48
6	Poncosari	72.970,43	36.260,64	7.665,84
Total		1.147.095,15	716.751,98	151.528,10

Lampiran III. Dokumentasi Penelitian

1) Dokumentasi Srihardono Bersih



Gambar 1. TPS 3R Srihardono Bersih



Gambar 2. Mesin Pencacahan Organik Srihardono Bersih



Gambar 3. Kendaraan Pengumpul TPS 3R Srihardono Bersih



Gambar 4. Lokasi Pengomposan



Gambar 5. Penyimpanan Sampah Anorganik

2) Dokumentasi Wirogo Resik



Gambar 6. TPS 3R Wirogo Resik



Gambar 7. Kendaraan Pengumpul (*Pick Up*) Wirogo Resik



Gambar 8. Kendaraan Pengangkut (*Dump Truck*) Wirogo Resik



Gambar 9. Area Pemilahan Wirogo Resik

3) Dokumentasi Tirtoasri



Gambar 10. Kantor TPS 3R Tirtoasri



Gambar 11. Mesin Pengayakan TPS 3R Tirtoasri



Gambar 12. Mesin Penggilingan TPS 3R Tirtoasri



Gambar 13. Lokasi Pengomposan



Gambar 14. Lokasi Pematangan Kompos



Gambar 15. Kendaraan Pengumpul TPS 3R Tirtoasri

4) Dokumentasi Salakan Bersemi



Gambar 16. TPS 3R Salakan Bersemi



Gambar 17. Mesin Pencacahan



Gambar 18. Kendaraan Pengangkut TPS 3R Salakan Bersemi



Gambar 19. Sampah Anorganik TPS 3R Salakan Bersemi



Gambar 20. Area Pemilahan

5) Dokumentasi Go Sari



Gambar 21. TPS 3R Go Sari



Gambar 22. Mesin Bubur Organik TPS 3R Go Sari



Gambar 23. Kendaraan Pengumpul TPS 3R Go Sari



Gambar 24. Area Maggot



Gambar 25. Area Pemilahan TPS 3R Go Sari

6) Dokumentasi Poncosari



Gambar 26. TPS 3R Poncosari



Gambar 27. Sampah Anorganik Poncosari



Gambar 28. Kendaraan Pengumpul TPS 3R Poncosari



Gambar 29. Sampah Organik Poncosari

7) Dokumentasi Pengepul



Gambar 30. Pengepul Jatiplastik



Gambar 31. Pengepul UD Terus Makmur

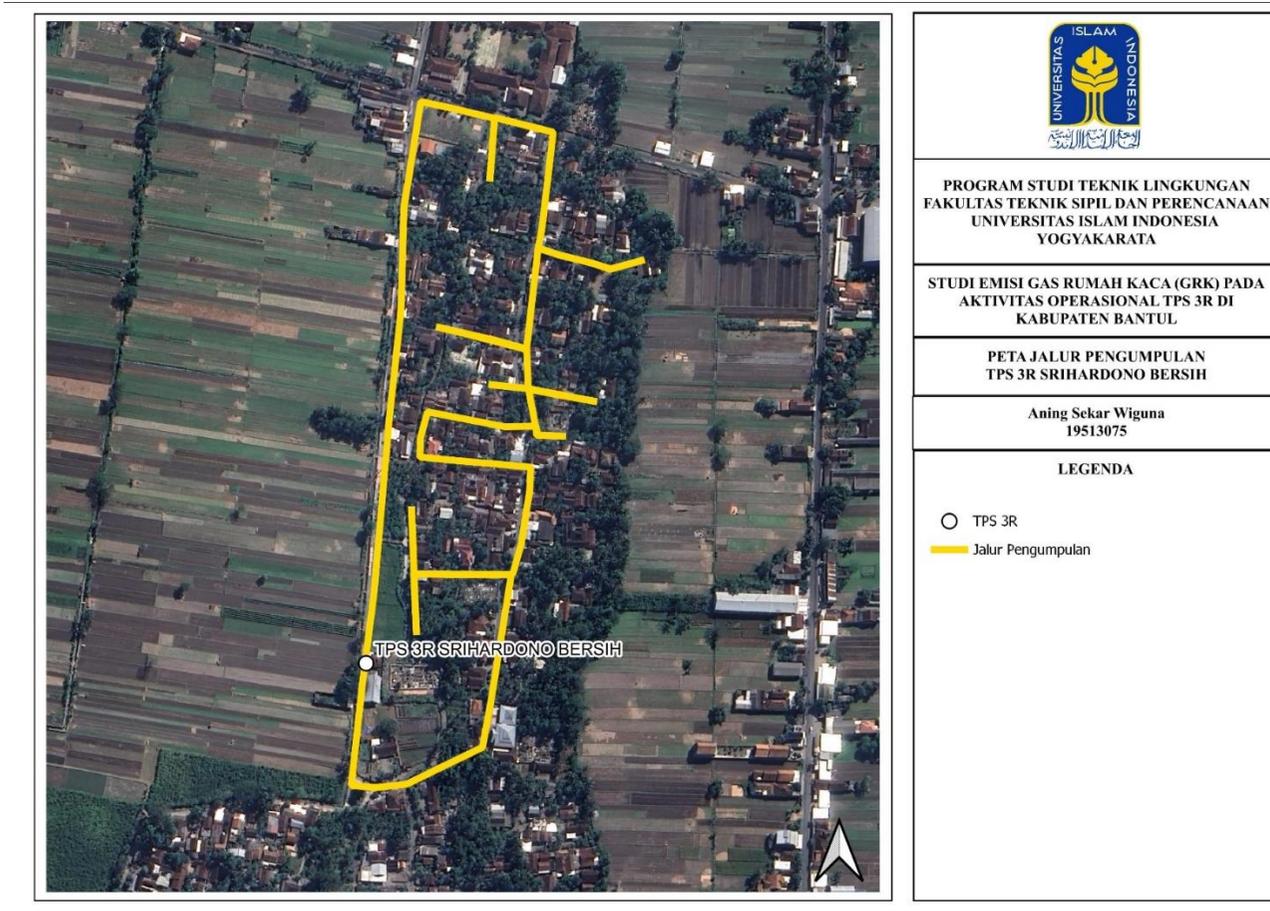


Gambar 32. Pengepul Sukosewu

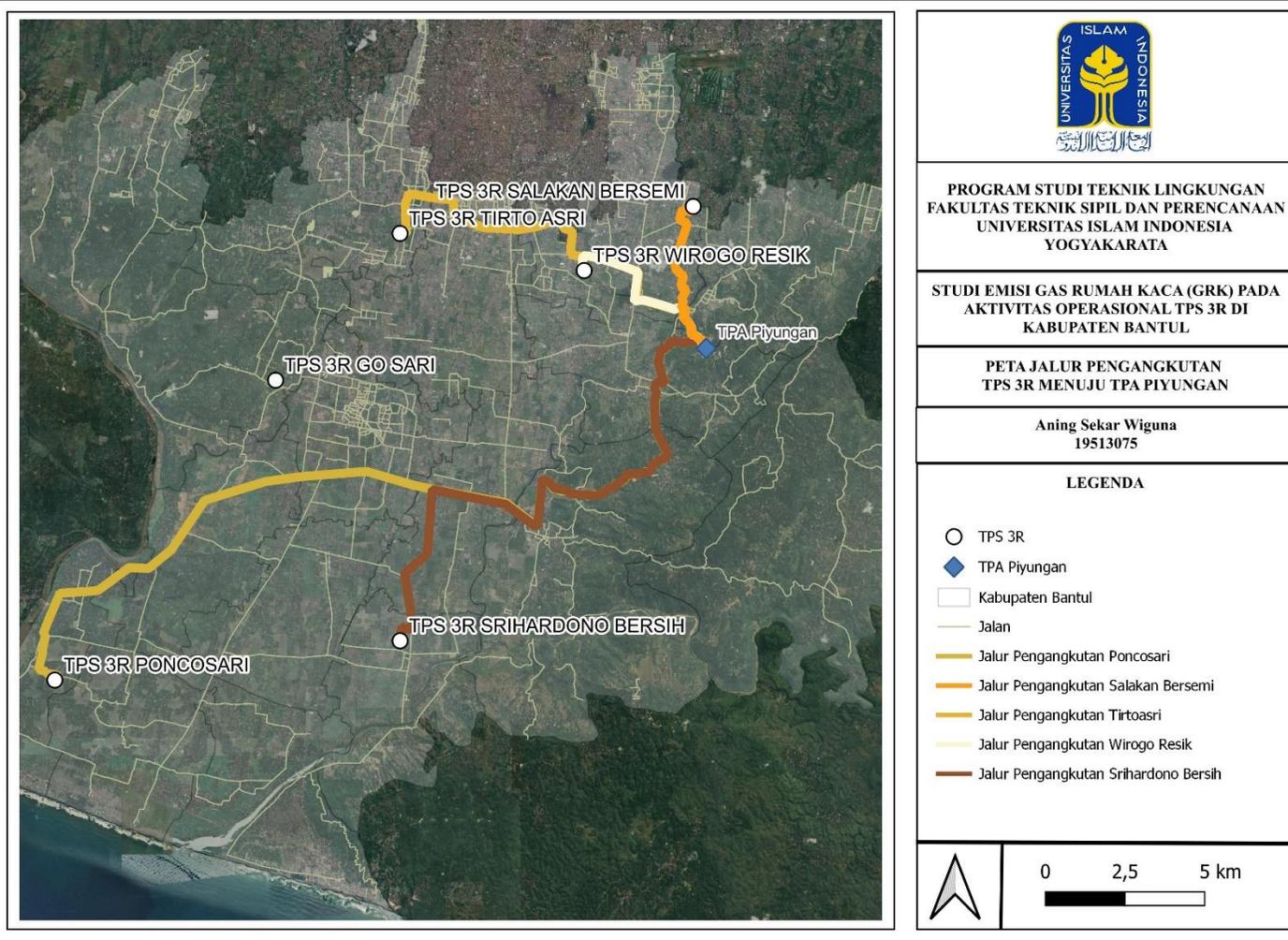


Gambar 33. Mesin Pressing UD Terus Makmur

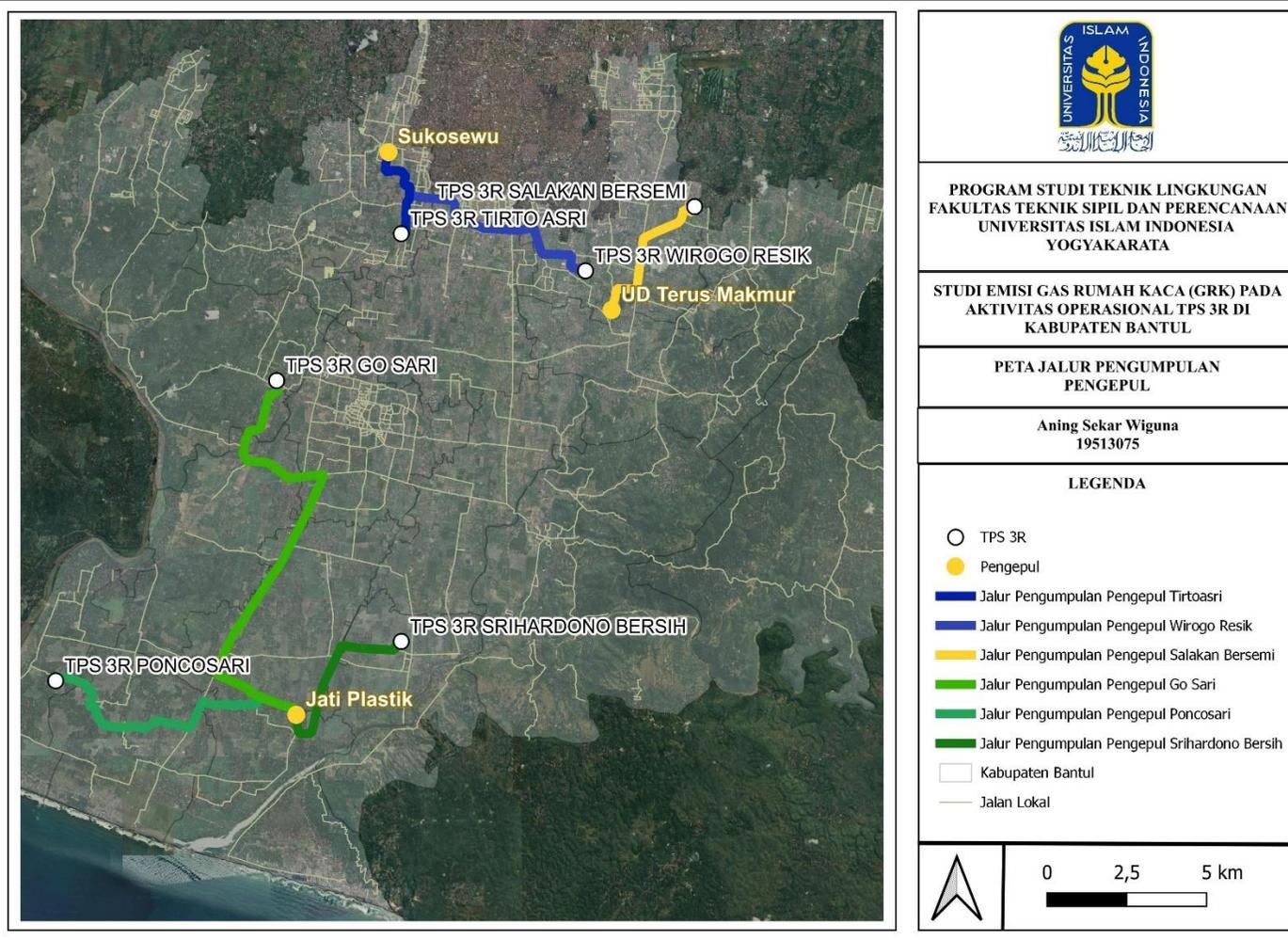
Lampiran IV. Peta



Gambar 34. Contoh Jalur Pengumpulan TPS 3R Srihardono Bersih



Gambar 35. Peta Jalur Pengangkutan TPS 3R



Gambar 36. Peta Jalur Pengumpulan Pengepul

Lampiran V. Formulir Pengambilan Data

1) Formulir Petugas atau Pengelola TPS 3R

FORM DATA PENELITIAN UNTUK PETUGAS/PENGELOLA
TPS 3R KABUPATEN BANTUL

Hari/tanggal:

A. Identitas TPS 3R dan Responden

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

B. Profil TPS 3R

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

C. Teknis Operasional TPS 3R

C1. Pelanggan dan Sampah	
1.	Berapakah jumlah pelanggan TPS 3R?

Jawaban:

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

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

Jawaban:

_____ (ton/m³)/(hari/minggu/bulan)*

(*) Coret yang tidak diperlukan

Bulan	Minggu ke-	Berat Sampah (Kg)								
		Sisa Makanan	Kayu /Ranting	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	
	Apa jenis kendaraan pengangkutan yang digunakan?
Jawaban:	
<input type="checkbox"/>	Gerobak sampah : ___ unit
<input type="checkbox"/>	Motor sampah : ___ unit
<input type="checkbox"/>	Truk Sampah : ___ unit
<input type="checkbox"/>	_____ : ___ unit
6.	Berapa kapasitas sampah pada kendaraan pengangkut?
Jawaban:	
_____ (ton/m ³) per (tossa/ _____)*	
(*) Coret yang tidak diperlukan	
7.	Apakah sampah sudah terpilah sejak dari sumber?
Jawaban:	
<input type="checkbox"/>	Sudah
<input type="checkbox"/>	Belum
<input type="checkbox"/>	Sudah sebagian
8.	Berapakah jumlah rute pengangkutan sampah?
Jawaban:	
<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	2
<input type="checkbox"/>	3
<input type="checkbox"/>	_____
9.	Bagaimanakah jadwal pengangkutan sampah yang dilakukan?
Jawaban:	
<input type="checkbox"/>	Setiap hari per rut
<input type="checkbox"/>	2 kali dalam seminggu per rute
<input type="checkbox"/>	3 kali dalam seminggu per rute
<input type="checkbox"/>	_____

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

Pertamina

Solar

13.	Berapakah biaya bahan bakar untuk kendaraan pengangkut?
Jawaban: Rp _____/(hari/minggu/bulan)	
C3. Mesin Pengolahan Sampah	
15.	Apa saja fasilitas yang ada pada TPS 3R ini?
Jawaban:	
<input type="checkbox"/>	Area penerimaan
<input type="checkbox"/>	Area pemilahan
<input type="checkbox"/>	Area pencacahan
<input type="checkbox"/>	Area pengomposan
<input type="checkbox"/>	Area pengayakan
<input type="checkbox"/>	Area pematangan kompos
<input type="checkbox"/>	Area penampungan residu
<input type="checkbox"/>	Kantor
<input type="checkbox"/>	WC
Lainnya: _____	
16.	Apa saja tahap pengolahan sampah yang ada pada TPS 3R ini?
Jawaban:	
<input type="checkbox"/>	Penerimaan
<input type="checkbox"/>	Pemilahan
<input type="checkbox"/>	Pencacahan
<input type="checkbox"/>	Pengomposan
<input type="checkbox"/>	Pengayakan Kompos
<input type="checkbox"/>	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:	

<input type="checkbox"/> Mesin pemilahan : ____ unit	<input type="checkbox"/> Mesin Pengayakan : ____ unit
Spesifikasinya	Spesifikasinya
<input type="checkbox"/> Mesin pencacahan : ____ unit	<input type="checkbox"/> Mesin Pengemasan : ____ unit
Spesifikasinya	Spesifikasinya
<input type="checkbox"/> Mesin pengomposan : ____ unit	
Spesifikasinya	
<input type="checkbox"/> Lainnya : _____	

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

Jawaban:

<input type="checkbox"/> Mesin pemilahan : ____ jam per hari	<input type="checkbox"/> Mesin pengayakan : ____ jam/hari
<input type="checkbox"/> Mesin pencacahan : ____ jam per hari	<input type="checkbox"/> Mesin pengemasan : ____ jam/hari
<input type="checkbox"/> Mesin pengomposan : ____ jam per hari	
<input type="checkbox"/> Lainnya : _____	

19. Berapakah kapasitas sampah pada masing - masing mesin?

Jawaban:

<input type="checkbox"/> Mesin pemilahan : ____ ton	<input type="checkbox"/> Mesin pengayakan : ____ ton
<input type="checkbox"/> Mesin pencacahan : ____ ton	<input type="checkbox"/> Mesin pengemasan : ____ ton

Mesin : ____ ton
pengomposan

Lainnya : _____

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

Jawaban:

Mesin : _____ Mesin : _____
pemilahan : pengayakan

Mesin : _____ Mesin : _____
pencacahan : 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:

5.	Apakah terdapat bantuan operasional dari pihak lain?
Jawaban:	
<input type="checkbox"/>	Pemerintah
<input type="checkbox"/>	Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM)
<input type="checkbox"/>	Perusahaan
<input type="checkbox"/>	_____
6.	Bantuan apakah yang ditawarkan oleh pihak tersebut?
Jawaban:	

2) Formulir Pengepul

FORM DATA PENGEPUL TPS 3R KABUPATEN BANTUL

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?
<ul style="list-style-type: none"> - 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 :

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

RIWAYAT HIDUP

Aning Sekar Wiguna merupakan nama lengkap dari penulis tugas akhir ini. Penulis lahir di Pekanbaru pada tanggal 05 Juli 2001. Penulis merupakan anak kedua dari Bapak Kirmadi dan Ibu Nani Syuryasih. Penulis menempuh pendidikan SD Al-Azhar Syifa Budi Pekanbaru, SMP Negeri 4 Pekanbaru, dan SMA Negeri 4 Pekanbaru hingga saat ini menempuh pendidikan strata-1 (S-1) pada program studi teknik lingkungan Universitas Islam Indonesia.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif pada bidang akademik dan non akademik. Pada bidang akademik, penulis merupakan bagian dari asisten praktikum kimia lingkungan tahun 2023, asisten praktikum laboratorium lingkungan tahun 2023, dan asisten *Summer Internship Programme* pada tahun 2023. Pada bidang non akademik, penulis aktif dalam kepanitiaan dan organisasi kemahasiswaan. Kepanitiaan yang pernah diikuti oleh penulis yakni *Enviro Champion 2020* (staff divisi acara), *Envirotation 2020* (staff divisi kesekretariatan), dan *Lintas Lingkungan 2020* (staff divisi acara). Organisasi kemahasiswaan yang pernah diikuti penulis yakni Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL). Penulis menjabat sebagai Bendahara I pada periode himpunan tahun 2020-2021 dan dilanjutkan menjabat sebagai Bendahara II pada periode himpunan tahun 2021-2022.