

TUGAS AKHIR
EMISI GAS RUMAH KACA DALAM AKTIVITAS
PENGUMPULAN LIMBAH ELEKTRONIK OLEH
SEKTOR INFORMAL (STUDI KASUS: DAERAH DI
KABUPATEN SLEMAN)

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



MUHAMMAD MAHATHIR FATCHAN
20513079

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024

TUGAS AKHIR
EMISI GAS RUMAH KACA DALAM AKTIVITAS
PENGUMPULAN LIMBAH ELEKTRONIK OLEH
SEKTOR INFORMAL (STUDI KASUS: DAERAH DI
KABUPATEN SLEMAN)

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



MUHAMMAD MAHATHIR FATCHAN
20513079

Disetujui,
Dosen Pembimbing

Fina Binazir Maziya, S.T., M.T.

NIK. 165131305

Tanggal **24 Oktober 2024**

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan UII



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

NIK. 045130401

Tanggal

HALAMAN PENGESAHAN

EMISI GAS RUMAH KACA DALAM AKTIVITAS PENGUMPULAN LIMBAH ELEKTRONIK OLEH SEKTOR INFORMAL (STUDI KASUS: DAERAH DI KABUPATEN SLEMAN)

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Mari: Kamis

Tanggal: 24 Okt 2024

Disusun Oleh:

Muhammad Mahathir Fatchan

20513079

Tim Penguji:

Fina Binazir Maziya, S.T., M.T.

()

Dr. Ir. Hilrah Purnama Putra, S.T., M.Eng.

()

Yebi Yurlandala, S.T., M.Eng.

()

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 merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa adanya partisipasi berupa bantuan dari pihak lain, kecuali dalam hal panduan yang telah diberikan oleh 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. Saya bertanggung jawab sepenuhnya atas pemilihan dan penggunaan program perangkat lunak komputer yang saya gunakan dalam penelitian ini, dan hal ini bukan tanggung jawab institusi manapun termasuk Universitas Islam Indonesia
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran 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.

Kabupaten Sleman, 24 Oktober 2024

yang membuat pernyataan,



Muhammad Mahathir Fatchan

20513079

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul "Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dalam Aktivitas Pengumpulan Limbah Elektronik oleh Sektor Informal (Studi Kasus: Daerah di Kabupaten Sleman)" ini dengan baik. Laporan tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar pendidikan Strata 1 (S1) Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Dalam proses penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua dan saudara yang senantiasa telah memberikan doa dan dukungan selama masa studi.
2. Yth. Ibu Fina Binazir Maziya, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing saya yang telah turut membimbing pelaksanaan tugas akhir ini, sekaligus juga atas saran, masukan, maupun pertimbangan yang telah diberikan sehingga dapat mengurangi kekurangan – kekurangan penulis dalam pelaksanaan tugas akhir ini.
3. Yth., Dr. Ir. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng., dan Bapak Yebi Yuriandala, S.T., M.Eng., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran, masukan, dan juga ilmu selama pelaksanaan tugas akhir ini.
4. Yth., seluruh dosen dan tenaga pendidik di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu dan bantuan selama masa studi.
5. Pihak pengelola maupun pekerja pada tempat pengumpulan limbah elektronik di Kabupaten Sleman yang telah bersedia memberikan informasi dan bantuannya dalam penelitian ini.

6. Teman – teman, adik tingkat, maupun kakak tingkat yang telah mendampingi dan menghibur selama masa studi.
7. Pihak terkait lainnya yang telah membantu dan memberikan dukungan selama masa studi saya.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang pengelolaan limbah elektronik dan mitigasi emisi gas rumah kaca. Akhir kata, penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat memberikan sumbangan yang berarti bagi semua pihak yang memerlukannya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

ABSTRAK

Kabupaten Sleman merupakan kabupaten yang terletak di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Sistem pengumpulan limbah elektronik di Kabupaten Sleman dilakukan oleh para pelaku usaha di sektor informal. Hal ini disebabkan karena kurangnya fasilitas pengelolaan limbah elektronik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kondisi eksisting sistem pengumpulan limbah elektronik yang dilakukan oleh para pelaku usaha di sektor informal serta dampak yang dihasilkan dari aktivitas tersebut terhadap emisi gas rumah kaca. Melalui metode *snowball sampling*, didapatkan 14 lokasi pengepul limbah elektronik, namun hanya 8 dari 14 yang dapat dijadikan sampel. Aktivitas pengumpulan di 8 lokasi penelitian dilakukan dengan menggunakan mobil *pickup*, mobil *wagon*, maupun motor yang dilengkapi gerobak. Untuk memperoleh limbah elektronik tersebut, para pelaku usaha melakukan sistem keliling (*door – to – door*) dan juga panggilan. Tentunya penggunaan kendaraan bermotor pada aktivitas tersebut menghasilkan emisi gas rumah kaca. Perhitungan emisi gas rumah kaca dilakukan menggunakan metode IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) dengan parameter emisi CO₂, CH₄, dan N₂O. Pada aktivitas tersebut mampu menghasilkan emisi CH₄ sebesar 258,1 kg CO_{2(eq)}/tahun, N₂O sebesar 220,2 kg CO_{2(eq)}/tahun, dan CO₂ sebesar 18.184,94 kg CO_{2(eq)}/tahun dengan menggunakan faktor emisi *default* IPCC serta 17.576,66 kg CO_{2(eq)}/tahun dengan menggunakan faktor emisi lokal.

Kata kunci: Aktivitas Pengumpulan, Emisi Gas Rumah Kaca, Sektor Informal

ABSTRACT

Sleman Regency is a regency located in the Special Region of Yogyakarta Province. The electronic waste collection system in Sleman Regency is carried out by informal sector businesses also due to the limited number of electronic waste management facilities. The aim of this study is to analyze the existing conditions of the electronic waste collection system conducted by informal sector businesses and the impact of this activity on greenhouse gas emissions. Using the snowball sampling method, 14 locations of electronic waste collectors were identified, but only 8 out of the 14 could be used as samples. Collection activities at the 8 research locations were carried out using pickup trucks, wagons, and motorcycles equipped with carts. To acquire electronic waste, the businesses employed a door-to-door system and responded to calls. The use of motorized vehicles in these activities inevitably generates greenhouse gas emissions. Greenhouse gas emissions were calculated using the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) method with CO₂, CH₄, and N₂O as an emission parameters. These activities are capable of producing CH₄ emissions amounting to 258.1 kg CO_{2(eq)}/year, N₂O emissions amounting to 220.2 kg CO_{2(eq)}/year, and CO₂ emissions amounting to 18,184.94 kg CO_{2(eq)}/year using the default IPCC emission factors and 17,576.66 kg CO_{2(eq)}/year using local emission factors.

Keywords: *Collection Activities, Informal Sector, Greenhouse Gas Emission*

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Limbah Elektronik (<i>E – Waste</i>).....	6
2.1.1 Kategori Limbah Elektronik	6
2.1.2 Dampak Limbah Elektronik.....	7
2.2 Pengangkutan Sampah Elektronik oleh Sektor Informal	8
2.3 Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari Sektor Transportasi	9
2.4 Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK)	10
2.5 Kebijakan Terkait Reduksi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK).....	11
BAB III METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Lokasi Penelitian.....	14
3.2 Tahapan Penelitian	17

3.3	Prosedur Analisis Data	17
3.3.1	Metode Pengumpulan Data	17
3.3.2	Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Menggunakan Metode IPCC	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		25
4.1	Gambaran Umum Lokasi Penelitian	25
4.2	Kondisi Eksisting Sistem Pengumpulan Limbah Elektronik Sektor Informal	26
4.3	Potensi Emisi Gas Rumah Kaca Pengangkutan Limbah Elektronik.....	30
4.3.1	Konsumsi Energi Kendaraan Pengangkut Limbah Elektronik	31
4.3.2	Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengangkutan Limbah Elektronik.	33
4.3.3	Konversi Emisi Berdasarkan <i>Global Warming Potential</i> (GWP).....	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		42
5.1	Kesimpulan	42
5.2	Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA		43
LAMPIRAN		47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori Limbah Elektronik (<i>E - Waste</i>)	7
Tabel 3.1 Sebaran Lokasi Penelitian.....	15
Tabel 3.2 Metode Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca pada Sektor Transportasi Berdasarkan IPCC <i>Guidelines</i> (2006).....	22
Tabel 3.3 Nilai Kalor Bahan Bakar di Indonesia	24
Tabel 3.4 Faktor Emisi CO ₂ Kendaraan Darat.....	24
Tabel 4.1 Data Aktivitas Pengepul Limbah Elektronik di Kabupaten Sleman.....	28
Tabel 4. 2 Persentase Kecamatan Terlayani	30
Tabel 4.3 Konsumsi Energi Kendaraan Pengangkut Barang Bekas Elektronik ...	32
Tabel 4.4 Emisi CO ₂ Kendaraan Pengangkut Limbah Elektronik	34
Tabel 4.5 Emisi CH ₄ dan N ₂ O Kendaraan Pengangkut Limbah Elektronik	37
Tabel 4.6 Nilai Global Warming Potential (GWP) Gas Rumah Kaca.....	40
Tabel 4.7 Emisi dalam <i>Global Warming Potential</i> (GWP) Aktivitas Pengumpulan Limbah Elektronik	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kerangka Berpikir Penelitian	3
Gambar 3.1 Peta Sebaran Lokasi Penelitian	15
Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	17
Gambar 3.3 Ilustrasi <i>Snowball Sampling</i>	19
Gambar 4. 1 Wilayah Pelayanan Aktivitas Pengumpulan oleh Sektor Informal..	27
Gambar 4.2 Grafik Emisi CO ₂ (Kg/Tahun) Aktivitas Pengumpulan Limbah Elektronik.....	35
Gambar 4.3 Grafik Emisi CH ₄ (Kg/Tahun) Aktivitas Pengumpulan Limbah Elektronik.....	38
Gambar 4.4 Grafik Emisi N ₂ O (Kg/Tahun) Aktivitas Pengumpulan Limbah Elektronik.....	38
Gambar 4.5 Grafik Emisi CO ₂ , CH ₄ , dan N ₂ O (Kg CO _{2(eq)} /Tahun)	41

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sleman merupakan Kabupaten terbesar di Yogyakarta yang memiliki jumlah penduduk cukup banyak. Jumlah penduduk kabupaten Sleman menurut data dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman, pada tahun 2023 adalah 1.147.526 jiwa, dengan luas wilayah 574.82 km². Maka kepadatan penduduk Kabupaten Sleman 2.054 jiwa/km². Jumlah penduduk tersebut sangat berkaitan dengan aktivitas yang dilakukan masyarakatnya. Selain itu dengan adanya perkembangan dan peningkatan jumlah penduduk terus – menerus dapat menimbulkan permasalahan, salah satunya pada sektor sampah yang tidak dapat di pungkiri selama aktivitas kehidupan masih terus berjalan maka sampah tersebut akan semakin bertambah. Sektor utama yang berkontribusi pada peningkatan gas rumah kaca ini antara lain adalah pembangkit listrik dan penggunaan lahan yakni sebesar 50% total emisi gas rumah kaca. Timbulan sampah diperhitungkan turut menyumbang pada peningkatan emisi GRK sebesar 5% (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007).

Perkembangan alat elektronik di Indonesia, sudah ada sejak tahun 1980-an dan berkembang dengan pesat setiap tahun. Percepatan pertumbuhan industri elektronik didorong produk generasi yang lebih baru sudah muncul lagi. Hal ini mendorong konsumen untuk mengganti alat elektroniknya dengan alat elektronik yang baru dalam kurun waktu yang lebih cepat. Masalah yang muncul yaitu alat elektronik yang sudah rusak atau tidak digunakan lagi jumlahnya semakin meningkat (Astuti, Widi, & Rufiyanto, 2017). Pada kondisi tersebut mengakibatkan barang elektronik yang sudah rusak atau tidak digunakan lagi akan dibuang, diperbaiki, atau dijual ke pengepul barang bekas. Mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2020 tentang Pengelolaan Sampah Spesifik, limbah elektronik (*e – waste*) termasuk kedalam limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) karena kandungan yang ada didalamnya. Namun peraturan ini hanya mengatur secara umum dan tidak mengatur

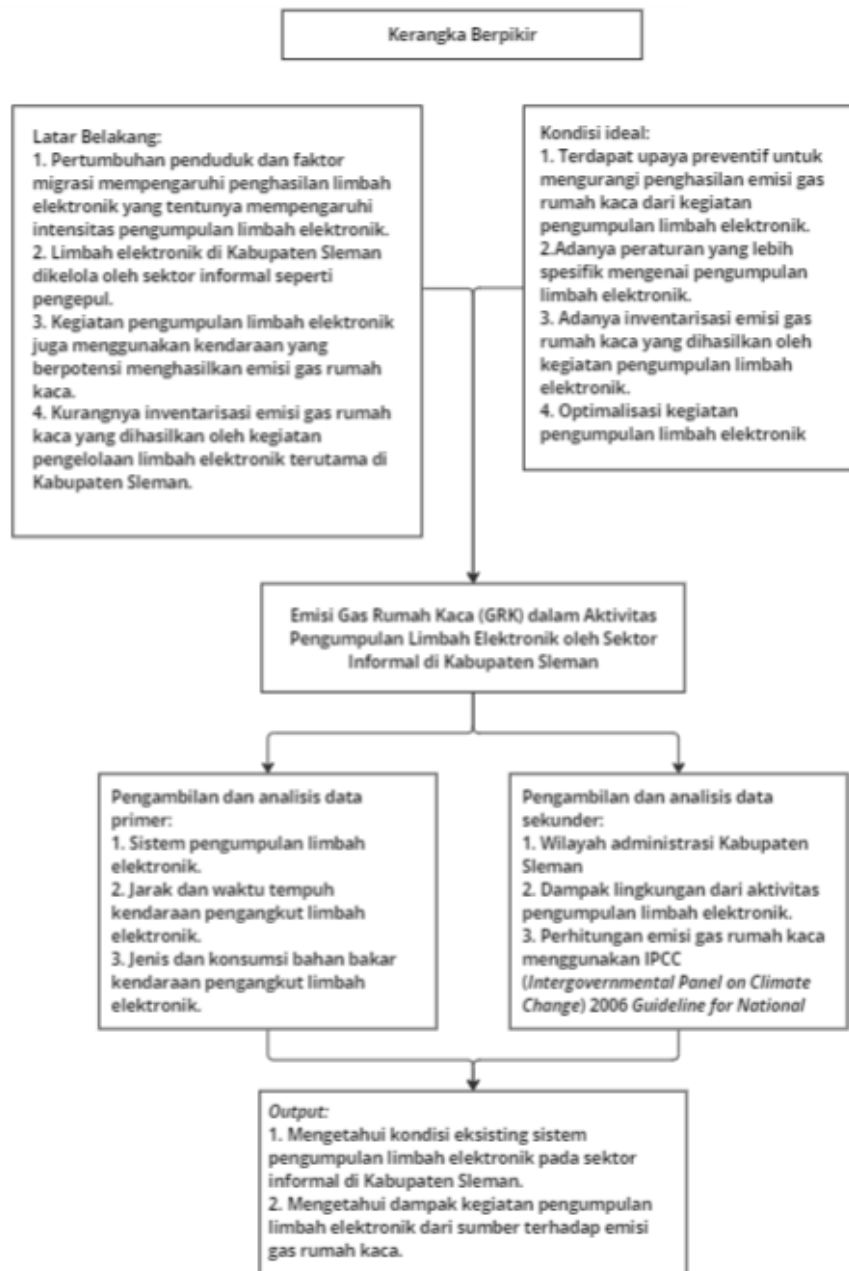
secara spesifik mengenai definisi, kriteria, maupun alur pengelolaan limbah elektronik.

Sampah elektronik yang dihasilkan oleh masyarakat tidak hanya dikelola oleh Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten/Kota, namun juga dikelola oleh sektor informal seperti pengepul barang bekas. Para pengepul barang bekas pada umumnya mengangkut sampah berupa barang bekas yang masih bisa digunakan dan dijual kembali seperti *electronic waste*. Berdasarkan Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), pada tahun 2020 Kabupaten Sleman menyumbang sampah sebanyak 701,95 ton sampah setiap harinya, namun belum ada data yang jelas mengenai total timbulan dan komposisi dari *e – waste* di Kabupaten Sleman. Dari kondisi tersebut, para pengepul maupun bandar barang bekas memiliki peran yang sangat penting dalam mengurangi timbulan sampah. Hal ini dikarenakan para pengepul maupun bandar barang bekas merupakan seorang kolektor barang bekas untuk kemudian dijual kembali atau diperbaiki sehingga dapat digunakan kembali. (Sutarmin & Budiarti, 2020)

Kegiatan pengepulan barang elektronik bekas ini juga pada dasarnya merupakan sebuah upaya reduksi limbah elektronik. Karena dalam kegiatan ini, para pengepul biasanya akan memperbaiki barang yang rusak tersebut ataupun mengambil komponen elektronik yang masih bisa diperjual belikan dan dipakai kembali. Dengan adanya kegiatan ini akan mereduksi timbulan limbah elektronik yang terbuang sia – sia.

Dari peran tersebut juga menyebabkan munculnya komunitas masyarakat pengepul atau bandar barang bekas (Sutarmin & Budiarti, 2020). Dalam kegiatan pengangkutan sampah elektronik (*e – waste*) oleh para pengepul maupun bandar barang bekas juga berpotensi menghasilkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang cukup signifikan. Berdasarkan RAN-GRK, bidang transportasi menjadi salah satu sektor penyumbang emisi gas rumah kaca utama di Indonesia, dengan konsentrasi 23% dari total emisi gas rumah kaca CO₂ yaitu 68 juta ton CO₂ *e* dari sektor energi atau 20,7% dari emisi CO₂ global di Indonesia. Sektor transportasi merupakan sumber emisi tertinggi dengan urutan ketiga kategori emisi gas rumah kaca dari sektor energi, setelah industri dan pembangkit listrik. Kendaraan menyumbang

89% emisi gas rumah kaca dari keseluruhan sektor transportasi serta 90,7% dari konsumsi energi (Bappenas, 2011).



Gambar 1.1 Kerangka Berpikir Penelitian

1.2 Rumusan Masalah

Adapun dalam penelitian ini terdapat beberapa rumusan masalah yang akan menjadi pokok pembahasan dalam penelitian, yaitu :

- 1) Bagaimana kondisi eksisting sistem pengumpulan limbah elektronik oleh sektor informal pada beberapa wilayah di Kabupaten Sleman?
- 2) Bagaimana dampak kegiatan pengumpulan limbah elektronik dari sumber terhadap emisi gas rumah kaca?

1.3 Tujuan Penelitian

Pada penelitian ini juga memiliki tujuan agar peneliti dapat menyampaikan *output* atau hasil yang diharapkan pada penelitian ini. Berikut merupakan tujuan penelitian ini :

- 1) Menganalisis kondisi eksisting sistem pengumpulan limbah elektronik oleh sektor informal pada beberapa wilayah di Kabupaten Sleman.
- 2) Menganalisis dampak kegiatan pengumpulan limbah elektronik dari sumber terhadap emisi gas rumah kaca.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang dapat diperoleh melalui pelaksanaan tugas akhir ini, yaitu :

- 1) Memberikan wawasan kepada masyarakat khususnya para pengepul barang elektronik bekas mengenai limbah elektronik dan dampak pengumpulan terhadap lingkungan.
- 2) Menjadi pembelajaran bagi kegiatan akademik di perguruan tinggi khususnya pada bidang inventarisasi masalah perubahan iklim.
- 3) Menjadi saran, pertimbangan dan inventaris masalah bagi pemerintah dalam menanggulangi permasalahan lingkungan akibat sektor penggunaan energi terutama dalam aktivitas pengumpulan limbah elektronik.

1.5 Ruang Lingkup

Beberapa batasan dalam penelitian ini yaitu :

- 1) Lokasi *sampling* berada di tempat pengepulan barang bekas pada beberapa kecamatan di Kabupaten Sleman.
- 2) Penentuan lokasi tempat pengepulan barang bekas di wilayah penelitian menggunakan metode *snowball sampling*.
- 3) Lokasi penelitian adalah tempat pengepulan barang bekas yang mayoritas menerima limbah elektronik dan sudah mewakili kecamatan di Kabupaten Sleman.
- 4) Emisi gas rumah kaca yang dimaksud merupakan gas yang dilepaskan ke atmosfer dari berbagai aktivitas manusia di bumi menimbulkan efek rumah kaca di atmosfer seperti karbon dioksida (CO₂), belerang dioksida (SO₂), nitrogen monoksida (NO), dinitrogen oksida (N₂O), gas metana (CH₄), dan klorofluorokarbon (CFC).
- 5) Perhitungan sumber emisi gas rumah kaca berasal dari kendaraan bermotor dalam aktivitas pengumpulan limbah elektronik dari sumber limbah menuju lokasi pengepul.
- 6) Perhitungan emisi gas rumah kaca menggunakan metode perhitungan emisi gas rumah kaca berdasarkan *guideline* pada metode IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) 2006.
- 7) Parameter untuk perhitungan emisi gas rumah kaca yaitu CO₂ (karbon dioksida), CH₄ (metana), dan N₂O (dinitrogen oksida).
- 8) Perhitungan emisi gas rumah kaca dari kegiatan pengumpulan limbah elektronik menggunakan beberapa data primer seperti jenis BBM dan konsumsi energi dalam aktivitas pengumpulan limbah elektronik oleh sektor informal di Kabupaten Sleman.
- 9) Penelitian ini tidak mencakup perhitungan timbulan limbah elektronik yang dihasilkan di Kabupaten Sleman.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Elektronik (*E – Waste*)

Sampah elektronik atau yang biasa disebut sebagai *e – waste* merupakan semua benda yang termasuk dalam berbagai macam perangkat elektronik yang sudah tidak dipakai atau yang sudah rusak dan melebihi masa pemakaian. Beberapa *e – waste* yang sering dijumpai adalah baterai, lemari es, *air conditioner* (AC), perangkat seluler bekas, *hard disk*, televisi, komputer, dan perangkat elektronik lainnya (Gaidajis, Angelakoglou, & Aktsoğlu, 2010). Di Indonesia sendiri belum terdapat regulasi yang jelas mengenai klasifikasi dari *e – waste* ini, namun dapat dilihat dari kandungan limbah ini sehingga dapat digolongkan sebagai limbah B3 (Widyarsana, 2010).

Menurut Konvensi Basel Annex VIII, limbah elektronik dikategorikan sebagai bahan beracun dan berbahaya (B3) atau *hazardous waste* apabila memiliki karakteristiknya seperti yang disebutkan dalam Annex III. Limbah elektronik memiliki dampak buruk pada atmosfer, hidrosfer, litosfer dan biosfer. Sekitar 2% dari CO₂ yang dipancarkan di atmosfer berasal dari Teknologi Informasi dan industri komputer. Tempat pembuangan akhir bisa menjadi bom beracun dalam jangka panjang (Nahor, 2019). Komposisi sampah elektronik secara umum terdiri dari 60% logam, 15% plastik, 5% campuran logam-plastik dan 2% PCB. Salah satu cara efektif untuk mengelola sampah elektronik adalah penggunaan kembali, daur ulang, dan kegiatan pemulihan nilai ekonomi dari barang elektronik tersebut. Kegiatan penggunaan kembali ini dilakukan pada negara berkembang sehingga aspek teknik pemulihan ini mendorong ekonomi proyek dalam operasi pemulihan nilai sampah elektronik (Yong, 2019)

2.1.1 Kategori Limbah Elektronik

Berdasarkan *The Global E – Waste Monitor*, terdapat 6 kategori limbah elektronik yang diklasifikasikan berdasarkan jenis dan kegunaan alat elektronik

tersebut. Dari 6 kategori produk limbah elektronik tersebut, tentunya memiliki masa hidup atau masa penggunaan yang berbeda – beda. Hal ini mengakibatkan timbunan limbah elektronik dari setiap produk juga memiliki kuantitas, nilai ekonomis, dan potensi dampak lingkungan yang berbeda – beda (Balde, Forti, Gray, Kuehr, & Stegmann, 2017). Berikut ini merupakan 6 kategori limbah elektronik menurut *The Global E -Waste Monitor* :

Tabel 2.1 Kategori Limbah Elektronik (*E - Waste*)

Kategori	Contoh Produk
<i>Temperature Exchange Equipment</i>	Lemari es, <i>freezer</i> , <i>air conditioner</i> (AC), penghangat ruangan
<i>Screen</i>	Televisi, laptop, monitor, <i>tablets</i> , <i>notebook</i> .
<i>Lamp</i>	Lampu <i>fluorescent</i> , lampu LED
<i>Large Equipment</i>	Mesin cuci, kompor elektrik, mesin fotokopi
<i>Small Equipment</i>	<i>Microwave</i> , pencukur rambut, mainan elektrik, pemanggang roti, kalkulator, radio, kamera
<i>Small IT and Telecommunication</i>	<i>Global Positioning Systems</i> (GPS), <i>Personal Computers</i> (PC), router, telepon

*Sumber: *The Global E – Waste Monitor*, 2017

2.1.2 Dampak Limbah Elektronik

Berdasarkan informasi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, timbunan sampah elektronik (*e – waste*) saat ini di Indonesia tercatat mencapai sekitar 2 juta ton di tahun 2021 dengan Pulau Jawa menyumbang sebanyak 56%, 22% berasal dari Pulau Sumatera dan lainnya terbagi dari seluruh daerah di Indonesia. *E – Waste* ini meningkat dengan cukup cepat. Hal ini menjadi permasalahan serius yang dapat terjadi. Karena dampak yang ditimbulkan dari

peningkatan produksi elektronik dan perlengkapannya. Masalah yang sangat serius akan dirasakan terutama untuk negara-negara berkembang yang mempunyai jumlah penduduk yang sangat besar termasuk Indonesia khususnya pada lingkungan hidup (Harahap, Zuhriyah, & Rahmayanti, 2018).

Pembuangan limbah elektronik yang dibuang dengan tidak benar dapat melarutkan timbal dan zat lain ke dalam tanah dan air tanah dengan didukung adanya Hidroklorofluorokarbon (HCFC), *polychlorinated biphenyls* (PCBs) dan bifenil poliklorinasi (PCB) yakni sebagai tambahan zat berisiko dalam limbah elektronik yang mempromosikan racun di tempat pembuangan sampah. Seperti halnya limbah komputer, komponen – komponen yang terdapat dalam komputer yang mengandung logam berat seperti timbal dan kadmium. Apabila limbah komputer tersebut ditimbun atau dibuang ke tempat pembuangan sampah yang akan menghasilkan lindi terkontaminasi itu akhirnya mencemari air bawah tanah (Dhingga & Najicha, 2018).

2.2 Pengangkutan Sampah Elektronik oleh Sektor Informal

Menurut Konvensi Basel Annex VIII, limbah elektronik dikategorikan sebagai bahan beracun dan berbahaya (B3) atau hazardous waste apabila memiliki karakteristiknya seperti yang disebutkan dalam Annex III. Limbah elektronik memiliki dampak buruk pada atmosfer, hidrosfer, litosfer dan biosfer. Sekitar 2% dari CO₂ yang dipancarkan di atmosfer berasal dari Teknologi Informasi dan industri komputer. Tempat pembuangan akhir bisa menjadi bom beracun dalam jangka panjang (Nahor, 2019).

Di Indonesia, upaya pengelolaan *e – waste* dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup dan juga beberapa perusahaan yang menyediakan jasa penampungan dan/atau pengangkutan *e – waste*. Tidak hanya itu, pengangkutan *e – waste* di Indonesia juga marak dilakukan oleh sektor informal seperti pengepul barang bekas maupun bandar barang bekas. Pengepul limbah elektronik di sektor informal sendiri berarti individu atau kelompok yang terlibat dalam kegiatan daur ulang dan pengelolaan limbah di sektor swasta yang tidak disponsori, didanai, diakui,

didukung, diorganisir, atau diakui oleh otoritas formal pengelolaan limbah padat, atau bersaing dengan otoritas formal tersebut (Scheinberg, Simpson, & Gupt, 2010)

Aktivitas pengumpulan limbah elektronik oleh sektor informal ditandai dengan kemudahan untuk memulai kegiatan ini tanpa adanya hambatan yang signifikan dari segi regulasi maupun persyaratan formal, ketergantungan pada sumber daya lokal, kepemilikan pribadi, operasi skala kecil, intensitas kerja tinggi, teknologi disesuaikan dengan kondisi ekonomi, serta pasar yang tidak diatur dan kompetitif. Namun dari segi ekonomi, tentunya hal ini dapat menjadi peluang usaha karena pada umumnya para pengepul barang bekas atau bandar bekas akan melakukan sortir barang bekas yang masih dapat digunakan atau masih bisa diperbaiki untuk kemudian dijual kembali. Daur ulang barang-barang elektronik yang dilakukan oleh sektor informal bukan hal yang baru dan merupakan perkembangan praktek daur ulang *e – waste* dengan biaya murah dalam pengelolaan *e – waste*. Hal ini terjadi di banyak negara berkembang termasuk Indonesia, dimana terjadi kesenjangan dalam pengelolaan lingkungan, tingginya permintaan untuk pemakaian peralatan elektronik bekas dan penjualan *e – waste* untuk para pengepul mendorong pertumbuhan daur ulang sektor informal yang kuat. Daur ulang sektor informal tidak hanya berkaitan dengan dampak lingkungan dan kesehatan, tetapi juga kurangnya layanan daur ulang pada sektor formal (Astuti W. , 2010).

2.3 Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari Sektor Transportasi

Gas rumah kaca adalah gas-gas yang ada di atmosfer yang menyebabkan efek rumah kaca (Tuti, 2014). Gas-gas tersebut sebenarnya muncul secara alami di lingkungan, tetapi dapat juga timbul akibat aktivitas manusia. Dalam troposfer terdapat gas-gas rumah kaca yang menyebabkan efek rumah kaca dan pemanasan global. Gas rumah kaca dapat terbentuk secara alami maupun sebagai akibat pencemaran. Perubahan iklim menunjukkan adanya perubahan pada iklim yang disebabkan secara langsung maupun tidak langsung oleh kegiatan manusia yang mengubah komposisi atmosfer global dan juga terhadap variabilitas iklim alami yang diamati selama periode waktu tertentu (Rahmawati dalam Kustiasih, 2014).

Istilah gas rumah kaca disampaikan para ahli dalam menggambarkan fungsi atmosfer bumi. Atmosfer bumi digambarkan sebagaimana kaca pada bangunan rumah kaca yang sering kita jumpai dalam praktek budidaya tanaman. Atmosfer bumi melewatkan cahaya matahari hingga mencapai bumi dan menghangatkan permukaan bumi sehingga memungkinkan bumi untuk ditinggali makhluk hidup. Tanpa atmosfer, bumi akan menjadi dingin. Hal ini terjadi karena adanya keberadaan gas-gas di atmosfer yang mampu menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah (Yuliana, 2017). Adapun dalam proses pengangkutan *e – waste* di Indonesia pada dasarnya juga menggunakan kendaraan bermotor yang berpotensi menyumbang emisi GRK. Pengangkutan memerlukan kendaraan pengangkut dan membutuhkan konsumsi energi untuk bisa menjalankan mesinnya dan dari energi tersebut akan mengeluarkan emisi berupa gas CO₂ (Uson, Ferreira, Vasquez, Bribian, & Sstresa, 2013)

2.4 Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK)

IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) *Guideline for National Greenhouse Gas Inventories* merupakan pedoman yang dibuat secara spesifik dalam memperkirakan pertambahan dan pengurangan emisi dari gas rumah kaca. Ketelitian penghitungan tingkat emisi GRK dalam kegiatan inventarisasi dikelompokkan dalam 3 tingkat ketelitian. Tingkat ketelitian perhitungan ini dikenal sebagai '*Tier*'. Sistem *Tier* menggambarkan tingkatan dan kompleksitas metode penghitungan emisi GRK dalam IPCC – 2006. Dalam setiap tingkatan *Tier* terdapat perbedaan kualitas, keakuratan, dan ketidakpastian data. Semakin tinggi *Tier* yang digunakan, semakin akurat hasil penghitungan emisi GRK, tetapi memerlukan data yang lebih detail (Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, 2018).

Tingkat ketelitian perhitungan terkait dengan data dan metode perhitungan yang digunakan sebagaimana dijelaskan berikut ini:

a. *Tier* 1

Estimasi berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi default IPCC. Pada *Tier* 1, estimasi tingkat emisi GRK menggunakan sebagian besar data aktivitas dan parameter *default* IPCC 2006.

b. *Tier 2*

Estimasi berdasarkan data aktivitas yang lebih akurat dan faktor emisi *default* IPCC atau faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific*). Pada *Tier 2*, estimasi tingkat emisi GRK menggunakan beberapa parameter default, tetapi membutuhkan data aktivitas dan parameter terkait (faktor emisi, karakteristik limbah, dan lain-lain) dengan kualitas yang lebih baik.

c. *Tier 3*

Estimasi berdasarkan metode spesifik suatu negara dengan data aktivitas yang lebih akurat (pengukuran langsung) dan faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific*). Pada *Tier 3*, estimasi tingkat emisi GRK didasarkan pada data aktivitas spesifik suatu negara (lihat *Tier 2*) dan menggunakan salah satu metode dengan parameter kunci yang dikembangkan secara nasional atau pengukuran yang diturunkan dari parameterparameter spesifik-suatu negara. Penentuan *Tier* dalam inventarisasi GRK sangat ditentukan oleh ketersediaan data dan tingkat kemajuan suatu negara atau pabrik dalam hal penelitian. Penelitian tersebut berfungsi untuk menyusun metodologi atau menentukan faktor emisi yang spesifik dan berlaku bagi negara/pabrik tersebut. Di Indonesia, sumber emisi sektor/kegiatan kunci pada inventarisasi GRK menggunakan *Tier-1*.

2.5 Kebijakan Terkait Reduksi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK)

Rencana Aksi Nasional untuk Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK) adalah sebuah strategi nasional yang dirancang oleh pemerintah Indonesia untuk mengatasi perubahan iklim dengan mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK). RAN-GRK bertujuan untuk mencapai target pengurangan emisi GRK sejalan dengan komitmen Indonesia dalam kesepakatan internasional, seperti Persetujuan Paris. Program ini mencakup berbagai sektor ekonomi, termasuk energi, transportasi, pertanian, kehutanan, dan lainnya. RAN-GRK memfokuskan pada upaya mitigasi dan adaptasi terhadap dampak perubahan iklim yang telah terjadi maupun yang diperkirakan akan terjadi di masa mendatang.

Salah satu pilar utama dari RAN-GRK adalah peningkatan efisiensi energi dan peningkatan penggunaan energi terbarukan. Hal ini dilakukan dengan mempromosikan investasi dalam teknologi ramah lingkungan, memperkuat kebijakan untuk membatasi emisi dari sektor energi, serta mendorong adopsi sumber energi terbarukan seperti panas bumi, angin, dan surya. Selain itu, RAN-GRK juga memprioritaskan sektor pertanian dan kehutanan dengan mengadvokasi praktek-praktek pertanian berkelanjutan dan pengelolaan hutan yang bertanggung jawab untuk mengurangi deforestasi dan memperkuat cadangan karbon alam (Bappenas, Rencana Aksi Nasional Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca, 2015).

Selain itu juga terdapat kebijakan pemerintah mengenai kegiatan reduksi emisi gas rumah kaca. Hal tersebut tertuang pada Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca. Pada kebijakan ini yang dimaksud dengan RAN – GRK merupakan sebuah dokumen perencanaan sebagai acuan untuk pelaksanaan berbagai kegiatan yang secara langsung dan tak langsung menurunkan emisi gas rumah kaca sesuai dengan target pembangunan nasional. Adapun sasaran kegiatan RAN – GRK yaitu pada bidang pertanian, kehutanan dan lahan gambut, energi dan transportasi, industri, pengelolaan limbah, dan kegiatan pendukung lain.

Pada Perpres RI Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca tertuang bahwa target penurunan emisi sebesar 41% (0,078 Giga Ton CO_{2e}). Dalam mencapai target penurunan emisi gas rumah kaca tersebut, maka dibutuhkan beberapa strategi pendukung. Adapun berikut ini merupakan strategi yang direncanakan pemerintah untuk mencapai target penurunan emisi gas rumah kaca :

- a. Peningkatan kapasitas kelembagaan dan peraturan di daerah (Peraturan Daerah).
- b. Peningkatan pengelolaan air limbah di perkotaan.
- c. Pengurangan timbulan sampah melalui 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*).
- d. Perbaikan proses pengelolaan sampah di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA).
- e. Peningkatan, pembangunan, dan rehabilitasi TPA.
- f. Pemanfaatan limbah menjadi produksi energi yang ramah lingkungan.

Selain itu pada Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional juga disebutkan bahwasannya Pemerintah Kabupaten dan/atau Kota memiliki kewajiban sepenuhnya untuk melakukan tahap inventarisasi emisi gas rumah kaca. Dengan adanya peraturan ini pada dasarnya bertujuan agar dapat menjadi sumber informasi bagi pemerintah mengenai tingkat, status dan kecenderungan perubahan emisi dan dan serapan GRK, serta pencapaian penurunan emisi GRK dari kegiatan mitigasi perubahan iklim nasional. Adapun yang dimaksud serapan GRK yaitu :

- a. Pertanian, kehutanan, lahan gambut, dan penggunaan lahan lainnya.
- b. Pengadaan dan penggunaan energi yang mencakup :
 - Pembangkitan energi
 - Industri
 - Transportasi
 - Rumah tangga
 - Komersial
 - Pertanian, konstruksi, dan pertambangan
- c. Proses industri dan penggunaan produk.
- d. Pengelolaan limbah

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

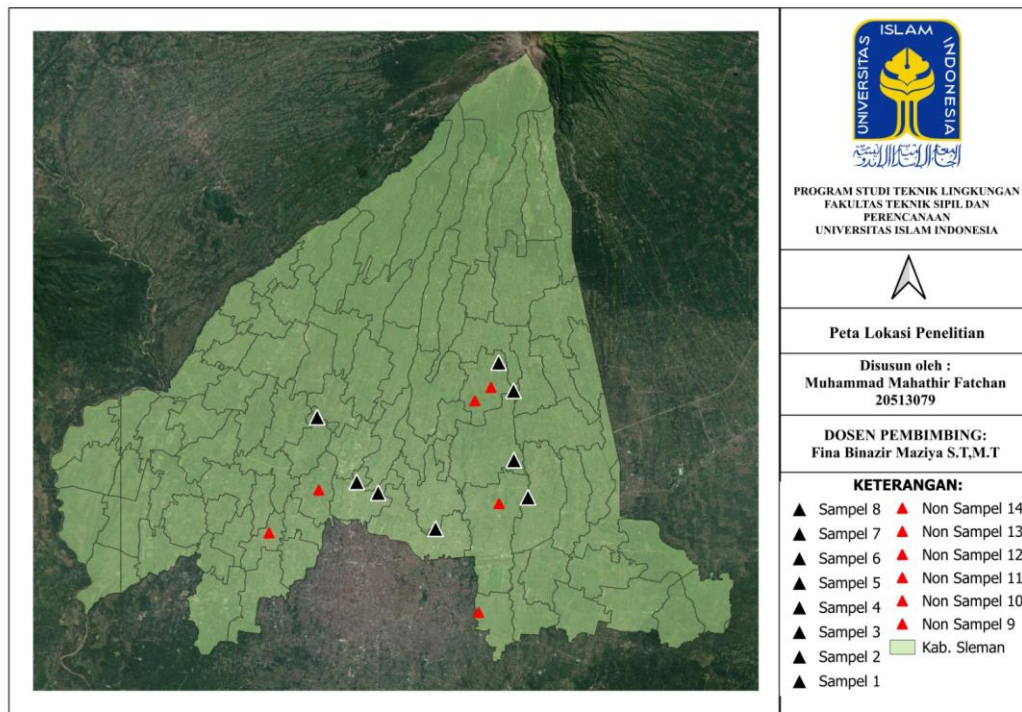
Penelitian yang akan dilakukan berada di tempat pengepul barang elektronik di sekitar Kabupaten Sleman. Kabupaten Sleman merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang memiliki luas sekitar 574,8 km². Secara administratif, Kabupaten Sleman terbagi menjadi 17 Kecamatan, 86 Desa, dan 1.212 Dusun. Adapun secara geografis, Kabupaten Sleman berbatasan dengan wilayah sebagai berikut :

- Utara : Kabupaten Boyolali
- Timur : Kabupaten Klaten
- Selatan : Kota Yogyakarta, Kabupaten Bantul, dan Kabupaten Gunungkidul
- Barat : Kabupaten Kulonprogo dan Kabupaten Magelang

Dalam penelitian ini, peneliti memilih untuk melakukan penelitian di Kabupaten Sleman karena pada Kabupaten Sleman sendiri memiliki jumlah penduduk yang cukup banyak. Kabupaten Sleman juga merupakan salah satu Kabupaten dengan tingkat aktivitas masyarakat yang cukup tinggi. Selain itu juga pada Kabupaten Sleman memiliki beberapa sektor yang berpotensi menghasilkan limbah elektronik seperti pada sektor kependudukan, sektor pendidikan, dan sektor perniagaan. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2017 Kabupaten Sleman memiliki 16.735 niaga kecil dan 163 niaga besar, namun tidak ditemukan data terbaru mengenai jumlah niaga di Kabupaten Sleman. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), terdapat 270.110 mahasiswa yang melakukan pendidikan di Kabupaten Sleman.

Penelitian ini pada dasarnya bertujuan untuk menganalisis sistem pengumpulan limbah elektronik oleh sektor informal di Kabupaten Sleman serta dampak aktivitas tersebut terhadap penghasilan emisi gas rumah kaca. Penentuan lokasi penelitian menggunakan metode *snowball sampling*. Hal ini bertujuan untuk memperoleh data mengenai lokasi tempat pengepul limbah elektronik di Kabupaten

Sleman dengan lebih luas. Adapun berikut ini merupakan sebaran lokasi tempat pengepul limbah elektronik dalam penelitian ini:



Gambar 3.1 Peta Sebaran Lokasi Penelitian

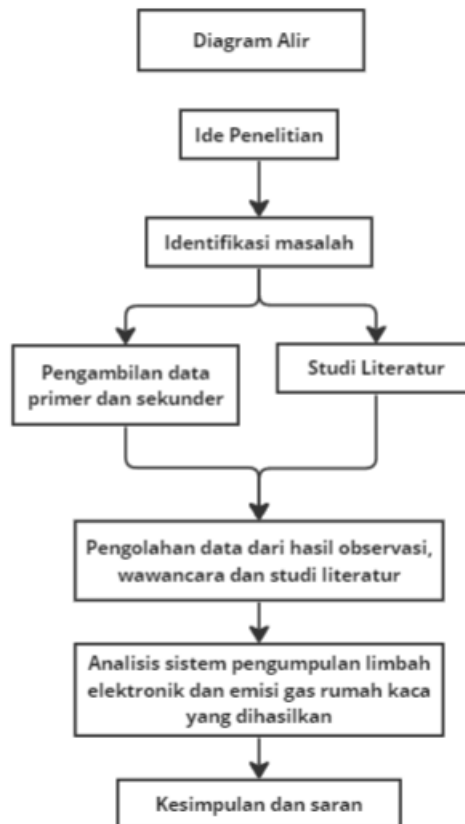
Tabel 3.1 Sebaran Lokasi Penelitian

No	Nama Tempat Pengepul	Alamat	Titik Koordinat
1	Barok Barkas	Jl. Besi Jangkang, Karanglo, Sukoharjo, Kec. Ngaglik, Kab. Sleman, DIY	7°42'21.9"S 110°26'24.6"E
2	Barkas Jombor-AC Kulkas	Jombor Kidul No 134, Jombor Lor, Sinduadi, Kec. Mlati, Kab. Sleman, DIY	7°45'01.1"S 110°21'53.8"E
3	Barkas Vicky	Jl. Perum Sleman Permai 2, Sanggrahan, Tlogoadi, Kec. Mlati, Kab. Sleman, DIY	7°43'07.9"S 110°20'42.1"E

4	Jual Beli Barang Bekas Tanjungsari	Tanjungsari, Sukoharjo, Kec. Ngaglik, Kab. Sleman, DIY	7°41'32.3"S 110°25'58.2"E
5	Aqila <i>Independent Computer & Barkas</i>	Jl. Cendana RT 04/RW 25, Gandok Sempu, Sempu, Wedomartani, Kec. Ngemplak, Kab. Sleman, DIY	7°44'23.1"S 110°26'25.6"E
6	Barkas Pak Trimbel	Pogung Kidul, Sinduadi, Kec. Mlati, Kab. Sleman, DIY	7°45'19.5"S 110°22'28.5"E
7	Berkah Barkas	Jl. Candi Sambisari, Kadisoko, Purwomartani, Kec. Kalasan, Kab. Sleman, DIY	7°45'27.7"S 110°26'49.9"E
8	Elektronik Bekas Gaten	Gabag, Condongcatur, Kec. Depok, Kab. Sleman, DIY	7°46'22.2"S 110°24'07.4"E
9	UD Mandiri (Jual Beli Rosokan)	Gg. Rambutan, Sukoharjo, Kec. Ngaglik, Kab. Sleman, DIY	7°42'16.9"S 110°25'44.9"E
10	Jual Beli Barkas Rongsok	Jl. Selokan Mataram, Salakan, Trihanggo, Kec. Gamping, Kab. Sleman, DIY	7°45'15.1"S 110°20'44.3"E
11	Barkas Rosok Pak Ucep	Jl. Jagalan, Nlendiro, Sukoharjo, Kec. Ngaglik, Kab. Sleman, DIY	7°42'38.9"S 110°25'06.2"E
12	GTC Elektronik	Jl. Raya Tajem, Denokan, Maguwoharjo, Kec. Depok, Kab. Sleman	7°45'38.0"S 110°25'58.9"E
13	Rosok Cak Budi	Jl. Romadhon Jogo Kali, Karang Asam, Sendangtirto, Kec. Berbah, Kab. Sleman	7°48'48.0"S 110°25'22.6"E
14	Robert Teknik (Servis & Jual Beli)	Jl. Ngapak - Kentheng KM.6,9 No.59, Bantulan, Sidoarum, Kec. Godean, Kab. Sleman, DIY	7°46'29.5"S 110°19'18.9"E

3.2 Tahapan Penelitian

Berikut ini alur tahapan penelitian yang akan dilakukan:



Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.3 Prosedur Analisis Data

3.3.1 Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini dibutuhkan proses pengumpulan data untuk mendapatkan informasi yang bersifat substansial dengan penelitian ini. Data yang akan didapatkan digunakan untuk mendukung keberhasilan penelitian ini. Pada penelitian ini akan dilakukan pengumpulan data yang diklasifikasikan menjadi dua jenis data, yaitu:

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang didapatkan berdasarkan riset peneliti. Berikut ini merupakan uraian metode pengumpulan data primer yang akan dilakukan dalam penelitian ini:

a. Observasi Lapangan

Observasi lapangan pada dasarnya bertujuan untuk mengetahui kondisi eksisting dari pengumpulan limbah elektronik seperti data pengepul barang bekas di wilayah studi dan harga bahan bakar kendaraan pengangkut.

b. Wawancara

Wawancara merupakan suatu rangkaian tanya jawab dengan pihak pengelola maupun pekerja di tempat pengepulan barang bekas di Kabupaten Sleman. Langkah ini dilakukan untuk mengetahui informasi yang lebih jelas mengenai teknis pengumpulan limbah elektronik dan penggunaan bahan bakar kendaraan pengangkut.

Dalam melakukan wawancara, akan disertai dengan lembar kuisisioner berisi 9 pertanyaan yang dapat menunjang tercapainya tujuan penelitian. Setelah melakukan wawancara, data yang didapatkan akan di analisis secara deskriptif sehingga dapat diketahui kesimpulan dari data yang sudah didapat dan dapat menjawab tujuan penelitian ini. Adapun formulir wawancara dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

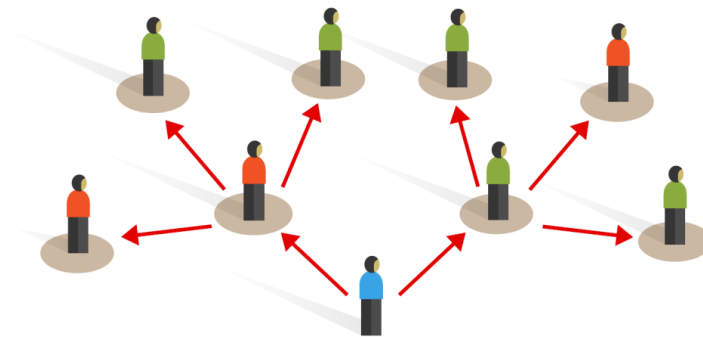
c. *Snowball Sampling*

Teknik *snowball sampling* adalah suatu metode untuk mengidentifikasi, memilih dan mengambil sampel dalam suatu jaringan atau rantai hubungan yang menerus. Peneliti menyajikan suatu jaringan melalui gambar *sociogram* berupa gambar lingkaran-lingkaran yang dikaitkan atau dihubungkan dengan garis-garis. Setiap lingkaran mewakili satu responden atau kasus, dan garis-garis menunjukkan hubungan antar responden atau antar kasus (Neuman, 2003).

Tujuan pengambilan sampel (*sampling*) adalah untuk memperoleh gambaran deskriptif tentang karakteristik unit observasi yang termasuk di dalam sampel, dan untuk melakukan generalisasi serta memperkirakan parameter populasi. Hal ini dilakukan karena peneliti tidak dapat melakukan pengamatan secara langsung pada semua unit analisis atau individu yang berada dalam populasi penelitian. Peneliti mengambil data dari sebagian populasi yang disebut sampel untuk mewakili populasi. Dalam memilih metoda *sampling* yang akan digunakan, perlu

dipertimbangkan anggaran biaya penelitian, batasan waktu penelitian, ketersediaan pengetahuan tentang populasi, informasi ukuran populasi, aksesibilitas terhadap unit observasi, tingkat generalisasi yang ingin dicapai, dan ketersediaan fasilitas pendukung. Penggunaan kombinasi beberapa metoda pengambilan sampel sangat umum digunakan dalam suatu penelitian guna mencapai tujuan penelitian dan memberikan hasil penelitian yang berkualitas, akurat, memenuhi kriteria, dapat dipercaya dan diandalkan (Nurdiani, 2014).

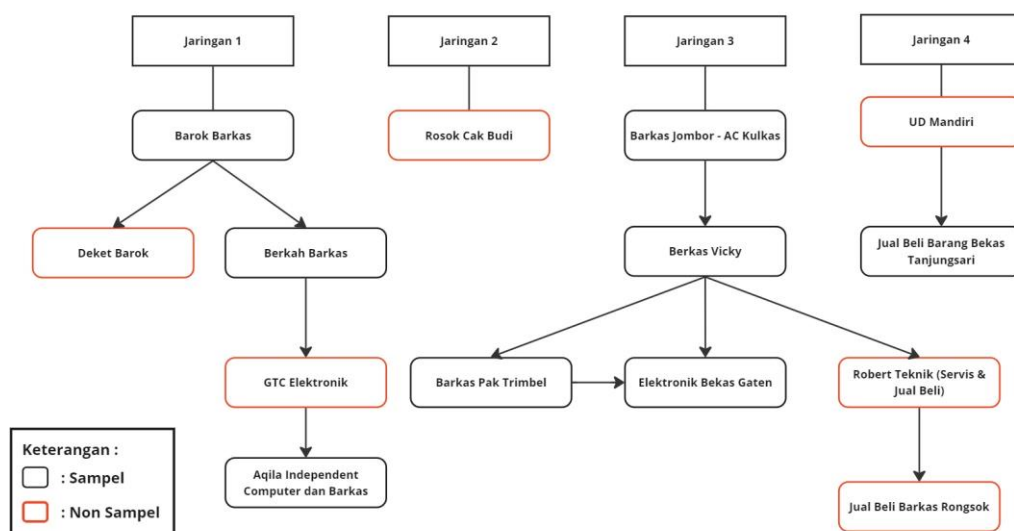
Snowball sampling



Gambar 3.3 Ilustrasi *Snowball Sampling*

Sumber: *Google*

Gambar 3. 4 Bagan Alir Jaringan Lokasi Penelitian



Dalam penelitian ini, teknik *snowball sampling* dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai aktivitas pengumpulan limbah elektronik ini. Gambar 3.4 merupakan bagan alir jaringan lokasi penelitian yang telah didapatkan melalui teknik *snowball sampling*. Terdapat 14 lokasi pengepul barang bekas, namun hanya 8 lokasi pengepul yang dapat dijadikan sampel dalam penelitian ini. Hal ini dikarenakan 6 lokasi pengepul lainnya seperti yang tertera pada gambar 3.4 tidak bersedia untuk diwawancarai dan tidak menerima limbah elektronik secara masif.

Adapun berikut ini merupakan data primer yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu sistem pengumpulan

- a. Sistem pengumpulan limbah elektronik dari sumber
- b. Jarak dan waktu tempuh kendaraan pengangkut
- c. Jenis bahan bakar dan jumlah penggunaan bahan bakar

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan sekumpulan informasi yang telah ada sebelumnya dan digunakan sebagai pelengkap kebutuhan data penelitian. Data sekunder adalah data yang berhubungan dengan informasi dari sumber yang telah ada sebelumnya seperti dokumen-dokumen penting, situs web, buku, dan sebagainya. Dalam pengambilan data sekunder dapat dilakukan dengan melakukan studi literatur. Studi literatur dilakukan untuk mengetahui informasi yang berkaitan dengan pengelolaan limbah elektronik, pemanasan global, emisi gas rumah kaca, dan potensi gas rumah kaca yang dihasilkan dari sektor transportasi.

Berikut ini merupakan data sekunder yang akan digunakan dalam penelitian ini:

- a. Wilayah Administrasi Kabupaten Sleman
- b. Data metode estimasi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dan faktor emisi *default* bahan bakar kendaraan menggunakan acuan IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) 2006 *Guideline for National Greenhouse Gas Inventories* (2006).

- c. Data faktor emisi lokal bahan bakar kendaraan menggunakan acuan Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

3.3.2 Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Menggunakan Metode IPCC

Potensi emisi gas rumah kaca yang berasal dari pengangkutan limbah elektronik dengan parameter CH₄, CO₂, dan N₂O menggunakan metode IPCC. Berdasarkan tinjauan pustaka mengenai IPCC, perhitungan emisi CO₂ hanya dapat menggunakan *Tier 1* dengan rumus pada **Persamaan 3.1**. Perhitungan emisi CH₄ dan N₂O pada *Tier 1* dapat dihitung menggunakan **Persamaan 3.1**, pada *Tier 2* dapat dihitung menggunakan **Persamaan 3.2**, sedangkan pada *Tier 3* dapat dihitung menggunakan **Persamaan 3.3**. Berikut merupakan rumus perhitungan emisi gas rumah kaca pada sektor transportasi:

Tabel 3.2 Metode Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca pada Sektor Transportasi
Berdasarkan IPCC Guidelines (2006)

Tier	Data Pelengkap	Rumus
1	Jenis bahan bakar	<p>Persamaan 3.1:</p> $Emisi = \sum_a [Bahan\ bakar_a \times FE_a]$ <p>Keterangan : Emisi = Emisi (Kg) <i>Bahan bakar_a</i> = Bakar dikonsumsi (L) <i>FE_a</i> = Faktor Emisi (Kg/TJ) a = Jenis bahan bakar</p>
2	Jenis bahan bakar, jenis kendaraan, dan faktor emisi spesifik negara (jika ada)	<p>Persamaan 3.2:</p> $Emisi = \sum_{a\ b} [Bahan\ bakar_{a\ b} \times FE_{a\ b}]$ <p>Keterangan : Emisi = Emisi (Kg) <i>Bahan bakar_{a b}</i> = Bakar dikonsumsi (L) <i>FE_{a b}</i> = Faktor Emisi (Kg/TJ) a = Jenis bahan bakar b = Jenis Kendaraan</p>
3	Jenis bahan bakar, jenis kendaraan, faktor emisi spesifik negara (jika ada), dan jenis teknologi pengendalian emisi	<p>Persamaan 3.3:</p> $Emisi = \sum_{a\ b\ c} [Bahan\ bakar_{a\ b\ c} \times FE_{a\ b\ c}]$ <p>Keterangan : Emisi = Emisi (Kg) <i>Bahan bakar_a</i> = Bakar dikonsumsi (L) <i>FE_a</i> = Faktor Emisi (Kg/TJ) a = Jenis bahan bakar b = Jenis Kendaraan c = Teknologi Pengendalian Emisi</p>

*Sumber: IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) *Guideline for National Greenhouse Gas Inventories* (2006)

Dalam penelitian ini, perhitungan emisi gas rumah kaca berupa CO₂ menggunakan *Tier 1* (**Persamaan 3.1**) dan *Tier 2* (**Persamaan 3.2**) yaitu dengan menggunakan data faktor emisi *default* IPCC serta lokal, sedangkan perhitungan emisi gas rumah kaca berupa CH₄, dan N₂O menggunakan *Tier 1* (**Persamaan 3.1**) yaitu dengan menggunakan faktor emisi *default* IPCC. Hal ini dikarenakan di Indonesia sendiri sudah terdapat pengembangan faktor emisi dan nilai kalor bahan bakar minyak lokal untuk jenis gas rumah kaca CO₂ yang telah dikembangkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Adapun data yang dibutuhkan pada setiap *Tier* juga berbeda – beda. Pada *Tier 1* hanya membutuhkan jenis bahan bakar, pada *Tier 2* membutuhkan data jenis bahan bakar dan jenis kendaraan, sedangkan pada *Tier 3* membutuhkan data jenis bahan bakar, jenis kendaraan, dan teknologi pengendalian emisi dari kendaraan tersebut. Perhitungan dapat dilakukan apabila sudah diketahui data mengenai konsumsi energi dan faktor emisi kendaraan pengangkut limbah elektronik.

Untuk mengetahui konsumsi energi suatu kendaraan, maka dibutuhkan data mengenai konsumsi bahan bakar yang kemudian dikalikan dengan nilai kalor bahan bakar tersebut. Apabila konsumsi energi sudah diketahui, maka nilai konsumsi energi tersebut dikalikan dengan faktor emisi gas rumah kaca dari CO₂, CH₄, dan N₂O untuk mendapatkan nilai emisi gas rumah kaca. Adapun berikut ini merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung konsumsi energi kendaraan:

Rumus Konsumsi Energi
<p>Persamaan 3.4:</p> $\text{Konsumsi Energi (TJ)} = \text{Konsumsi Bahan Bakar (L)} \times \text{Nilai Kalor (TJ/L)}$ <p>Keterangan :</p> <p>Konsumsi Energi = konsumsi bahan bakar kendaraan pengangkut limbah elektronik</p> <p>Nilai Kalor = Nilai kalor berdasarkan jenis bahan bakar</p>

Tabel 3.3 Nilai Kalor Bahan Bakar di Indonesia

Bahan Bakar	Nilai Kalor		Penggunaan Bahan Bakar
	IPCC (TJ/L)	ESDM/Nasional (TJ/Gg)	
Premium*	$33 \times 10^{-6} \text{ TJ/L}$	44,61 TJ/Gg	Kendaraan bermotor
Solar (HSD, ADO)	$36 \times 10^{-6} \text{ TJ/L}$	43,27 TJ/Gg	Kendaraan bermotor, pembangkit listrik
Catatan: (*) termasuk bahan bakar jenis <i>Perta Series</i>			

*Sumber:

- Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional (Buku II). Volume 1 (2012)

- Faktor Emisi Bahan Bakar Minyak dan Batubara Kementerian ESDM (2018)

Dalam penelitian ini, didapati bahwa nilai kalor bahan bakar minyak memiliki 2 versi yaitu versi IPCC dan juga versi dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). Nilai kalor yang didapatkan dari Kementerian ESDM merupakan dalam satuan TJ/Gg sehingga pada penelitian ini, satuan TJ/Gg akan di konversi menjadi TJ/L dengan mempertimbangkan nilai densitas jenis bahan bakar sebagai faktor konversi ke satuan volume. Nilai densitas atau massa jenis suatu bahan bakar tersebut diambil dari data spesifikasi produk bahan bakar minyak yang dimiliki oleh PT Pertamina (Persero) sebagai perusahaan milik negara Indonesia yang bergerak di sektor minyak dan gas bumi.

Tabel 3.4 Faktor Emisi Bahan Bakar

Jenis Bahan Bakar	CO ₂ (Kg/TJ)		CH ₄ (Kg/TJ)	N ₂ O (Kg/TJ)
	IPCC	ESDM	IPCC	IPCC
Motor Gasoline (Perta Series)	69.300	72.600	33	3,2

Sumber:

- IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) *Guideline for National Greenhouse Gas Inventories* (2006)
- Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Energi (2018)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di sekitar Kabupaten Sleman dengan luas wilayah seluas 574,8 km². Secara administratif, Kabupaten Sleman terbagi menjadi 17 Kecamatan, 86 Desa, dan 1.212 Dusun. Dalam lokasi penelitian ini memiliki tingkat kepadatan penduduk yang tinggi karena Kabupaten Sleman sendiri merupakan salah satu kota di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dengan aktivitas perniagaan dan pendidikan yang cukup banyak.

Dalam penelitian ini, dilakukan pendataan terlebih dahulu mengenai tempat pengepul barang elektronik maupun barang bekas di Kabupaten Sleman. Pendataan ini dilakukan menggunakan peramban web berupa *Google Maps* serta observasi melalui masyarakat sekitar. Hal ini bertujuan untuk mempermudah metode pengambilan sampel yang akan dilakukan. Setelah melakukan pendataan, didapati bahwa terdapat 8 sampel berupa tempat pengepul barang elektronik seperti yang tercantum pada tabel. Beberapa tempat pengepul diantaranya juga hanya menerima barang elektronik secara spesifik seperti kulkas saja.

Kegiatan pengelolaan limbah elektronik di Kabupaten Sleman umumnya dilakukan oleh sektor informal seperti pengepul barang bekas. Para pengepul barang bekas tersebut tentunya belum terintegrasi oleh pemerintah maupun Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Para pekerja sektor informal ini juga tidak memiliki peraturan mengenai teknis pelaksanaan pengelolaan limbah elektroniknya.

Setelah melakukan sesi wawancara kepada para pemilik tempat pengepul barang elektronik bekas, didapati bahwa sumber dari limbah elektronik tersebut mayoritas berasal dari sektor domestik saja, seperti rumah maupun indekos yang dihuni oleh mahasiswa. Namun, tak jarang juga masyarakat yang memiliki barang elektronik yang tidak terpakai lagi langsung membuangnya ke tempat sampah yang kemudian diangkut oleh petugas kebersihan untuk diolah di Tempat Pengolahan

Sampah Terpadu (TPST). Oleh karena itu para pengepul limbah elektronik bekas di sektor informal memiliki teknis pelaksanaannya tersendiri untuk memaksimalkan kinerja, efektivitas kegiatan pengepulan limbah elektronik bekas, serta memperoleh keuntungan dari kegiatan tersebut.

4.2 Kondisi Eksisting Sistem Pengumpulan Limbah Elektronik Sektor Informal

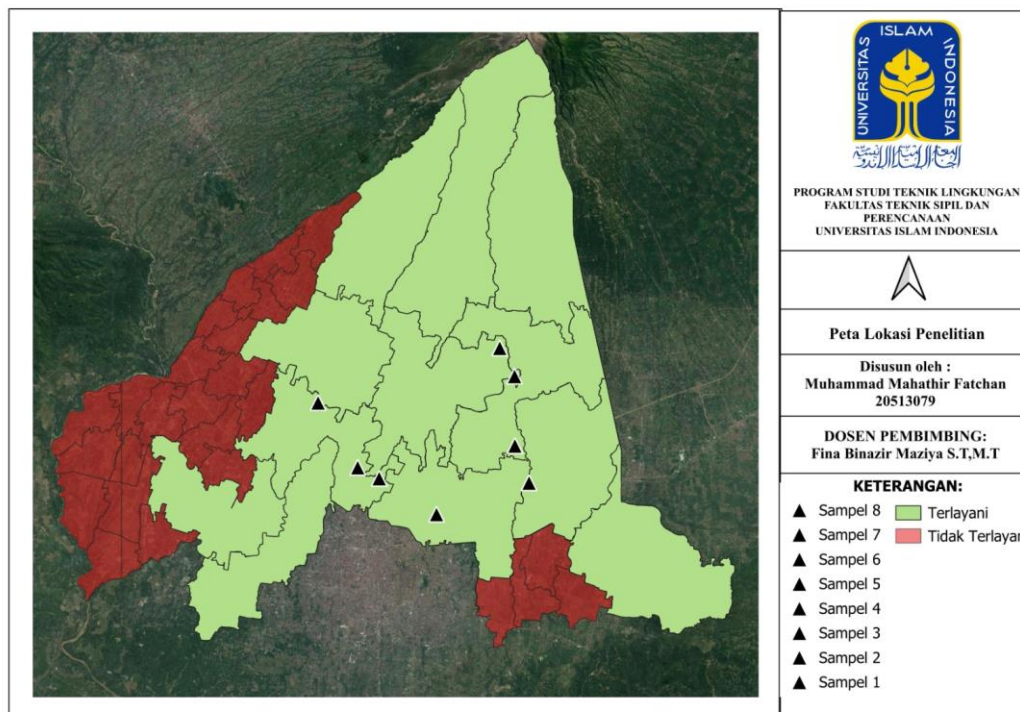
Limbah elektronik di Kabupaten Sleman pada dasarnya belum memiliki pola pengelolaan yang cukup baik dan terstruktur, termasuk juga pola pengumpulan limbah elektronik tersebut. Hal ini mengakibatkan munculnya para pengepul limbah elektronik sektor informal di Kabupaten Sleman. Timbulan limbah elektronik yang terbuang sia – sia akan semakin berkurang dengan adanya para pengepul limbah elektronik, walaupun pada kenyataannya masih terdapat masyarakat yang hanya membuang limbah elektroniknya di tempat pembuangan sampah. Hal ini diakibatkan karena para pengepul limbah elektronik pada saat ini merupakan pekerjaan sektor informal sehingga dalam aktivitas pengepulan limbah elektronik tidak memiliki acuan teknis yang terstruktur seperti rute pengangkutan, ritasi pengangkutan, dan pembagian wilayah pelayanan.

Pengelolaan limbah elektronik oleh pengepul di Kabupaten Sleman sendiri pada dasarnya bertujuan untuk memilah limbah elektronik yang masih berfungsi dengan baik atau setidaknya terdapat suku cadang yang masih bisa diperjual – belikan. Namun demikian, apabila terdapat limbah elektronik atau suku cadang yang sudah tidak bisa dipakai kembali maka limbah elektronik tersebut hanya didiamkan di lokasi pengepulan hingga ada pihak ketiga yang berminat untuk membeli limbah elektronik tersebut. Hal ini juga merupakan efek domino yang disebabkan oleh status pekerja informal tersebut. Para pengepul limbah elektronik tersebut belum memiliki relasi yang cukup untuk memaksimalkan perolehan keuntungan dari aktivitas pengepulan limbah elektronik.

Pada 8 tempat pengepul limbah elektronik yang merupakan lokasi penelitian didapati bahwa hanya terdapat 2 tempat pengepul yang merupakan tempat pengepulan skala besar yaitu pada Barkas Jombor-AC Kulkas dan Berkah Barkas.

Dari 2 tempat pengepul tersebut memiliki cukup banyak armada pengangkut limbah elektronik dengan berbagai macam kendaraan pengangkut. Dengan banyaknya armada pengangkutan, maka kegiatan pengumpulan limbah elektronik dapat dilakukan secara lebih luas.

Dalam kegiatan pengumpulan limbah elektronik, para pengepul memiliki 3 sistem pengangkutan yaitu dengan cara *door – to door*, *drop – off*, dan panggilan telepon oleh konsumen. Pengangkutan limbah elektronik tersebut dilakukan menggunakan kendaraan berupa mobil bak terbuka, dan motor yang sudah dilengkapi dengan gerobak. Penggunaan kendaraan bermotor dalam aktivitas pengangkutan limbah elektronik tentunya dapat memudahkan aksesibilitas para pengepul dalam mengangkut limbah elektronik yang didapatkan karena para pengepul tersebut lebih banyak mendapatkan limbah elektronik apabila melakukan sistem pengangkutan secara *door – to – door*. Adapun berikut ini merupakan skema aktivitas dan data aktivitas dari kegiatan pengumpulan limbah elektronik oleh sektor informal:



Gambar 4. 1 Wilayah Pelayanan Aktivitas Pengumpulan oleh Sektor Informal

Tabel 4.1 Data Aktivitas Pengepul Limbah Elektronik di Kabupaten Sleman

Nomor	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4	Sampel 5	Sampel 6	Sampel 7	Sampel 8
Nama Pengepul	Barok Barkas	Barkas Jombor AC – Kulkas	Barkas Vicky	Jual Beli Barang Bekas Tanjungsari	Aqila <i>Independent Computer & Barkas</i>	Barkas Pak Trimbel	Berkah Barkas	Elektronik Bekas Gaten
Alamat	Jl. Besi Jangkang, Karanglo, Sukoharjo, Kec. Ngaglik, Kab. Sleman, DIY	Jombor Kidul No 134, Jombor Lor, Sinduadi, Kec. Mlati, Kab. Sleman, DIY	Jl. Perum Sleman Permai 2, Sanggrahan, Tlogoadi, Kec. Mlati, Kab. Sleman, DIY	Tanjungsari, Sukoharjo, Kec. Ngaglik, Kab. Sleman, DIY	Jl. Cendana RT 04/RW 25, Gandok Sempu, Sempu, Wedomartani, Kec. Ngemplak, Kab. Sleman, DIY	Pogung Kidul, Sinduadi, Kec. Mlati, Kab. Sleman, DIY	Jl. Candi Sambisari, Kadisoko, Purwomartani, Kec. Kalasan, Kab. Sleman, DIY	Gabag, Condongcatur, Kec. Depok, Kab. Sleman, DIY
Jadwal Operasional	Senin – minggu (09.00 – 15.00)	Senin – Sabtu (00.00 – 00.00)	Senin – Minggu (09.00 – 15.00)	Senin – Minggu (08.00 – 14.00)	Senin – Minggu (10.00 – 15.00)	Senin – Minggu (10.00 – 16.00)	Senin – Minggu (11.00 – 14.00)	Senin – Minggu (10.00 – 12.00)
Jenis Barang Rosok Dominan	Kulkas, Televisi, Dinamo Kipas Angin, Mesin Cuci	Kulkas, <i>Freezer</i> , <i>Air conditioner indoor</i> , <i>Air conditioner outdoor</i>	Kabel, Dinamo Kipas Angin, Televisi, Kulkas	Lampu, <i>Air conditioner</i> , Pengendali Kanal Televisi, Televisi	Televisi, Komputer, Kabel Bekas	Televisi LCD, Kulkas, Mesin cuci, Kipas	Mesin Cuci, Kulkas	Kabel, Bohlam, Dinamo Kipas Angin
Sistem Pengumpulan	<i>Door – to – Door</i> dan panggilan	Panggilan	<i>Door – to – Door</i> dan panggilan	<i>Door – to – Door</i> dan panggilan	<i>Door – to – Door</i>	<i>Door – to – Door</i> dan panggilan	<i>Door – to – Door</i> dan panggilan	<i>Door – to – Door</i>
Wilayah Pelayanan	Kecamatan Ngaglik	Kecamatan Mlati dan	Kecamatan Mlati, Kecamatan	Kecamatan Ngaglik, Kecamatan	Kecamatan Ngemplak dan	Kecamatan Mlati, Kecamatan	Kecamatan Ngemplak, Kecamatan	Kecamatan Mlati dan

		Kecamatan Ngaglik	Sleman, Kecamatan Pakem, dan Kecamatan Turi	Cangkringan dan Kecamatan Ngemplak	Kecamatan Prambanan	Depok, Kecamatan Kalasan, Kecamatan Godean, Kecamatan Prambanan, dan kecamatan Gamping	Kalasan, dan Kecamatan Depok	Kecamatan Depok
--	--	----------------------	--	--	------------------------	--	------------------------------------	--------------------

Tabel 4. 2 Persentase Kecamatan Terlayani

Luas Kab Sleman (km ²)	Kecamatan	Luas Kecamatan (km ²)	Persentase Kecamatan	Wilayah Teryalani
574.82	Moyudan	27,62	5%	0%
	Minggir	27,27	5%	0%
	Sayegan	26,63	5%	0%
	Godean	26,84	5%	5%
	Gamping	29,25	5%	5%
	Mlati	28,52	5%	5%
	Depok	35,55	6%	6%
	Berbah	22,99	4%	0%
	Prambanan	41,35	7%	7%
	Kalasan	35,84	6%	6%
	Ngemplak	35,71	6%	6%
	Ngaglik	38,52	7%	7%
	Sleman	31,32	5%	5%
	Tempel	32,49	6%	0%
	Turi	43,09	7%	7%
	Pakem	43,84	8%	8%
	Cangkringan	47,99	8%	8%
Total		574,82	100%	76%

Melalui wawancara didapati bahwa pengumpulan limbah elektronik oleh sektor informal pada 8 sampel di Kabupaten Sleman hanya melayani 76% wilayah, yaitu sebesar 438,05 km². Terdapat beberapa kecamatan yang tidak terlayani oleh 8 sampel tersebut yaitu Kecamatan Moyudan, Kecamatan Minggir, Kecamatan Sayegan, Kecamatan Berbah, dan Kecamatan Tempel. Hal ini dikarenakan menurut hasil wawancara pada 8 sampel menyatakan bahwa jarak ada penyebab utama aktivitas pengumpulan tidak dilakukan di beberapa kecamatan.

4.3 Potensi Emisi Gas Rumah Kaca Pengangkutan Limbah Elektronik

Potensi emisi gas rumah kaca disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu penggunaan bahan bakar pada kendaraan bermotor. Penggunaan bahan bakar

pada kendaraan bermotor mampu menghasilkan gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO_2), belerang dioksida (SO_2), nitrogen monoksida (NO), dinitrogen oksida (N_2O), gas metana (CH_4), dan klorofluorokarbon (CFC) dihasilkan akibat adanya proses pembakaran bahan bakar sebagai sumber energi pada kendaraan bermotor. Proses pembakaran bahan bakar tersebut tidak hanya menghasilkan energi bagi kendaraan, namun juga menghasilkan gas buang. Gas buang tersebut yang menjadi emisi gas rumah kaca.

Pada penelitian ini, kegiatan pengangkutan barang elektronik bekas oleh sektor informal menggunakan kendaraan bermotor menjadi subjek penelitian. Hal ini dikarenakan aktivitas pengepulan barang elektronik bekas oleh sektor informal merupakan salah satu aktivitas yang sangat penting untuk mengurangi potensi timbulan limbah elektronik yang terbuang sia – sia. Selain itu juga belum terdapat data inventaris mengenai emisi gas rumah kaca yang dihasilkan pada aktivitas pengumpulan barang elektronik bekas oleh sektor informal di Kabupaten Sleman

4.3.1 Konsumsi Energi Kendaraan Pengangkut Limbah Elektronik

Aktivitas pengepulan barang elektronik di Kabupaten Sleman pada dasarnya dilakukan menggunakan kendaraan bermotor seperti mobil bak terbuka dan motor yang dilengkapi gerobak. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan aksesibilitas para pengepul dalam mengangkut barang elektronik bekas karena dalam aktivitas pengepulan ini dilakukan secara berkeliling dan tentunya mampu menempuh jarak yang jauh. Selain itu, beberapa barang elektronik yang sering dijumpai dalam proses pengangkutan ini juga memiliki ukuran yang kecil seperti kabel dan bohlam lampu hingga barang elektronik yang berukuran besar seperti mesin pendingin dan kulkas.

Konsumsi energi perlu diketahui dahulu sebelum menghitung emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari kendaraan pengangkut pada aktivitas pengepulan barang elektronik bekas oleh sektor informal. Konsumsi energi yang dimaksud merupakan jumlah energi yang digunakan kendaraan pengangkut dan berasal dari penggunaan bahan bakar kendaraan tersebut. Perhitungan konsumsi energi sendiri dapat dilakukan menggunakan **Persamaan 3.4**.

Perhitungan konsumsi bahan bakar kendaraan pengangkut limbah elektronik akan digunakan sebagai aktivitas data. Untuk menghitung emisi gas rumah kaca, maka dibutuhkan juga tahap konversi satuan nilai kalor yang didapatkan dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) dengan mempertimbangkan nilai densitas dari jenis bahan bakar kendaraan tersebut. Menurut Pertamina, nilai densitas atau massa jenis dari jenis bahan bakar Pertalite dan Pertamax adalah 715 kg/m^3 atau setara dengan $0,71 \text{ kg/L}$. Adapun berikut ini merupakan perhitungan konsumsi bahan bakar kendaraan pada kendaraan pengangkut aktivitas pengepulan barang bekas elektronik di Kabupaten Sleman yang diperoleh melalui sesi wawancara:

Tabel 4.3 Konsumsi Energi Kendaraan Pengangkut Barang Bekas Elektronik

Nama Tempat Pengepulan	Jumlah Kendaraan	Jenis Kendaraan	Konsumsi Bahan Bakar (L/Tahun)	Konsumsi Energi (IPCC) (TJ/Tahun)	Konsumsi Energi (ESDM) (TJ/Tahun)
Sampel 1	2	Motor dengan gerobak	1.460	0,0482	0,0466
Sampel 2	3	Mobil <i>pickup</i>	1.173	0,0387	0,0374
Sampel 3	1	Mobil dengan gerobak	521,43	0,0172	0,0166
Sampel 4	2	Mobil dengan gerobak	312,86	0,0103	0,0100
Sampel 5	5	Mobil dengan gerobak	1.825	0,0602	0,0582
Sampel 6	1	Mobil <i>wagon</i>	521,43	0,0172	0,0166

Sampel 7	2	Mobil <i>pickup</i>	1.042	0,0344	0,0333
	3	Motor dengan gerobak	782,14	0,0258	0,0249
Sampel 8	2	Motor dengan gerobak	312,86	0,0103	0,0100

Berdasarkan pada tabel 3.4, didapati bahwa nilai kalor dari jenis bahan bakar kendaraan pertalite dan pertamax (atau *motor gasoline* pada IPCC) yaitu sebesar 33×10^{-6} TJ/L. Berikut ini merupakan contoh perhitungan konsumsi energi dari kendaraan pengangkut limbah elektronik pada Sampel 3:

- **Konversi Satuan TJ/Gg ke TJ/L**

$$\begin{aligned}
 1 \text{ Gigagram} &= 1.000.000 \text{ kg} \\
 \text{Volume (L)} &= 1.000.000 \text{ kg/nilai densitas} \\
 &= 1.000.000 \text{ kg}/0,74 \\
 &= 1.408.450,7 \text{ L} \\
 \text{Konversi (TJ/L)} &= \text{Nilai Kalor (TJ/Gg)}/\text{Volume} \\
 &= 44,61 \text{ (TJ/Gg)}/1.408.450,7 \text{ (L)} \\
 &= 32 \times 10^{-6} \text{ TJ/L}
 \end{aligned}$$

- **Konsumsi Energi Kendaraan Pengangkut**

$$\begin{aligned}
 \text{Konsumsi Energi IPCC (TJ/Tahun)} &= 521,43 \text{ L/Tahun} \times (33 \times 10^{-6} \text{ TJ/L}) \\
 &= 0,0172 \text{ TJ/Tahun.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Konsumsi Energi ESDM (TJ/Tahun)} &= 521,43 \text{ L/Tahun} \times (32 \times 10^{-6} \text{ TJ/L}) \\
 &= 0,0166 \text{ TJ/Tahun.}
 \end{aligned}$$

4.3.2 Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengangkutan Limbah Elektronik

Emisi gas rumah kaca pada kegiatan pengumpulan limbah elektronik oleh sektor informal di Kabupaten Sleman pada dasarnya dihasilkan akibat adanya penggunaan kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor yang digunakan tersebut tentunya menghasilkan gas buang yang menjadi gas rumah kaca seperti CO_2 , CH_4 ,

dan N₂O. Gas tersebut dapat terbentuk akibat adanya proses pembakaran bahan bakar kendaraan. Pada 8 lokasi penelitian, kendaraan yang digunakan untuk mengangkut limbah elektronik belum memiliki teknologi sebagai upaya minimasi produksi emisi gas buang tersebut.

a. Emisi CO₂

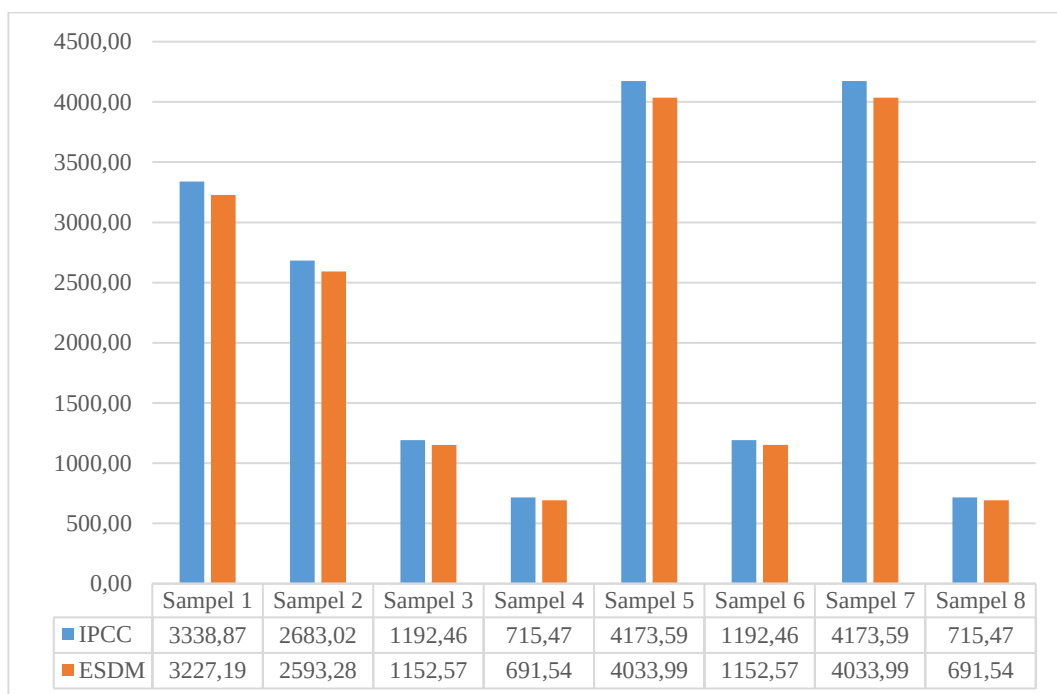
Dalam penelitian ini, perhitungan emisi gas rumah kaca berupa gas CO₂ pada dasarnya dapat dilakukan dengan menggunakan metode IPCC *Tier 1* dan *Tier 2*. Pada *Tier 1* dapat menggunakan faktor emisi *default* pada IPCC, sedangkan pada *Tier 2* dapat menggunakan faktor emisi dan nilai kalor lokal suatu bahan bakar minyak yang telah dikembangkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM).

Setelah melakukan sesi wawancara kepada para pengepul limbah elektronik, didapati bahwa semua kendaraan pengangkut menggunakan jenis bahan bakar Pertalite (RON 90) dan Pertamax (RON 92). Dalam penelitian ini, kedua jenis bahan bakar tersebut memiliki faktor emisi dan nilai kalor yang sama walaupun memiliki nilai *Research Octane Number* (RON) yang berbeda. Hal ini dikarenakan Pertamax, Pertalite, dan Pertamax Turbo merupakan jenis bahan bakar *Perta Series*. Berikut merupakan perhitungan emisi gas rumah kaca CO₂.

Tabel 4.4 Emisi CO₂ Kendaraan Pengangkut Limbah Elektronik

Nama Tempat Pengepul	Jenis dan Jumlah Kendaraan	Konsumsi Energi (TJ/Tahun)		Emisi CO ₂ (Kg/Tahun)	
		IPCC	ESDM	IPCC	ESDM
Sampel 1	2 Motor dengan gerobak	0,0482	0,0466	3338,87	3227,19
Sampel 2	3 Mobil <i>pickup</i>	0,0387	0,0374	2683,02	2593,28
Sampel 3	1 Motor dengan gerobak	0,0172	0,0166	1192,46	1152,57
Sampel 4	2 Motor dengan gerobak	0,0103	0,0100	715,47	691,54
Sampel 5	5 Motor dengan gerobak	0,0602	0,0582	4173,59	4033,99

Sampel 6	1 Mobil <i>wagon</i>	0,0172	0,0166	1192,46	1152,57
Sampel 7	2 Mobil <i>pickup</i>	0,0344	0,0333	2384,91	2305,13
	3 Motor dengan gerobak	0,0258	0,0249	1788,68	1728,85
Sampel 8	2 Motor dengan gerobak	0,0103	0,0100	715,47	691,54



Gambar 4.2 Grafik Emisi CO₂ (Kg/Tahun) Aktivitas Pengumpulan Limbah Elektronik

Berdasarkan pada tabel 4.3, didapati bahwa nilai emisi CO₂ pada 8 lokasi penelitian memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan jarak tempuh kendaraan pengangkut pada lokasi penelitian. Semakin jauh jarak tempuh kendaraan pengangkut, maka akan semakin besar juga konsumsi energi yang dibutuhkan untuk aktivitas tersebut sehingga dapat menghasilkan emisi CO₂ yang lebih besar apabila dibandingkan dengan lokasi yang memiliki jarak tempuh kendaraan pengangkut yang lebih dekat. Selain itu, jumlah kendaraan juga mampu mempengaruhi nilai emisi yang dihasilkan.

Emisi CO₂ dari kendaraan pengangkut limbah elektronik paling besar terdapat pada lokasi Berkah Barkas dan Aqila *Independent Computer & Barkas*, keduanya menghasilkan emisi CO₂ sebesar 4.173,6 Kg CO₂/tahun dengan menggunakan faktor emisi *default* IPCC dan 4.034 Kg CO₂/tahun jika menggunakan faktor emisi lokal. Pada lokasi sampel 7, terdapat 2 kendaraan mobil *pickup* serta 3 kendaraan motor yang dilengkapi gerobak, sedangkan pada 5 memiliki 5 kendaraan motor yang dilengkapi gerobak. Selain itu, pada kedua lokasi penelitian tersebut membutuhkan 35 liter bensin/minggu pada setiap lokasinya. Berbeda dengan 6 lokasi lainnya yang setiap pekannya membutuhkan antara 6 – 28 liter bahan bakar. Tentunya hal tersebut juga dapat mempengaruhi nilai emisi CO₂ yang besar pada kedua lokasi tersebut.

Perhitungan emisi CO₂ dalam penelitian ini yang pada dasarnya dilakukan dengan menggunakan *Tier 1* dan *Tier 2* IPCC juga menghasilkan perbedaan. Nilai emisi CO₂ yang dihasilkan dengan menggunakan *Tier 1* lebih besar jika dibandingkan dengan *Tier 2*. Hal ini dikarenakan pada *Tier 1* hanya menggunakan faktor emisi *default* IPCC dan bersifat asumsi yang telah disepakati secara internasional, berbeda dengan *Tier 2* yang sudah menggunakan faktor emisi nasional yang telah dikembangkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Adapun berikut ini merupakan contoh perhitungan emisi CO₂ pada sampel 3:

- **Emisi CO₂ (*Tier 1*)**

Faktor emisi = 69.300 Kg/TJ

Konsumsi energi = 0,0172 TJ/Tahun

Emisi CO₂ = Konsumsi Energi (TJ/Tahun) x Faktor Emisi (Kg/TJ)
 = 0,0172 (TJ/Tahun) x 69.300 (Kg/TJ)
 = 1.192,5 Kg CO₂/Tahun

- **Emisi CH₂ (*Tier 2*)**

Faktor emisi = 72.600 Kg/TJ

Konsumsi energi = 0,0166 TJ/Tahun

Emisi CO₂ = Konsumsi Energi (TJ/Tahun) x Faktor Emisi (Kg/TJ)
 = 0,0166 (TJ/Tahun) x 72.600 (Kg/TJ)

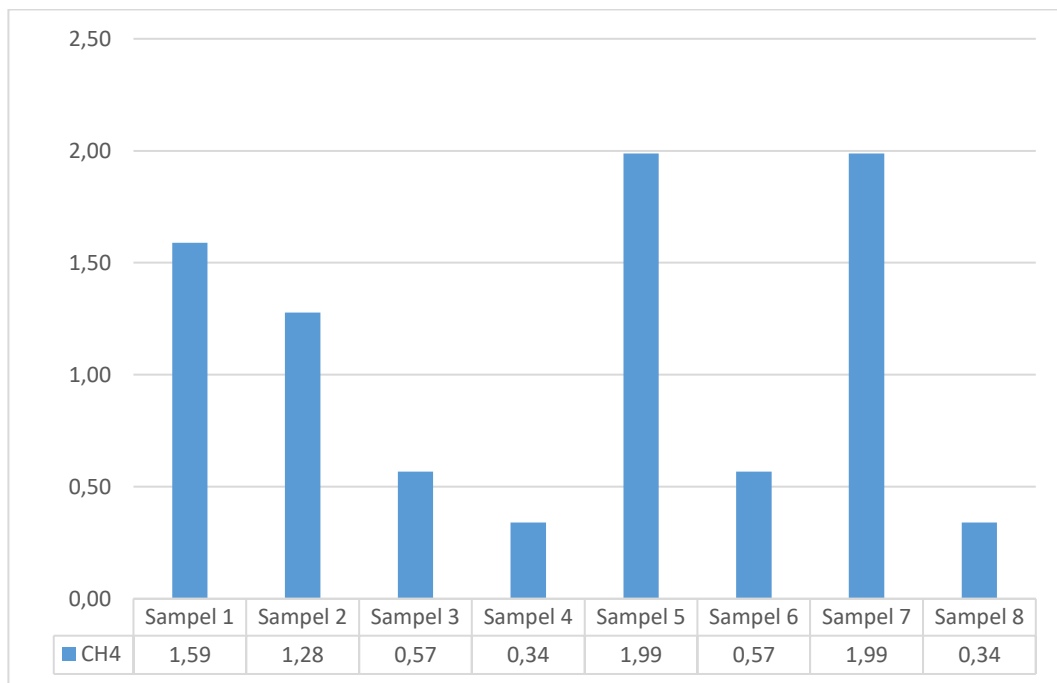
$$= 1.152,57 \text{ Kg CO}_2/\text{Tahun}$$

b. Emisi CH₄ dan N₂O

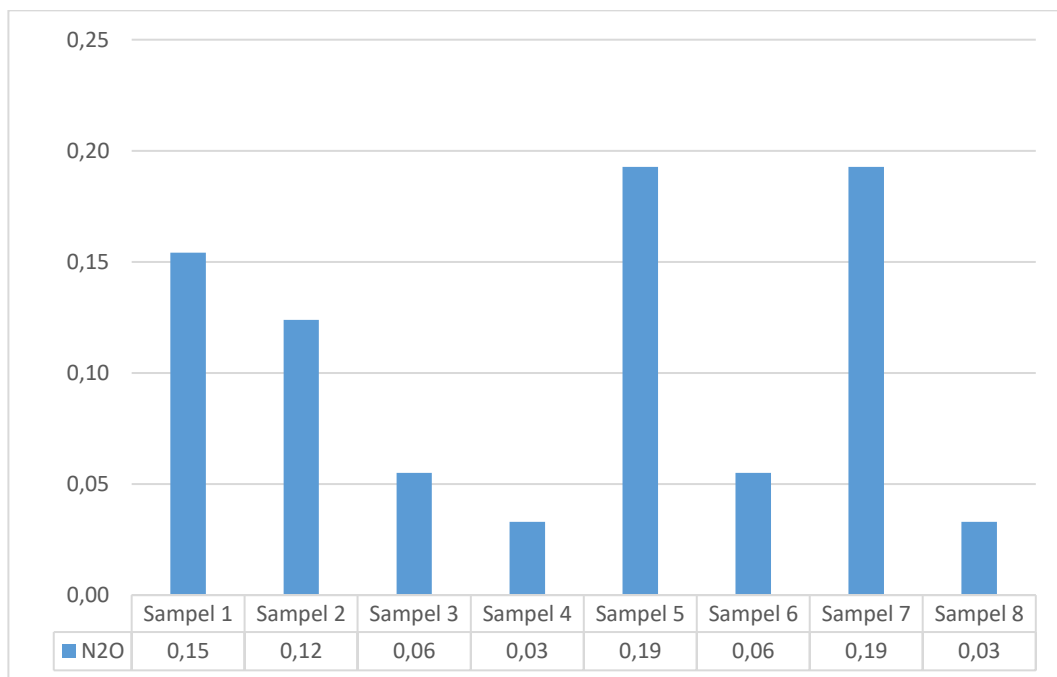
Perhitungan emisi CH₄ dan N₂O dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *Tier 1*, dimana pada *Tier 1* menggunakan faktor emisi *default* pada IPCC. Hal ini dikarenakan Indonesia sendiri belum memiliki pengembangan terhadap faktor emisi gas CH₄ dan N₂O sehingga untuk kedua jenis gas tersebut harus menggunakan faktor emisi yang telah disepakati secara internasional. Berikut ini merupakan hasil perhitungan emisi CH₄ dan N₂O kendaraan pengangkut limbah elektronik pada 8 lokasi penelitian.

Tabel 4.5 Emisi CH₄ dan N₂O Kendaraan Pengangkut Limbah Elektronik

Nama Tempat Pengumpul	Jenis dan Jumlah Kendaraan	Konsumsi Energi (TJ/Tahun)	Emisi CH ₄ (Kg/Tahun)	Emisi N ₂ O (Kg/Tahun)
Barok Barkas	2 Motor dengan gerobak	0,0482	1,59	0,15
Barkas Jombor-AC & Kulkas	3 Mobil <i>pickup</i>	0,0387	1,28	0,12
Barkas Vicky	1 Motor dengan gerobak	0,0172	0,57	0,06
Jual Beli Barang Bekas Tanjungsari	2 Motor dengan gerobak	0,0103	0,34	0,03
Aqila Independent Computer & Barkas	5 Motor dengan gerobak	0,0602	1,99	0,19
Barkas Pak Trimbel	1 Mobil <i>wagon</i>	0,0172	0,57	0,06
Berkah Barkas	2 Mobil <i>pickup</i>	0,0344	1,14	0,11
	3 Motor dengan gerobak	0,0258	0,85	0,08
Elektronik Bekas Gaten	2 Motor dengan gerobak	0,0103	0,34	0,03



Gambar 4.3 Grafik Emisi CH₄ (Kg/Tahun) Aktivitas Pengumpulan Limbah Elektronik



Gambar 4.4 Grafik Emisi N₂O (Kg/Tahun) Aktivitas Pengumpulan Limbah Elektronik

Pada tabel 4.4 merupakan perhitungan emisi CH₄ dan N₂O dari kendaraan pengangkut limbah elektronik sektor informal di Kabupaten Sleman yang dihitung menggunakan metode *Tier 1* IPCC. Pada perhitungan emisi terhadap kedua jenis gas tersebut hanya menggunakan faktor emisi *default* pada IPCC sesuai dengan pedoman inventarisasi gas rumah kaca. Berdasarkan tabel 4.4, didapati bahwa pada sampel 5 dan sampel 7 juga menghasilkan emisi CH₄ dan N₂O yang paling tinggi. Kedua lokasi tersebut menghasilkan emisi sebesar 1,99 Kg CH₄/tahun dan 0,19 Kg N₂O/tahun. Adapun berikut ini merupakan contoh perhitungan emisi CH₄ dan N₂O pada lokasi sampel 3:

- **Emisi CH₄**

Faktor emisi = 33 Kg/TJ

Konsumsi energi = 0,0172 TJ/Tahun

Emisi CO₂ = Konsumsi Energi (TJ/Tahun) x Faktor Emisi (Kg/TJ)
 = 0,0172 (TJ/Tahun) x 33 (Kg/TJ)
 = 0,57 Kg CH₄/Tahun

- **Emisi N₂O**

Faktor emisi = 3,2 Kg/TJ

Konsumsi energi = 0,0172 TJ/Tahun

Emisi CO₂ = Konsumsi Energi (TJ/Tahun) x Faktor Emisi (Kg/TJ)
 = 0,0172 (TJ/Tahun) x 3,2 (Kg/TJ)
 = 0,06 Kg N₂O/Tahun

4.3.3 Konversi Emisi Berdasarkan *Global Warming Potential* (GWP)

Global Warming Potential (GWP) merupakan ukuran relatif jumlah emisi yang terjebak dalam efek gas rumah kaca yang disetarakan dengan satuan massa relatif terhadap gas CO₂. Sehingga nilai dari *Global Warming Potential* (GWP) tersebut merupakan representasi dari gas – gas lainnya yang nilainya disetarakan dengan CO₂ selama beberapa periode waktu tertentu (IPCC, Climate Change 2023: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023). Adapun berikut ini merupakan nilai *Global Warming Potential* (GWP) dari gas

CO₂, CH₄, dan N₂O berdasarkan IPCC *Sixth Assessment Report* yang diterbitkan pada tahun 2023:

Tabel 4.6 Nilai Global Warming Potential (GWP) Gas Rumah Kaca

Jenis	Global Warming Potential (CO _{2(eq)})
Karbon dioksida (CO ₂)	1
Metana (CH ₄)	29,8
Dinitrogen oksida (N ₂ O)	273

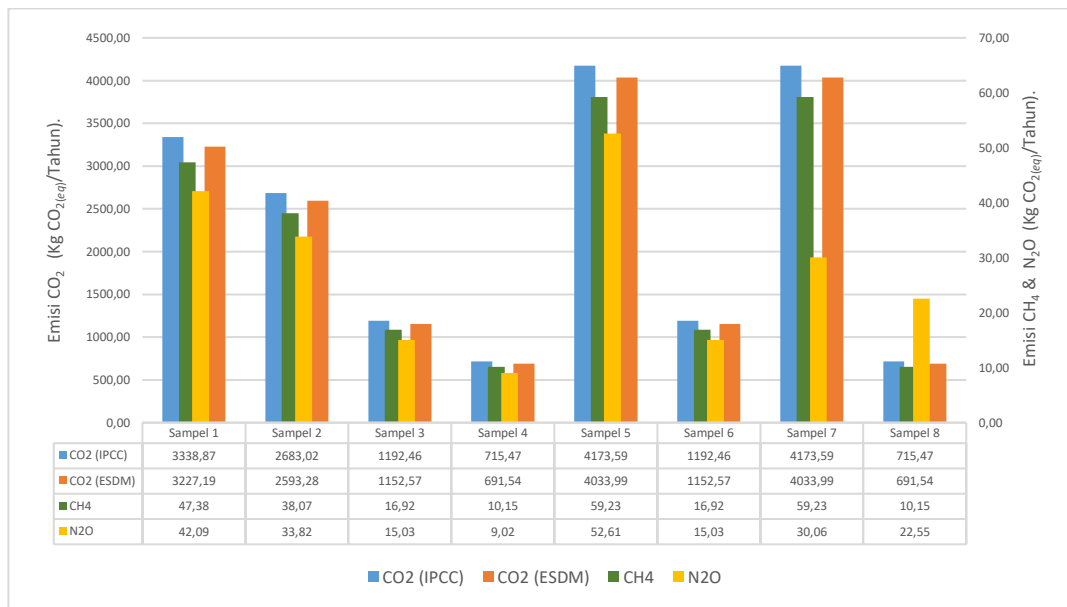
Sumber : IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) *Sixth Assessment Report* (2023)

Dari nilai *Global Warming Potential* (GWP) pada tabel 4.5 tersebut akan digunakan sebagai faktor pengali untuk memperoleh nilai representasi CO₂ (CO_{2(eq)}) dari gas CH₄ dan juga N₂O. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan perbandingan yang setara karena gas CH₄ dan N₂O telah disetarakan dengan satuan massa CO₂. Adapun berikut ini merupakan contoh perhitungan *Global Warming Potential* (GWP) pada aktivitas pengumpulan limbah elektronik oleh sektor informal di Kabupaten Sleman:

Tabel 4.7 Emisi dalam *Global Warming Potential* (GWP) Aktivitas Pengumpulan Limbah Elektronik

Nama Tempat Pengumpul	Emisi CO ₂ (Kg CO _{2(eq)} /Tahun)		Emisi CH ₄ (Kg CO _{2(eq)} /Tahun)	Emisi N ₂ O (Kg CO _{2(eq)} /Tahun)
	IPCC	ESDM		
Sampel 1	3338,87	3227,19	47,4	42,1
Sampel 2	2683,02	2593,28	38,1	33,8
Sampel 3	1192,46	1152,57	16,9	15,0
Sampel 4	715,47	691,54	10,2	9,0
Sampel 5	4173,59	4033,99	59,2	52,6
Sampel 6	1192,46	1152,57	16,9	15,0
Sampel 7	4173,59	4033,99	59,2	30,1

Elektronik Bekas Gaten	715,47	691,54	10,2	22,5
Sampel 8	18.184,94	17.576,66	258,1	220,2



Gambar 4.5 Grafik Emisi CO₂, CH₄, dan N₂O (Kg CO₂(eq)/Tahun)

Pada tabel 4.6 merupakan total emisi yang dihasilkan oleh aktivitas pengangkutan limbah elektronik di Kabupaten Sleman dan sudah disetarakan dengan nilai relatif CO₂ menggunakan nilai *Global Warming Potential* (GWP). Pada tabel tersebut, didapati bahwa jumlah emisi CH₄ pada aktivitas ini adalah sebesar 258,1 Kg CO₂(eq)/Tahun dan emisi N₂O sebesar 220,2 Kg CO₂(eq)/Tahun. Sedangkan untuk gas CO₂ dalam penelitian ini perhitungan emisi dilakukan menggunakan 2 sumber data, sehingga emisi CO₂ yang dihasilkan aktivitas ini adalah sebesar 18.184,94 Kg CO₂(eq)/Tahun apabila dihitung menggunakan data faktor emisi *default* IPCC, namun apabila CO₂ dihitung menggunakan data faktor emisi lokal maka akan menghasilkan 17.576,66 Kg CO₂(eq)/Tahun.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Kondisi eksisting dari aktivitas pengumpulan limbah elektronik di Kabupaten Sleman juga dilakukan oleh para pelaku usaha di sektor informal. Teknis pengumpulan dari limbah elektronik tersebut dapat dilakukan dengan sistem keliling (*door – to – door*) maupun sistem panggilan. Kegiatan pengumpulan tersebut dilakukan dengan motor yang dilengkapi gerobak maupun mobil *pickup*. Teknis pengumpulan limbah elektronik oleh sektor informal pada 8 lokasi penelitian berbeda – beda pada di lokasinya, baik dari teknis pengumpulan maupun wilayah pelayanan.
2. Aktivitas pengumpulan limbah elektronik ini mampu menghasilkan dampak berupa emisi gas rumah kaca. Emisi CH₄ pada aktivitas ini adalah sebesar 258,1 Kg CO_{2(eq)}/Tahun dan emisi N₂O sebesar 220,2 Kg CO_{2(eq)}/Tahun. Sedangkan untuk gas CO₂ dalam penelitian ini perhitungan emisi dilakukan menggunakan 2 sumber data, sehingga emisi CO₂ yang dihasilkan aktivitas ini adalah sebesar 18.184,94 Kg CO_{2(eq)}/Tahun apabila dihitung menggunakan data faktor emisi *default* IPCC, namun apabila CO₂ dihitung menggunakan data faktor emisi lokal maka akan menghasilkan 17.576,66 Kg CO_{2(eq)}/Tahun

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan yaitu :

1. Melakukan pendataan terhadap jumlah timbulan limbah elektronik pada pengepul limbah elektronik untuk mendapatkan data timbulan serta kontribusi aktivitas tersebut terhadap penghasilan emisi gas rumah kaca.
2. Memasifkan upaya pengumpulan limbah elektronik yang lebih teratur sehingga terdapat wilayah pelayanan dan teknis pengumpulan yang jelas bagi para pelaku aktivitas pengumpulan limbah elektronik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arinalhaq, d. (2013). Penentuan Rute Kendaraan Pengangkutan Sampah dengan Menggunakan Metode Nearest Neighbour (Studi Kasus PD. Kebersihan Kota Bandung). *Jurnal Online Teknologi Nasional*.
- Astuti, W. (2010). PENGELOLAAN LIMBAH ELEKTRONIK (ELECTRONIC WASTE) TERPADU : SEKTOR FORMAL DAN INFORMAL DI INDONESIA.
- Astuti, Widi, & Rufiyanto, A. (2017). Identifikasi Barang Elektronik Bekas di Kota Semarang. *Jurnal Neo Teknika Vol. 3 No 2*, 24 - 31.
- Awasthi, P., Chataut, G., & Khatri, R. (2023). Solid Waste Composition and Its Management: A Case study of Kirtipur Municipality-10. *Journal Pre-proof*.
- Balde, C., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., & Stegmagbnn, P. (2017). *The Global E - Waste Monitor 2017: Quantities, Flows, and Resources*. International Telecommunication Union.
- Bappenas. (2011). *Pedoman Penyusunan Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca*. Jakarta: Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional.
- Bappenas. (2015). *Rencana Aksi Nasional Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca*. Jakarta: Badan Perencanaan Pembangunan Nasional.
- Dhingga, N., & Najicha, F. (2018). Dampak Sampah Elektronik (E - Waste) Terhadap Lingkungan Hidup.
- Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan. (2018). *Pedoman Perhitungan dan Pelaporan Inventerisasi Gas Rumah Kaca*. Jakarta: Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Kementerian ESDM.
- Gaidajis, G., Angelakoglou, K., & Aktsoglou, D. (2010). E - Waste: Environmental Problems and Current Management. *Journal of Engineering Science and Technology Review*.

- Harahap, A., Zuhriyah, A., & Rahmayanti, H. (2018). Relationship Between Knowledge of Green Product, Social Impact and Perceived Value with Green Purchase Behavior.
- Hardiatmi, S. (2011). Pendukung Keberhasilan Pengelolaan Sampah Kota. *Jurnal Inovasi Pertanian*.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). *Climate Change*.
- IPCC. (2006). *Guideline for National Greenhouses Gas Inventories*.
- IPCC. (2023). *Climate Change 2023: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- IPCC. (2023). *The Physical Science Basic: Sixth Assessment Report*.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2018). *Inventarisasi Emisi GRK Sektor Energi*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2012). *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Buku II : Volume 1 (Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca, Sektor Pengadaan dan Penggunaan Energi)*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Kustiasih, T. (2014). Faktor Penentu Emisi Gas Rumah Kaca dalam Pengelolaan Sampah Perkotaan. *Jurnal Permukiman*.
- Mulasari, A., Heru, H., & Muhadjir. (2016). Analisis Situasi Permasalahan Sampah Kota Yogyakarta dan Kebijakan Penanggulangannya. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Volume 11*.
- Myhre, G. (2013). *Anthropogenic and Natural Radioactive Forcing, in Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nahor, J. (2019). Implikasi dan Pengelolaan Limbah Elektronik. *Jurnal Buletin Utama Teknik*.
- Neuman, W. (2003). *Social Research Methods, Qualitative and Quantitative Approaches*. (Vol. Fifth Edition). Boston: Pearson Education.

- Nurdiani, N. (2014). *Teknik Sampling Snowball Dalam Penelitian Lapangan*. Jakarta: Binus University.
- Porteous, A. (1992). *Dictionary of Environmental Science and Technology* (2nd ed.). New York: John Wiley and Sons.
- Prabowo, S., Pranoto, & Budiastuti, S. (2019). Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca yang Dihasilkan dari Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) di Jawa Tengah. *Jurnal Bioeksperimen*.
- PT Pertamina (Persero). (2018). *Spesifikasi Produk BBM, BBN & LPG*. Jakarta.
- Rahmadhani, F. (2007). *Analisis Sistem Transportasi Sampah Kota Padang*. Padang: Universitas Andalas.
- Rahmawati, A. (2013). *Gas Rumah Kaca, Dampak, Dan Sumbernya*. Bandung: Teknik Lingkungan ITB.
- Scheinberg, A., Simpson, M., & Gupt, Y. (2010). Economic Aspects of the Informal Sector in Solid Waste Management. Main Report Volume 1. *GTZ (German Technical Cooperation) & Colaborative Working Group on SWM*.
- Sutarmin, & Budiarti, W. (2020). Karakteristik Umkm Pengepul Dan Bandar Barang Bekas Pendekatan Fenomenologis (Studi Kesuksesan Orang Madura Sebagai Pengepul, Bandar barang Bekas di Keputih Surabaya). *Jurnal Studi Manajemen dan Bisnis*.
- Tchnobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1993). *Integrated Solid Waste Management : Engineering Principles and Management Issues*. Singapore: Mc-Graw-Hill.
- Tuti, K. (2014). *Faktor Penentu Emisi Gas Rumah Kaca dalam Pengelolaan Sampah Perkotaan*. Bandung: PU.
- Uson, A., Ferreira, G., Vasquez, D., Bribian, & Sstresa. (2013). Environmental-Benefit Analysis of Two Urban Waste Collection Systems. *Science of the Total Environment*.
- Vyas, P. B. (2011). *Municipal Solid Waste Management at India*. Vadodara: Sigma Institute of Engineering Bakrol, Vadodara, India. Jr. of Industrial Pollution Control.

- Widyarsana, d. (2010). *Identifikasi Material E-waste Komputer dan Komponen Daur Ulangnya di Lokasi Pengepulan E-waste Identifikasi Material E-waste Komputer dan Komponen Daur Ulangnya di Lokasi Pengepulan E-waste*. Bandung.
- Widyatmoko, S. (2002). *Menghindari, Mengolah dan Menyingkirkan Sampah*. Jakarta: Abadi Tandur.
- Yong, Y. (2019). An Analysis of Electronic Waste Management Strategies and Recycling Operations in Malaysia: Challenges and Future Prospects. *Journal of Cleaner Production*.

LAMPIRAN

Lampiran 1 – Formulir Wawancara

1. IDENTITAS RESPONDEN		
Nama		
Usia		
Alamat Pengepulan		
2. KUISIONER		
No	Pertanyaan	Jawaban
1	Darimana sumber limbah elektronik yang diangkut?	
2	Bagaimana teknis operasional dari kegiatan pengepulan?	
3	Berapa jarak dan waktu tempuh kegiatan pengangkutan limbah elektronik?	
4	Apa jenis bahan bakar yang dipakai untuk kegiatan pengumpulan limbah elektronik?	
Kabupaten Sleman,		
TTD		

Lampiran 2 – Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca

A. Data Aktivitas

Tabel Lampiran 2.1 Data Aktivitas Pengumpulan Limbah Elektronik oleh Sektor Informal di Kabupaten Sleman

Nama Tempat Pengepul	Jumlah Kendaraan	Jenis Kendaraan	Rata - Rata Jarak (km/hari/kendaraan)	Rata - Rata Jarak (km/minggu)	Konsumsi Bahan Bakar Perhari (L/Hari/Kendaraan)	Konsumsi Bahan Bakar Perminggu (L/Minggu)	Konsumsi Bahan Bakar Pertahun (L/Tahun)
Barok Barkas	2	Motor dengan gerobak	15	210	2,00	28,00	1460,00
Barkas Jombor-AC & Kulkas	3	Mobil <i>pickup</i>	1,4	10	1,07	22,50	1173,21
Baskas Vicky	1	Mobil <i>pickup</i>	10	70	1,43	10,00	521,43
Jual Beli Barang Bekas Tanjungsari	2	Motor dengan gerobak	15	210	0,43	6,00	312,86

Aqila <i>Independent Computer & Barkas</i>	5	Motor dengan gerobak	20	700	1,00	35,00	1825,00
Barkas Pak Trimbel	1	Mobil <i>wagon</i>	4,3	30	1,43	10,00	521,43
Berkah Barkas	2	Mobil <i>pickup</i>	10	140	1,43	20,00	1042,86
	3	Motor dengan gerobak	10	210	0,71	15,00	782,14
Elektronik Bekas Gaten	2	Motor dengan gerobak	10	140	0,43	6,00	312,86

B. Perhitungan Emisi CO₂, CH₄, dan N₂O (Tier 1)

Tabel Lampiran 2.2 Perhitungan Emisi CO₂, CH₄, dan N₂O (Tier 1)

Nama Tempat Pengepul	Konsumsi Energi (TJ/Tahun)	Emisi Gas Rumah Kaca (Kg/Tahun)		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Barok Barkas	0,0482	3338,87	1,59	0,15
Barkas Jombor-AC & Kulkas	0,0387	2683,02	1,28	0,12
Baskas Vicky	0,0172	1192,46	0,57	0,06
Jual Beli Barang Bekas Tanjungsari	0,0103	715,47	0,34	0,03
Aqila Independent Computer & Barkas	0,0602	4173,59	1,99	0,19
Barkas Pak Trimbel	0,0172	1192,46	0,57	0,06
Berkah Barkas	0,0344	2384,91	1,14	0,11
	0,0258	1788,68	0,85	0,08
Elektronik Bekas Gaten	0,0103	715,47	0,34	0,03

C. Perhitungan Emisi CO₂ (*Tier 2*)

Tabel Lampiran 2.2 Perhitungan Emisi CO₂ (*Tier 2*)

Nama Tempat Pengepul	Konsumsi Energi (TJ/Tahun)	Emisi Gas Rumah Kaca (Kg/Tahun)
		CO ₂
Barok Barkas	0,0466	3227,19
Barkas Jombor-AC & Kulkas	0,0374	2593,28
Barkas Vicky	0,0166	1152,57
Jual Beli Barang Bekas Tanjungsari	0,0100	691,54
Aqila Independent Computer & Barkas	0,0582	4033,99
Barkas Pak Trimbel	0,0166	1152,57
Berkah Barkas	0,0333	2305,13
	0,0249	1728,85
Elektronik Bekas Gaten	0,0100	691,54

Lampiran 3 – Dokumentasi











