TA/TL/2024/1917

TUGAS AKHIR

EMISI GAS RUMAH KACA DALAM AKTIVITAS PENGUMPULAN LIMBAH ELEKTRONIK OLEH SEKTOR INFORMAL DI KOTA YOGYAKARTA

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

MAS'UDATUN NUR FADHILA

20513217

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 DI KOTA YOGYAKARTA

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

MAS'UDATUN NUR FADHILA
20513217

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 DI KOTA YOGYAKARTA

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari: Jum'at ,
Tanggal : 25 - Oktober - 2024

Disusun Oleh:
MAS'UDATUN NUR FADHILA
20513217

Tim Penguji:

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

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

Yebi Yuriandala, S.T., M.Eng. ( )

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini merupakan hasil orisinal saya dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik di Universitas Islam Indonesia maupun di instuti pendidikan lain.
2. Karya tulis ini adalah hasil pemikiran, perumusan dan penelitian saya sendiri tanpa melibatkan bantuan dari pihak lain, kecuali untuk panduan yang diberikan oleh Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulisan ini tidak terdapat penggunaan karya atau pandangan dari pihak lain secara jelas disebutkan dalam teks dengan mencantumkan nama penulis dan mencantumkannya dalam daftar pustaka.
4. Saya sepenuhnya bertanggung jawab atas pemilihan dan penggunaan perangkat lunak komputer dalam penelitian ini, dan hal tersebut bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sepenuh hati, dan jika di masa mendatang terdapat ketidakakuratan atau penyimpangan dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik, termasuk pencabutan gelar yang telah diperoleh dan tindakan lain sesuai dengan peraturan perguruan tinggi.

Yogyakarta,

Yang membuat pernyataan,



Mas'udatun Nur Fadhila

NIM: 20513217

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur kita panjatkan atas kehadirat Allah SWT serta karunia dan petunjuk-Nya, yang memungkinkan penulis menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul "Emisi Gas Rumah Kaca Dalam Aktivitas Pengumpulan Limbah Elktronik oleh Sektor Informal di Kota Yogyakarta". Adapun tujuan penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu syarat akademik untuk menyelesaikan studi penulis serta mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Program Strata 1 Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Penulis turut mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada pihak - pihak yang turut membantu penulis dalam penyelesaikan penyusunan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua saya (Bapak Wiwied Hidayat & Ibu Surati) Orang tua yang hebat, yang selalu menjadi penyemangat dan tidak henti – hentinya memberikan kasih sayang dengan penuh cinta dan selalu memberikan motivasi. Terimkasih selalu berjuang untuk kehidupan saya. Terimakasih untuk semua berkat do'a dan dukungan bapak dan ibu sehingga saya bisa berada dititik ini. Sehat selalu dan hiduplah lebih lama lagi. Bapak dan ibu harus selalu ada disetiap perjalanan dan pencapaian hidup saya.
2. Kedua orang tua teman saya, Muhammad Mahathir Fatchan yang juga telah memberikan doa dan dukungan selama masa studi.
3. Yth., Ibu Fina Binazir Maziya, S.T., M,T., selaku dosen pembimbing saya yang telah bersedia memberikan waktunya untuk membimbing, mengarahkan, mendukung, memberi masukan dan memberikan kemudahan kepada penulis selama proses penelitian dan penyusunan tugas akhir ini.
4. Yth., Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng., dan Bapak Yebi Yuriandala, S.T., M.Eng., selaku dosen penguji yang telah memberikan ilmu yang memberikan saran, masukan, dan juga ilmu selama pelaksanaan tugas akhir ini.

5. Pihak pengelola maupun pekerja pada tempat pengumpulan limbah elektronik di Kota Yogyakarta yang telah bersedia memberikan informasi dan bantuannya dalam penelitian ini.
6. Rekan tugas akhir saya, Muhammad Mahathir Fatchan yang telah berjuang bersama dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman – teman saya yaitu Syifa Antari, Puspita Kumala dan Alvina Indira yang telah mendampingi, menghibur, memberikan bantuan berupa masukan, kritik, saran waktu luang, selalu menjadi pendengar dan pemberi solusi yang baik disetiap masalah saya.
8. Pihak terkait lainnya yang telah membantu dan memberikan dukungan selama masa studi saya.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini belum sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat menghargai kritik dan saran yang membangun dari para pembaca sebagai upaya untuk memperbaiki dan menyempurnakan laporan ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi pembaca dan pihak-pihak terkait.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

ABSTRAK

Kota Yogyakarta merupakan Ibu kota Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dengan kepadatan penduduk yang cukup tinggi. Seiring dengan kepadatan penduduk yang tinggi, Kota Yogyakarta juga berpotensi menghasilkan limbah elektronik. Sistem pengumpulan limbah elektronik di Kota Yogyakarta pada dasarnya dilakukan oleh para pelaku usaha di sektor informal. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menganalisis kondisi eksisting sistem pengumpulan limbah elektronik yang dilakukan oleh para pelaku usaha di sektor informal serta dampaknya terhadap emisi gas rumah yang dihasilkan dari aktivitas pengumpulan limbah elektronik tersebut. Penelitian ini akan dilakukan pada 5 lokasi penelitian. Sistem pengumpulan limbah elektronik yang dilakukan oleh para pelaku di sektor informal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan sistem keliling (*door – to – door*), *drop off* maupun panggilan oleh konsumen dan menggunakan kendaraan bermotor berupa mobil *pickup* maupun motor yang dilengkapi gerobak. Tentunya aktivitas tersebut mampu menghasilkan emisi gas rumah kaca. Perhitungan emisi gas rumah kaca dilakukan berdasarkan metode IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) yang diterbitkan pada tahun 2006 dengan parameter emisi CO_2, CH_4, dan N_2O. Aktivitas pengumpulan limbah elektronik pada 5 lokasi penelitian tersebut berpotensi menghasilkan total emisi CH_4 sebesar 181,06 kg $CO_{2(eq)}$/tahun, N_2O sebesar 169,84 kg $CO_{2(eq)}$/tahun, dan CO_2 sebesar 12.759,27 kg $CO_{2(eq)}$/tahun (faktor emisi *default* IPCC) serta 12.332,47 kg $CO_{2(eq)}$/tahun (faktor emisi lokal).

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

ABSTRACT

Yogyakarta City is the capital of the Special Region of Yogyakarta Province with a relatively high population density. Correspondingly, the city has the potential to generate electronic waste. The collection of electronic waste in Yogyakarta City is primarily conducted by informal sector businesses. The purpose of this research is to analyze the existing condition of the electronic waste collection system undertaken by informal sector stakeholders and its impact on greenhouse gas emissions resulting from these activities. This study will be conducted at 5 research locations. The electronic waste collection system by informal sector stakeholders is carried out through methods such as mobile collection (door-to-door), drop-off points, and on-call services using motor vehicles such as pickup trucks and motorbikes equipped with carts. These activities inevitably result in greenhouse gas emissions. Calculation of greenhouse gas emissions is based on the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2006 methodology, considering emission parameters such as CO2, CH4, and N2O. The electronic waste collection activities at the five research locations have the potential to generate total CH4 emissions of 181.06 kg CO2(eq)/year, N2O emissions of 169.84 kg CO2(eq)/year, and CO2 emissions of 12,759.27 kg CO2(eq)/year (default IPCC emission factors) and 12,332.47 kg CO2(eq)/year (local emission factors).

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

DAFTAR ISI

PRAKATA iv
ABSTRAK vi
ABSTRACT vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR ii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.6 Ruang Lingkup 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Limbah Elektronik (*E-Waste*) 6
2.2 Pengumpulan Sampah Elektronik 7
2.3 Emisi dari Aktivitas Pengumpulan Limbah Elektronik 9
2.4 IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) 9
BAB III METODE PENELITIAN 13
3.1 Tahapan Penelitian 13
3.2 Lokasi Penelitian 13
3.3 Prosedur Analisis Data 16
3.3.1 Metode Pengumpulan data 16
3.4 Prosedur Analisis Data 19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 23
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian 23
4.2 Kondisi Eksisting Sistem Pengumpulan Limbah Elektronik Pada Sektor Informal 24
4.3 Potensi Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengangkutan 28

4.3.1 Konsumsi Energi Kendaraan dari Aktivitas Pengangkutan Limbah Elektronik 29
4.3.2 Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengumpulan Limbah Elektronik 31
4.3.3 Konversi Emisi Berdasarkan *Global Warming Potential* (GWP) ... 35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 38
5.1 Kesimpulan 38
5.2 Saran 38
DAFTAR PUSTAKA 39
LAMPIRAN 42

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komponen dan Kandungan Limbah Elektronik 6
Tabel 2. 2 Tier Metodologi Perhitungan GRK 10
Tabel 2. 3 Rumus Tier - 1 10
Tabel 2. 4 Rumus Tier - 2 11
Tabel 2. 5 Rumus Tier - 3 12
Tabel 3. 1 Lokasi Pengepulan di Kota Yogyakarta 15
Tabel 3. 2 Nilai Kalor Bahan Bakar 20
Tabel 3. 3 Faktor Emisi Penggunaan Kendaraan 21
Tabel 3. 4 Rumus Perhitungan Konsumsi Energi Gas Rumah Kaca 22
Tabel 3. 5 Rumus Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca 22
Tabel 4. 1 Profil Lokasi Penelitian Pengepul di Kota Yogyakarta 25
Tabel 4. 2 Presentase Wilayah Terlayani Aktivitas Pengumpulan 26
Tabel 4. 3 Konsumsi Bahan Bakar Pengumpulan 27
Tabel 4. 4 Konsumsi Energi Kendaraan Pengangkut Barang Elektronik Bekas 30
Tabel 4. 5 Emisi (CO_2) pada Kendaraan Pengangkut Limbah Elektronik 31
Tabel 4. 6 Emisi (CH_4 dan N_2O) pada Kendaraan Pengangkut Limbah Elektronik 33
Tabel 4.7 Nilai *Global Warming Potential* Gas Rumah Kaca 35
Tabel 4. 8 Emisi GRK dalam *Global Warming Potential* (GWP) 35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kerangka Berpikir Penelitian 3
Gambar 3. 1 Diagram alir 13
Gambar 3. 2 Peta Sebaran Lokasi Penelitian 14
Gambar 3. 3 Bagan Teknik *Sampling Snowball* 17
Gambar 4. 1 Wilayah Pelayanan Aktivitas Pengumpulan oleh Sektor Informal 26
Gambar 4. 2 Grafik Potensi Emisi CO_2 (Kg/Tahun) 32
Gambar 4. 3 Grafik Potensi Emisi CH_4 34
Gambar 4. 4 Grafik Potensi Emisi N_2O 34
Gambar 4. 5 Grafik Emisi CO_2, CH_4 dan N_2O (CO_2 (eq)) 37

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Yogyakarta memiliki luas wilayah 32,5 km^2, yang mencangkup sekitar 1,02% dari total luas Provinsi D.I. Yogyakarta. Kota ini juga terbagi menjadi 14 kecamatan. Kota Yogyakarta memiliki jumlah penduduk 414.055 jiwa. Sebagai salah satu kota terbesar di Indonesia, Yogyakarta mencatat laju pertumbuhan penduduk sebesar 0.21% per tahun (Kota Yogyakarta Dalam Angka, 2023).

Perkembangan dan peningkatan jumlah penduduk yang terus berlanjut dapat menimbulkan berbagai permasalahan, termasuk di sektor sampah. Selama aktivitas kehidupan terus berjalan, jumlah sampah yang dihasilkan akan semakin meningkat. Sektor utama yang berkontribusi pada peningkatan gas rumah kaca, seperti pembangkit listrik dan penggunaan lahan, menyumbang sekitar 50% dari total emisi gas rumah kaca. Selain itu, timbulan sampah juga diperkirakan turut menyumbang sekitar 5% terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007).

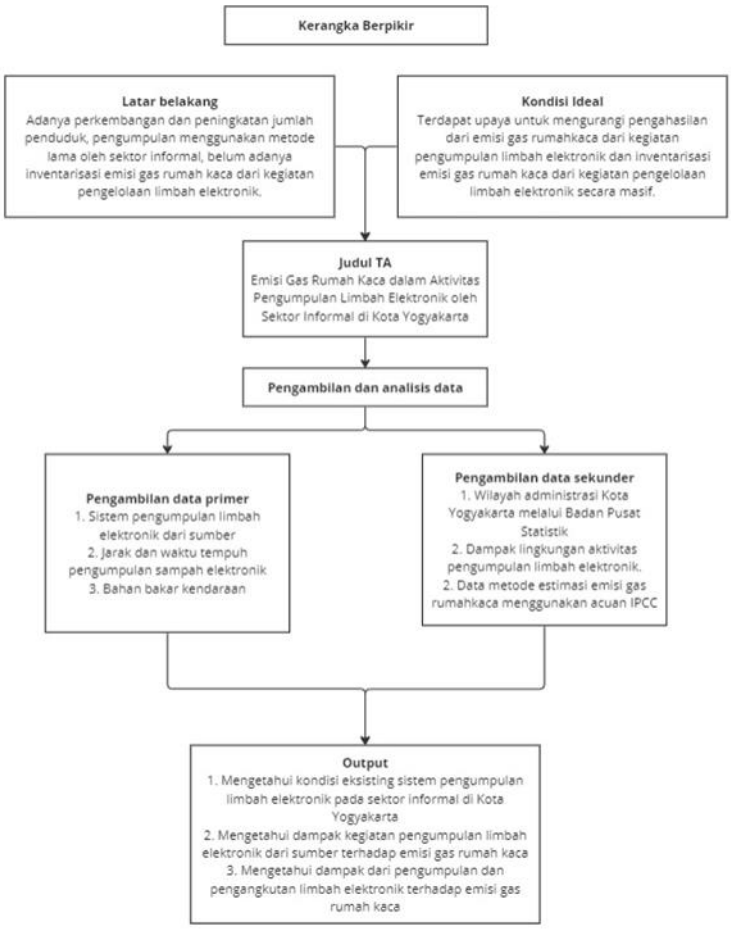
Sampah elektronik terbagi menjadi dua kategori, yaitu sampah yang berasal dari industri dan rumah tangga. Sampah elektronik dari industri harus dikelola sesuai dengan tahapan yang diatur dalam PP No 27 Tahun 2020, di mana pengelolaannya harus dilakukan oleh badan hukum dengan kewajiban melaporkan secara berkala. Sementara itu, sampah elektronik dari rumah tangga dikategorikan sebagai sampah spesifik. Pengumpulan sampah ini dapat dilakukan oleh perusahaan pengolah limbah yang ditunjuk sebagai mitra Kementerian LHK, dengan aturan terkait pemilahan dan proses pengangkutan yang diikuti, atau dapat dikelola oleh sektor informal seperti pengepul barang bekas.

Daur ulang barang elektronik oleh sektor informal bukanlah hal baru dan telah menjadi bagian dari perkembangan praktik daur ulang limbah elektronik dengan biaya rendah. Daur ulang oleh sektor informal tidak hanya berdampak pada

lingkungan dan kesehatan, tetapi juga mencerminkan kurangnya layanan daur ulang di sektor formal.

Pengumpulan limbah elektronik dari sumbernya perlu dipertimbangkan karena emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari proses ini. Emisi yang timbul selama pengumpulan limbah elektronik dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis kendaraan pengangkut sampah, bahan bakar yang digunakan, kapasitas kendaraan, serta perilaku pengemudi dalam berkendara. (Eisted, Larsen, & Christensen, 2009) Sektor kendaraan berkontribusi besar terhadap produksi emisi gas rumah kaca, dengan 95% emisi gas rumah kaca dari sektor transportasi dihasilkan dari bahan bakar (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007). Emisi gas rumah kaca merupakan salah satu penyebab utama pemanasan global dan perubahan iklim. Untuk mengurangi dampak perubahan iklim, salah satu langkah yang dapat diambil adalah merujuk pada Peraturan Presiden No. 61 Tahun 2011 mengenai Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK).

Kepadatan penduduk memiliki pengaruh signifikan terhadap jumlah sampah yang dihasilkan (Tampuyak, Anwar, & Sangadji, 2019). Namun, sering kali di area dengan kepadatan penduduk rendah di negara berkembang, pengelolaan pengangkutan sampah tidak terjadwal dengan baik, yang dapat mengakibatkan penumpukan sampah. Ketidakefektifan dalam rute pengangkutan, jumlah kendaraan pengangkut, dan penjadwalan yang kurang optimal dapat memperburuk kondisi pengelolaan sampah (Abdel-Shafy & Mansour, 2018). Oleh karena itu, penting untuk melakukan penelitian mengenai pengumpulan sampah di daerah dengan tingkat kepadatan penduduk yang berbeda untuk mengukur emisi yang dihasilkan. Penelitian ini akan menghitung emisi gas rumah kaca dari aktivitas pengumpulan limbah elektronik di sektor informal menggunakan metode IPCC, yang digunakan untuk memperkirakan emisi antropogenik dan pembuangan gas rumah kaca.



Gambar 1. 1 Kerangka Berpikir Penelitian

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang menjadi dasar penelitian ini adalah:

1) Bagaimana kondisi eksisting pada sistem pengumpulan limbah elektronik pada sektor informal di Kota Yogyakarta?
2) Bagaimana dampak dari pengumpulan limbah elektronik terhadap emisi gas rumah kaca?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1) Menganalisis kondisi eksisting pada sistem pengumpulan limbah elektronik pada sektor informal di Kota Yogyakarta

2) Menganalisis dampak dari pengumpulan limbah elektronik terhadap emisi gas rumah kaca

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1) Menjadi referensi dan sumber informasi mengenai jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari pengangkutan sampah di Kota Yogyakarta dengan menggunakan metode IPCC
2) Menyediakan masukan dan bahan pertimbangan bagi pemerintah dalam merumuskan kebijakan terkait pencemaran gas rumah kaca yang berasal dari pengangkutan sampah.
3) Memberikan wawasan kepada pihak pengepul barang elektronik mengenai limbah elektronik dan dampak emisi gas rumah kaca terhadap lingkungan.

1.6 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah:

1) Lokasi *sampling* berada di tempat pengepulan barang bekas pada Kota Yogyakarta.
2) Penetuan lokasi tempat pengepulan barang bekas di Kota Yogyakarta menggunakan metode *snowball sampling.*
3) Lokasi sampling difokuskan hanya pada tempat pengepul yang dominan mengambil limbah elektronik.
4) Wilayah pelayanan yang disebutkan sudah mewakili kecamatan pada lokasi penelitian.
5) Perhitungan sumber emisi gas rumah kaca dilakukan berdasarkan penggunaan kendaraan dalam aktivitas pengumpulan limbah elektronik dari titik asal hingga lokasi pengepul.
6) Metode perhitungan emisi gas rumah kaca dari pengumpulan limbah elektronik menggunakan *guideline* pada metode IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) 2006 dengan parameter CO_2 (karbon dioksida), CH_4 (metana), dan N_2O (dinitrogen oksida).

7) Perhitungan emisi gas rumah kaca dilakukan dengan mengacu pada Pedoman Penyelenggaraan Inventaris Gas Rumah Kaca Nasional dari Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan mengacu pada metode *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC).
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 Kota Yogyakarta.
9) Penelitian ini tidak mencakup perhitungan timbulan limbah elektronik yang dihasilkan di Kota Yogyakarta.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Elektronik (*E-Waste*)

Sampah elektronik (*e-waste*) umumnya merujuk pada barang elektronik yang sudah tidak digunakan dan dibuang, baik dalam keadaan rusak maupun tidak rusak. Di Indonesia, definisi dan regulasi khusus mengenai *e-waste* belum ada, sehingga *e-waste* sering kali digolongkan sebagai limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) (Widyarsana, Winardy, Damanhuri, & Padmi, 2010). Sebagian besar limbah elektronik dikategori sebagai limbah B3 karena mengandung komponen atau bahan berbahaya seperti timbal, merkuri, dan kadmium, yang merupakan ancaman bagi kesehatan dan lingkungan (Wahyono, 2012). Baterai juga termasuk dalam e-waste karena tidak dapat didaur ulang secara konvensional dan dianggap sebagai barang elektronik (Shad, Ling, & Karim, 2020).

Setiap komponen limbah elektronik mengandung unsur-unsur yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Dampak eksternal dari limbah elektronik termasuk degradasi kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat di sekitarnya, yang disebabkan oleh pencemaran tanah, air, dan udara oleh senyawa beracun.

Tabel 2. 1 Komponen dan Kandungan Limbah Elektronik

Komponen	Kandungan Berbahaya
Pendingin	*Ozone Depleting Substances* (ODS)
Plastik	*Phthalate plasticizer, brominated flame retardants* (BFR)
Bahan Isolasi	Bahan Isolasi *Insulation* ODS *in foam, asbestos, refractory ceramic fiber*
Tabung Sinar Katoda	Timbal, Antimon, Merkuri, Fosfor
LCD	Merkuri
Karet	Merkuri Karet *Phthalate plasticizer, brominated flame retardants* (BFR)
Kabel	*Phthalate plasticizer, brominated flame retardants* (BFR), Timbal

Papan Sirkuit	Timbal, Berilium, Antimon, BFR
Lampu TL	Merkuri, Fosfor, *Flame retardanis*
Thermosat	Merkuri
BFR mengandung plastik	BFRs
CFC,HCFC,HFC,HC	ODS
Kabel Listrik Eksternal	BBFRs, pemlastis
Kapasitor Elektrolit	Glicol

Sumber : (Udin, M, 2012)

Dilaporkan oleh *Global E-Waste Monitor* 2020 bahwa pada tahun 2019, sampah elektronik yang dihasilkan di seluruh dunia mencapai 53,6 juta ton. Data yang diberikan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada tahun 2021 menunjukkan bahwa timbunan sampah elektronik di Indonesia mencapai 2 juta ton. Dari jumlah tersebut, kontribusi terbesar diperoleh dari pulau Jawa, yang menyumbang sekitar 56% dari total sampah elektronik di Indonesia. Jika tidak dikelola dengan benar, limbah elektronik (*e-waste*) dapat menimbulkan dampak negatif yang signifikan terhadap lingkungan.

Limbah elektronik, yang termasuk dalam kategori limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), dapat menyebabkan asidifikasi tanah yang merusak kualitas tanah. Selain itu, limbah ini juga dapat mencemari air dan udara dengan zat-zat berbahaya yang terkandung di dalamnya. Dampak kesehatan manusia dari limbah elektronik termasuk paparan terhadap zat-zat seperti arsenik dan zat karsinogenik, yang jika bersinggungan langsung dengan tubuh manusia dalam jangka waktu lama, dapat menyebabkan penyakit berbahaya. Logam berat lain yang sering ditemukan dalam *e-waste*, seperti pada large flat panel displays atau lampu, adalah merkuri (Hg). Merkuri dikenal dapat meracuni manusia, merusak sistem saraf otak, dan menyebabkan cacat bawaan (Parahita, 2019).

2.2 Pengumpulan Limbah Elektronik oleh Sektor Informal

Sistem pengumpulan limbah elektronik dari sumber ke pengepul dimulai dengan pengumpulan limbah elektronik dari berbagai sumber seperti rumah tangga,

perusahaan, atau institusi. Kegiatan ini biasanya dilakukan melalui aktivitas pengumpulan yang biasanya dilakukan oleh sektor formal dan sektor informal. Di indonesia, sektor formal terdiri dari lembaga resmi, sementara sektor informal terdiri dari bisnis individu, kelompok atau usaha kecil yang tidak terdaftar dan tidak teratur. Dalam kegiatan pengelolaan sampah, sektor informal merujuk pada aktivitas daur ulang yang dilakukan oleh pengais sampah, pemungut sampah keliling, atau pembeli sampah keliling. Sektor informal juga merupakan sektor yang ramah akan pekerja buruh dengan teknologi rendah dan pendapatan yang rendah (Wilson, Cheeseman, & Velis, 2006).

Beberapa faktor mendorong keberadaan sektor informal, seperti karakteristik fisik kota, kondisi sosial – ekonomi, dan kebijakan terkait pengelolaan lingkungan perkotaan (Medina, 2000). Kondisi perkotaan khususnya di negara berkembang pertumbuhan penduduk, urbanisasi, dan kurangnya sumber daya untuk menyediakan fasilitas manajemen sampah yang baik mampu mengakibatkan pengumpulan sampah yang tidak memadai, pembuangan terbuka dan penumpukan sampah. Hal ini membuat limbah tersebut tersedia bagi para sektor informal. Daur ulang sampah informal melibatkan kelompok masyarakat dengan pendapatan ekonomi rendah perkotaan dan kelompok sosial terpinggirkan yang menggunakan pemungutan sampah sebagai sumber pendapatan, dan seringkali sebagai satu-satunya strategi bertahan hidup mereka. Namun, dalam masyarakat kelompok masyarakat ini, aktivitas daur ulang sampah informal akan terus berlanjut untuk masa mendatang (Ackerman & Mirza, 2001)

Daur ulang barang – barang elektronik oleh sektor informal bukanlah hal baru dan telah menjadi bagian dari perkembangan praktik daur ulang *e-waste* dengan biaya yang lebih rendah. Meskipun demikian, dampak pada lingkungan dan kesehatan ditimbulkan oleh daur ulang yang dilakukan oleh sektor informal, serta kekurangan dalam layanan daur ulang di sektor formal juga ditunjukkan. Dalam Xinwen et al, (2010) menunjukkan bahwa hanya melarang atau bersaing dengan pengepul dan pendaur ulang sektor informal tidaklah efektif. Sistem daur ulang formal yang baru perlu mempertimbangkan peran sektor informal, serta

mengembangkan kebijakan yang dapat meningkatkan daur ulang, memperbaiki kondisi kerja, dan meningkatkan efisiensi sektor informal.

2.3 Emisi dari Aktivitas Pengumpulan Limbah Elektronik

Emisi gas rumah kaca pada pengangkutan limbah elektronik dapat terjadi karena berbagai alasan. Salah satu penyebab utamanya adalah penggunaan kendaraan bermotor selama proses pengangkutan. Kendaraan ini, terutama jika menggunakan bahan bakar fosil seperti bensin atau diesel, menghasilkan gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO_2), dinitrogen oksida (N_2O), dan uap air. Emisi ini terjadi saat kendaraan beroperasi, baik dalam perjalanan langsung dari lokasi pengumpulan ke fasilitas pengepul, maupun dalam pengangkutan jarak jauh jika limbah elektronik diangkut antar wilayah.

Emisi gas dari kendaraan bermotor telah terbukti sebagai sumber utama polusi udara, terutama karbon monoksida. Sekitar 50% pencemaran udara di daerah perkotaan disebabkan oleh pabrik dan sektor transportasi yang masih menggunakan bahan bakar yang kurang ramah lingkungan. Polusi udara akibat emisi gas buang ini meningkat secara signifikan seiring dengan pertumbuhan populasi dan peningkatan aktivitas industri serta transportasi (Susilo, 2018).

2.4 IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*)

Tiga sektor utama yang diidentifikasi oleh IPCC sebagai kontributor utama terhadap peningkatan emisi gas karbon dioksida adalah sektor transportasi, sektor penyediaan energi, dan sektor industri. Gas CO_2 adalah penyumbang terbesar dalam peningkatan emisi gas rumah kaca, dan sebagian besar gas ini dihasilkan dari sektor transportasi. Untuk perhitungan emisi, dua jenis data utama diperlukan oleh IPCC 2006: data kegiatan dan data faktor emisi atau serapan. Dalam sektor energi, konsumsi bahan bakar dicakup dalam data aktivitas, sementara faktor emisi adalah massa CO2 yang dipancarkan per unit bahan bakar yang digunakan (IPCC, IPCC Guidelines For National Greenhouse Gas Inventories., 2006).

Terdapat tiga tingkat metodologi dalam perhitungan emisi gas rumah kaca dari pembakaran stasioner, yaitu Tier-1, Tier-2, dan Tier-3, yang didasarkan pada

data penggunaan bahan bakar dan faktor emisi untuk jenis bahan bakar tertentu. (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

Tabel 2. 2 Tier Metodologi Perhitungan GRK

Tier	Data Aktivitas	Faktor Emisi
Tier – 1	Konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis bahan bakar	Faktor emisi berdasarkan jenis bahan bakar
Tier – 2	Konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis bahan bakar	Faktor emisi Indonesia berdasarkan jenis bahan bakar
Tier – 3	Konsumsi bahan bakar berdasarkan teknologi pembakaran	Faktor emisi teknologi tertentu berdasarkan jenis bahan bakar

Sumber: KLH (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

a. Tier – 1

Dalam perhitungan emisi gas rumah kaca, penggunaan *Tier* mempengaruhi akurasi nilai emisi yang dihasilkan. Pada *Tier* 1, perhitungan emisi dilakukan dengan menggunakan data *default* yang telah dikembangkan oleh IPCC dan dapat digunakan secara luas. Penggunaan *Tier* 1 pada dasarnya dikhususkan bagi negara – negara berkembang yang belum memiliki data lokal sebagai data pendukung dalam perhitungan emisi sehingga membutuhkan data yang sudah tersedia dan telah dikembangkan oleh IPCC.

Tabel 2. 3 Rumus Tier - 1

Persamaan 1:

$$Emisi = \sum_{a} [Bahan\ bakar_a \times FE_a]$$

Keterangan :

Emisi = Emisi (Kg)

$Bahan\ bakar_a = Bakar\ dikonsumsi$ (L)

$FE_a = Faktor\ Emisi$ (Kg/TJ)

a = Jenis bahan bakar

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

b. Tier – 2

Berbeda dengan *Tier* 1, perhitungan emisi menggunakan *Tier* 2 mampu menghasilkan nilai emisi yang lebih akurat karena dalam tahap perhitungan menggunakan data pendukung yang sudah dikembangkan oleh suatu negara (*country – specific data*). Pada umumnya, *Tier* 2 digunakan oleh negara – negara maju (*Annex Country*) atau setidaknya negara berkembang yang sudah memiliki beberapa data pendukung lokal. Di Indonesia sendiri sudah terdapat pengembangan data pendukung lokal yaitu faktor emisi gas CO_2 dan nilai kalor bahan bakar lokal sehingga dalam tahap inventarisasi emisi CO_2 dapat dilakukan dengan menggunakan *Tier* 2 dan dikombinasikan dengan *Tier* 1 untuk gas CH_4 dan N_2O

Tabel 2. 4 Rumus Tier - 2

Persamaan 2: $$Emisi = \sum_{a\ b} [Bahan\ bakar_{a\ b} \times FE_{a\ b}]$$
Keterangan : Emisi = Emisi (Kg) $Bahan\ bakar_{a\ b} = Bakar\ dikonsumsi$ (L) $FE_{a\ b} = Faktor\ Emisi$ (Kg/TJ) a = Jenis bahan bakar b = Jenis Kendaraan
Sumber: (IPCC, (Intergovermental Panel on Climate Change) Guideline for National Greenhouse Gas Inventories , 2006)

c. Tier – 3

Pada Tier – 3 persamaan yang digunakan untuk estimasi emisi gas rumah kaca mirip dengan persamaan pada Tier – 1 maupun Tier – 2 namun pada Tier – 3 konsumsi bahan bakar dan emisi faktor yang digunakan dipilah – pilah menurut teknologi pembakaran bahan bakar. Perhitungan emisi gas rumah kaca Tier – 3 berdasarkan teknologi pembakaran. Apabila

banyaknya bahan bakar yang di bakar oleh suatu jenis teknologi tertentu tidak diketahui secara langsung maka dapat digunakan model perkiraan bersadarkan penetrasi teknologi.

Tabel 2. 5 Rumus Tier - 3

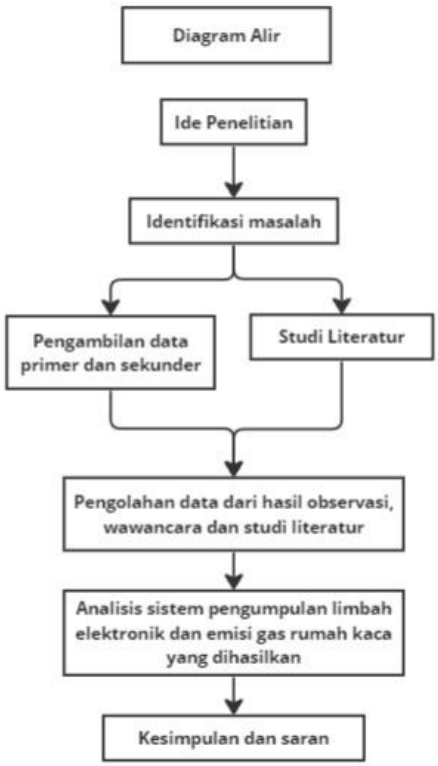
Persamaan 3: $$Emisi = \sum_{a\,b\,c} [Bahan\,bakar_{a\,b\,c} \times FE_{a\,b\,c}]$$
Keterangan : Emisi = Emisi (Kg) $Bahan\,bakar_a = Bakar\,dikonsumsi$ (L) $FE_a = Faktor\,Emisi$ (Kg/TJ) a = Jenis bahan bakar b = Jenis Kendaraan c = Teknologi Pengendalian Emisi
Sumber: (IPCC, (Intergovermental Panel on Climate Change) Guideline for National Greenhouse Gas Inventories , 2006)

Secara umum, penggunaan metode Tier yang lebih tinggi meningkatkan akurasi perhitungan dan mengurangi ketidakpastian, tetapi juga memerlukan lebih banyak sumber daya untuk melakukan inventarisasi. Untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya, kombinasi metode Tier dapat diterapkan. Misalnya, Tier-2 dapat digunakan untuk perhitungan emisi dari biomassa, sementara Tier-1 dapat digunakan untuk emisi dari karbon tanah. Pendekatan kombinasi ini memungkinkan penyesuaian antara akurasi yang diperlukan dan ketersediaan sumber daya (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Diagram alir berikut menunjukkan langkah-langkah yang diambil untuk mendukung proses penelitian, sehingga penelitian dapat dilakukan dengan lebih terarah dan sistematis.

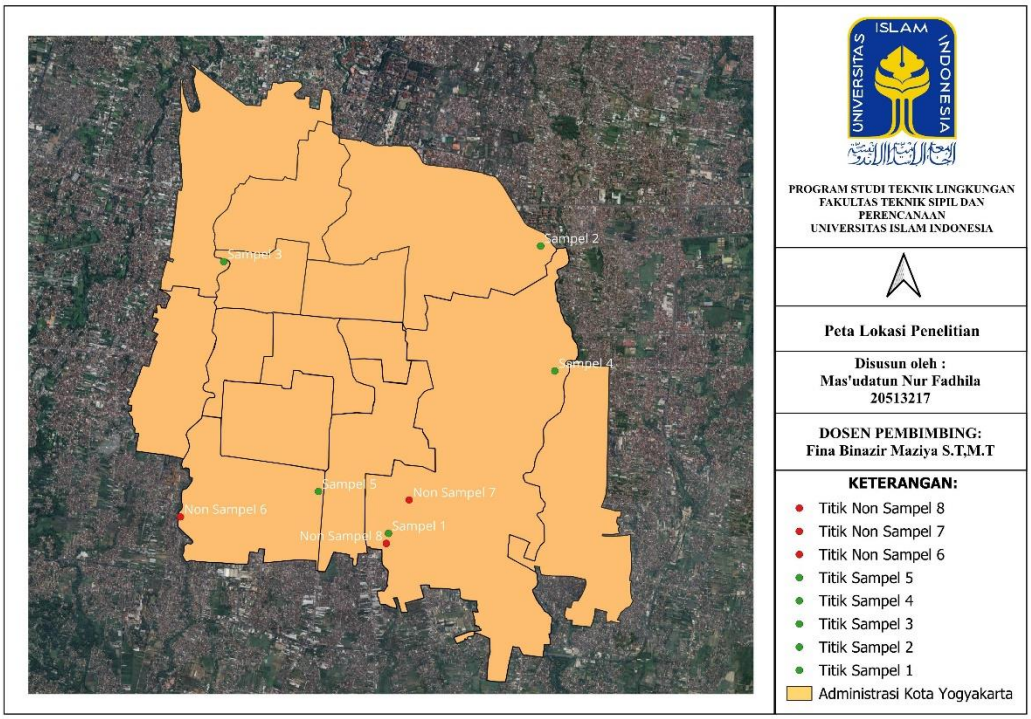


Gambar 3. 1 Diagram alir

3.2 Lokasi Penelitian

Pada tahap pengambilan data ini akan dilakukan di tempat pengepulan barang bekas elektronik di sekitar Kota Yogyakarta. Kota Yogyakarta memiliki luas sekitar 32,5 km², yang merupakan 1,02% dari total luas Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Secara administratif, Kota Yogyakarta terbagi menjadi 14 kecamatan dan 45 kelurahan.

Kota Yogyakarta merupakan Ibukota Provinsi, hal ini dapat mempengaruhi gaya hidup masyarakat, di mana tinggal di kawasan perkotaan dapat meningkatkan minat terhadap penggunaan barang elektronik. Faktor ini juga didukung oleh sektor pendidikan yang memiliki 51 perguruan tinggi, serta sektor perdagangan dan permukiman di Kota Yogyakarta.



Gambar 3. 2 Peta Sebaran Lokasi Penelitian

Pemilihan pengepul barang bekas menggunakan metode *snowball sampling*. Jumlah tersebut dijadikan acuan sebagai representatif dari keseluruhan pengepul barang bekas di Kota Yogyakarta guna mengetahui emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas pengangkutan.

Tabel 3. 1 Lokasi Penelitian Pengepul di Kota Yogyakarta

No	Nama Pengepul	Alamat	Titik Koordinat
1.	Pandu Barkas	Kelurahan Sorosutan, Kecamatan Umbulharjo, Kota Yogyakarta, DIY	7°49'20.6"S 110°22'33.4"E
2.	Barkas Elektronika	Jln. Timoho, Demangan, Kec. Gondokusuman, Kota Yogyakarta, DIY	7°47'16.8"S 110°23'38.4"E
3.	Barkas Maju	Jln. Pembela Tanah Air, Kec Tegalrejo, Kota Yogyakarta, DIY	7°47'24.3"S 110°21'19.9"E
4.	Jual Beli Elektronik dan Mebel Jogja	Jln. Muja Muju, Kec. Umbulharjo, Kota Yogyakarta, DIY	7°48'10.7"S 110°23'44.2"E
5.	Barkas Pak Rifa'i	Jln. Parangtritis, Mantrijeron, Kec. Mantrijeron, Kota Yogyakarta, DIY	7°49'33.9"S 110°21'30.2"E
6	Rosok Ragil Kang Wasono	Jln. Dukuh, Gedongkiwo, Kecamatan Mantrijeron, Kota Yogyakarta, DIY	7°49'13.3"S 110°21'04.1"E

7	Rosok Bang Giman	Jln. Sorosutan No.12, Sorosutan, Kecamatan Umbulharjo, Kota Yogyakarta, DIY	7°49'06.5"S 110°22'42.0"E
8	Barkas Lestari	Gg. Sawo I, Sorosutan, Kecamatan Umbulharjo, Kota Yogyakarta, DIY	7°49'24.7"S 110°22'31.4"E

3.3 Prosedur Analisis Data

3.3.1 Metode Pengumpulan data

Data dikumpulkan untuk mendapatkan informasi yang diperlukan guna mencapai tujuan penelitian. Data yang mendukung penyusunan laporan ini terdiri dari dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder :

1. Data Primer

   Data primer merupakan data yang didapatkan berdasarkan riset peneliti. Dalam penelitian ini, data primer didapat dari kuisioner dan wawancara dengan pihak pengepul maupun pekerja di tempat pengepulan tersebut, riset melalui internet, serta metode *snowball sampling*. Berikut merupakan uraian dari pengambilan data primer:

   a) Observasi lapangan

   Observasi lapangan pada dasarnya bertujuan untuk mengetahui kondisi eksisting dari beberapa aspek pada tempat pengepul barang bekas seperti data kegiatan di lapangan dan harga bahan bakar kendaraan pengangkut.

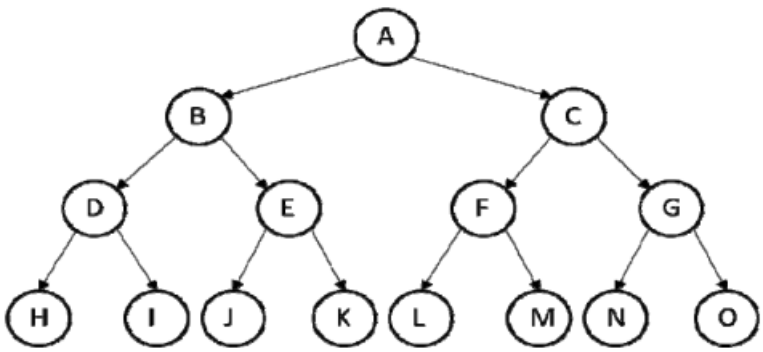
   b) Wawancara

   Wawancara merupakan suatu rangkaian tanya jawab dengan pihak pengelola tempat pengepulan yg tersebar di Kota Yogyakarta maupun pekerja di tempat pengepulan tersebut. Langkah ini dilakukan untuk mengetahui informasi yang lebih jelas mengenai tempat pengepulan. Adapun formulir wawancara terdapat pada **Lampiran 1**.

Data yang ditampilkan akan dijelaskan secara deskriptif berdasarkan hasil wawancara. Setelah data diproses dan disajikan dalam bentuk narasi dan penjabaran, tahap selanjutnya yang penulis lakukan adalah menganalisis data tersebut sehingga diperoleh hasil yang relevan dari setiap data yang diungkap dalam penelitian ini. Penulis menggunakan metode analisis kualitatif deskriptif, berdasarkan paparan data yang telah disajikan sebelumnya.

c) Metode S*nowball Sampling*

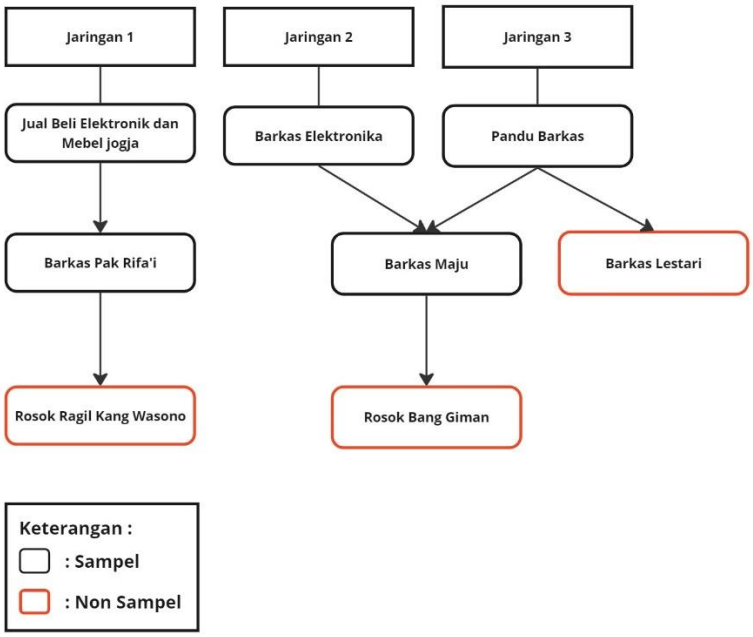
Teknik sampling snowball digunakan untuk mengidentifikasi, memilih, dan mengumpulkan sampel melalui jaringan atau rantai hubungan yang berkelanjutan. Jaringan ini digambarkan oleh peneliti menggunakan sociogram, yang terdiri dari lingkaran-lingkaran yang dihubungkan dengan garis-garis. Setiap lingkaran mewakili satu responden atau kasus, sementara garis-garis menunjukkan hubungan antara responden atau kasus (Neuman, 2003). Metode lain menjelaskan bahwa teknik sampling snowball adalah metode di mana sampel diperoleh melalui proses berantai dari satu responden ke responden berikutnya.



Gambar 3. 3 Bagan Teknik *Sampling Snowball*

Sumber : (Nurdiani, 2014)

Gambar 3. 4 Bagan Alir Jaringan Penelitian



Pada gambar 3.4 merupakan bagan alir yang menunjukkan jaringan lokasi penelitian yang didapatkan melalui teknik *snowball sampling*. Terdapat 3 jaringan dengan 8 lokasi pengepul barang bekas, namun hanya 5 dari 8 lokasi yang dapat dijadikan sampel dalam penelitian ini. Sementara itu, 3 lokasi lainnya tidak dapat dijadikan sampel karena menolak untuk diwawancarai dan tidak menerima banyak limbah elektronik dalam aktivitas pengumpulannya (hanya menerima sampah plastik, kertas, besi, dan lainnya).

Teknik *snowball sampling* memiliki keunggulan, yaitu mampu mengidentifikasi responden yang tersembunyi atau sulit ditemukan, serta dapat mengungkapkan isu-isu spesifik atau tabu dalam masyarakat. Namun, metode ini juga memiliki kelemahan, salah satunya adalah membutuhkan waktu pelaksanaan yang lebih lama.

Adapun berikut ini merupakan data primer yang akan digunakan dalam penelitian ini :

a) Sistem pengumpulan limbah elektronik dari sumber
b) Jarak dan waktu tempuh pengangkutan limbah elektronik
c) Bahan bakar kendaraan

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan informasi yang telah tersedia dan digunakan untuk melengkapi kebutuhan data penelitian. Data ini mencakup informasi dari sumber-sumber yang sudah ada sebelumnya, seperti dokumen penting, situs web, buku, dan hasil studi literatur. Informasi terkait pengangkutan limbah barang bekas, pemanasan global, dan emisi gas rumah kaca diperoleh melalui studi literatur.

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

a) Wilayah administrasi Kota Yogyakarta melalui Badan Pusat Statistik
b) Data metode estimasi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) menggunakan acuan IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) 2006 *Guideline for National Greenhouse Gas Investories* (2006).
c) Data faktor emisi lokal bahan bakar kendaraan menggunakan acuan Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

3.4 Prosedur Analisis Data

Dalam penelitian ini, wawancara digunakan sebagai metode untuk mengumpulkan data secara kualitatif terkait dengan kegiatan teknis operasional dan teknis pengangkutan dalam aktivitas ini. Wawancara memberikan kesempatan untuk berinteraksi langsung dengan para pekerja. Infomasi yang diperoleh dari wawancara dapat mencakup aspek – aspek seperti rute pengangkutan, metode transportasi yang digunakan dan bahan bakar kendaraan yang digunakan untuk proses pengepulan tersebut.

Setelah data kualitatif terkumpul melalui wawancara, perhitungan estimasi terhadap jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dilakukan dengan mengikuti pedoman yang telah ditetapkan. Salah satu pedoman yang relevan dalam hal ini adalah *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (Panduan untuk Inventaris Gas Rumah Kaca Nasional) yang mana pedoman ini menyediakan kerangka kerja metodologis yang terperinci untuk menghitung emisi gas rumah

kaca dari berbagai sumber, termasuk kegiatan transportasi. Panduan ini mencangkup berbagai aspek teknik, seperti jenis data yang diperlukan, metode perhitungan dan faktor emisi yang di gunakan.

Dalam penelitian ini, perhitungan emisi CO_2 dapat menggunakan *Tier* 1 (Perhitungan Persamaan 1), yaitu dengan menggunakan data faktor emisi *default* pada IPCC. Sedangkan *Tier 2* (Perhitungan Persamaan 2) dengan menggunakan data faktor emisi spesifik negara (*country- spesific*). Berbeda halnya dengan CH_4 dan N_2O, perhitungan emisi dari kedua jenis gas ini hanya dapat dilakukan dengan menggunakan *Tier 1* karena di Indonesia sendiri belum terdapat pengembangan faktor emisi dan nilai kalor dari kedua gas tersebut sehingga untuk perhitungan emisi tersebut hanya bisa dilakukan menggunakan faktor emisi dan nilai kalor *default* pada IPCC.

Analisa data dilakukan berdasarkan data yang di kumpulkan, data tersebut akan dimasukan kedalam perhitungan yang mengacu pada Pendoman Penyelenggara Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional dari Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui jumlah emisi yang dihasilkan dari komponen pengangkutan barang bekas elektronik tersebut. Konsumsi bahan bakar kemudian dikalikan dengan nilai kalor bahan bakar yang digunakan untuk menghitung konsumsi energi. Konsumsi energi ini selanjutnya dikalikan dengan faktor emisi masing-masing gas rumah kaca untuk menentukan besarnya emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. Rumus perhitungannya adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Nilai Kalor Bahan Bakar

Bahan Bakar	Nilai Kalor		Penggunaan
	IPCC	ESDM (Nasional)	
Premium*	33 x 10^{-6} TJ/Liter	44,61 TJ/Gg	Kendaraan bermotor
Solar (HSD, ADO)	36 x 10^{-6} TJ/Liter	43,27 TJ/Gg	Kendaraan bermotor, pembangkit listrik

Catatan : *) termasuk bahan bakar jenis *Perta Series*
HSD: High Speed Diesel
ADO: Automotive Diesel Oil

Sumber:

- KLH, Buku II. Volume 1 (2012)
- Faktor Emisi Bahan Bakar Minyak dan Batubara Kementerian ESDM

Di Indonesia sendiri bahan bakar kendaraan di pertanggungjawabkan oleh PT Pertamina (PERSERO). Produksi bahan bakar minyak oleh Pertamina sendiri di klasifikasikan menjadi 2 jenis yaitu *Dex Series* (Dexlite dan Pertamina Dex) serta *Perta Series* (Pertamax dan Pertamax Turbo). Sehingga nilai kalor dan faktor emisi semua jenis bahan bakar *Perta Series* memiliki nilai yang sama.

Untuk mempermudah perhitungan konsumsi energi, maka dibutuhkan tahap konversi satuan TJ/Gg ke TJ/Liter. Hal ini dikarenakan dalam penelitian ini akan menggunakan 2 macam nilai kalor yaitu nilai kalor dari IPCC dan juga nilai kalor dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). Dengan mengubah satuan energi dari TJ/Gg ke TJ/Liter melibatkan beberapa aspek teknis, termasuk penggunaan data densitas atau massa jenis bahan bakar. Berdasarkan spesifikasi produk bahan bakar minyak PT Pertamina diketahui bahwa densitas atau massa jenis bahan bakar jenis Perta Series bernilai 715 Kg/m^3 atau setara dengan 0,71 Kg/L. Berikut perhitungan konversi satuan TJ/Gg ke TJ/Liter:

- 1 Gigagram = 1.000.000 Kg
- Volume (L) = 1.000.000 Kg/ Nilai densitas
  = 1.000.000 Kg/0.74
  = 1.408.450,7 L
- Konversi (TJ/L) = Nilai Kalor (TJ/Gg)/Volume
  = 44,61 (TJ/Gg)/1.408.450,7 L
  = 32 x 10^{-6} TJ/L

Tabel 3. 3 Faktor Emisi Penggunaan Kendaraan

Jenis Bahan Bakar	Faktor Emisi (Kg/TJ)			
	CO_2		CH_4	N_2O
	IPCC	ESDM	IPCC	IPCC
Motor Gasoline	69.300	72.600	33	3,2

Sumber:

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

Tabel 3. 4 Rumus Perhitungan Konsumsi Energi Gas Rumah Kaca

Rumus Konsumsi Energi	
Konsumsi Energi (TJ) : Konsumsi BBM (L) x Nilai Kalor (TJ/L)	
Keterangan:	
Konsumsi Energi	: Bahan bakar dikonsumsi
Faktor Emisi	: Faktor emisi CO_2 menurut jenis bahan bakar
Nilai Kalor	: Nilai kalor berdasarkan jenis bahan bakar

Tabel 3. 5 Rumus Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca

Rumus Emisi	
Emisi (KG/Tahun) : Konsumsi Energi (TJ/Tahun) x Faktor $Emisi_a$ (KG/TJ)	
Keterangan:	
Emisi	: Emisi gas rumah kaca
Konsumsi Energi	: Konsumsi energi
Faktor Emisi	: faktor emisi gas
a	: Jenis bahan bakar

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Pada tahap pengambilan data ini akan dilakukan di tempat pengepulan barang bekas elektronik di sekitar Kota Yogyakarta. Kota Yogyakarta memiliki luas sekitar 32,81 Km^2 atau 1,02% dari luas wilayah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Penelitian ini dilakukan pada 5 lokasi barang bekas di Kota Yogyakarta yaitu Barkas yang berada di Sokowaten, Barkas yang berada di Sorosutan, Barkas yang berada di Demangan, Barkas yang berada di Kecamatan Umbulharjo, dan yang terakhir Barkas yang berada di Kecamatan Tegalrejo.

Pada 5 lokasi penelitian, didapati bahwa di Kota Yogyakarta tidak terdapat banyak lokasi pengepul barang elektronik. Hal ini dikarenakan Kota Yogyakarta merupakan kota dengan tingkat kependudukan serta intensitas wisatawan yang cukup tinggi sehingga keberadaan lokasi pengepul barang elektronik tidak banyak dan cukup tersebar luas di wilayah Kota Yogyakarta. Berdasarkan hasil survey lokasi dengan melakukan pendataan lokasi pengepulan melalui *Google Maps* dan menyusuri Kota Yogyakarta juga didapati bahwa keberadaan pengepul barang elektronik tidak merata dan hanya ada di wilayah tepi Kota Yogyakarta. Hal ini dikarenakan pada beberapa kecamatan di Kota Yogyakarta merupakan pusat Kota Yogyakarta.

Pengambilan data dilakukan dengan wawancara tertulis dan pengamatan terhadap masing – masing tempat pengepulan. Data yang diperoleh dari tempat pengepulan tersebut berupa sistem pengumpulan limbah elektronik, bahan bakar kendaraan yang digunakan, jarak dan waktu tempuh pengumpulan limbah elektronik.

Keberadaan para pengepul limbah elektronik tentunya dapat mengurangi potensi limbah elektronik bekas yang dibuang begitu saja dan dapat menghasilkan berbagaimacam permasalahan. Terdapat beberapa pengepul barang elektronik bekas yang hanya melakukan pengumpulan, kemudian barang elektronik dengan

kondisi rusak total tersebut akan dibongkar untuk mendapatkan beberapa komponen mekanis yang masih bisa digunakan kembali. Beberapa komponen mekanis yang diperoleh yaitu seperti komponen logam, kompresor mesin pendingin, layar, kabel, dan lainnya. Komponen mekanik tersebut kemudian akan dijual secara terpisah (per – kilogram) kepada pengepul lain yang membutuhkan komponen tersebut maupun tempat reparasi barang elektronik. Berdasarkan hasil wawancara kepada para pelaku aktivitas pengepulan barang elektronik bekas ini juga didapati bahwa mereka harus memiliki relasi yang cukup kuat untuk memaksimalkan proses penjualan barang elektronik bekas maupun komponen mekanis kembali.

Berbeda halnya dengan barang elektronik yang masih sangat layak digunakan dan barang elektronik yang rusak namun masih bisa diperbaiki. Barang elektronik dengan kondisi berikut bisa langsung dijual kembali maupun di perbaiki terlebih dahulu untuk meningkatkan daya dan nilai jual barang elektronik bekas. Teknis operasi pada aktivitas pengepulan limbah elektronik tersebut pada dasarnya bertujuan untuk memaksimalkan nilai jual dari limbah elektronik yang mereka peroleh.

4.2 Kondisi Eksisting Sistem Pengumpulan Limbah Elektronik Pada Sektor Informal

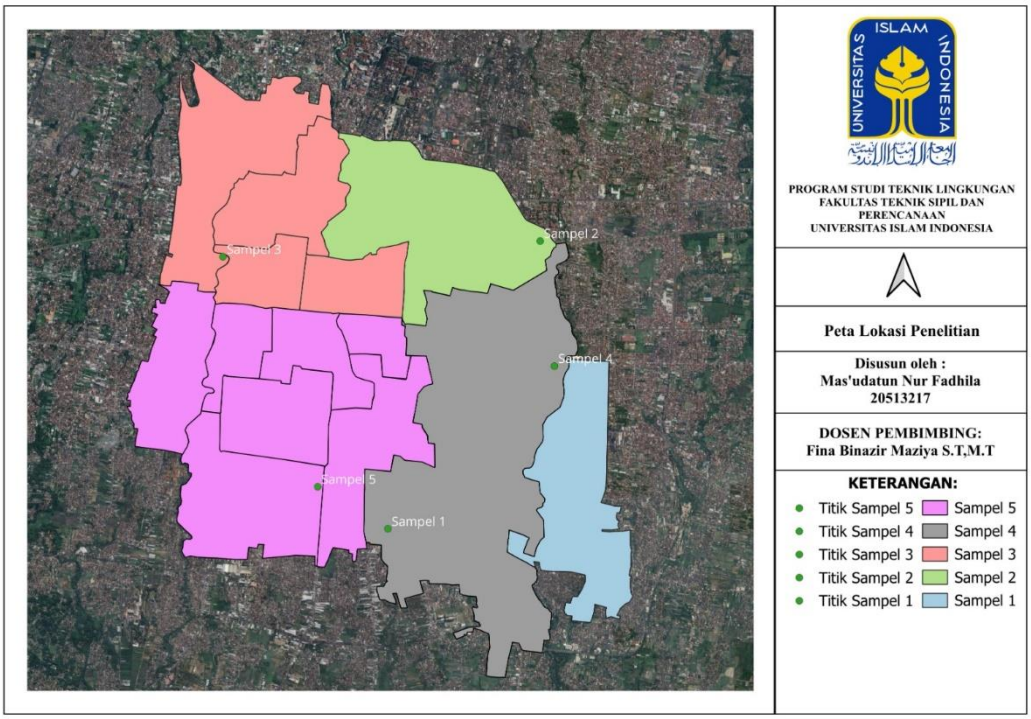
Perkembangan dan peningkatan jumlah penduduk yang berkelanjutan memiliki dampak signifikan terhadap aspek kehidupan, termasuk masalah yang muncul di sektor sampah. Salah satunya yaitu timbulan limbah elektronik. Di Kota Yogyakarta limbah elektronik yang berasal dari rumah tangga, sekolah, kantor, dan lain lain yang umumnya dialihkan ke para pekerja di sektor informal seperti pengepul barang elektronik bekas. Hal ini dikarenakan dalam kegiatan transaksi barang elektronik bekas terdapat simbiosis yang saling menguntungkan dari aspek ekonomi bagi masyarakat maupun pihak pengepul.

Setelah melakukan sesi wawancara kepada para pihak pengepul limbah elektronik, aktivitas pengumpulan limbah elektronik tersebut dilakukan dengan menggunakan berbagaimacam moda transportasi. Hal ini dikarenakan Kota

Yogyakarta memiliki wilayah yang cukup luas dan juga terdapat beberapa limbah elektronik yang berukuran besar seperti kulkas dan mesin cuci. Dengan adanya penggunaan kendaraan bermotor tersebut mampu meningkatkan efektivitas dari aktivitas pengumpulan tersebut. Hal ini disebabkan karena hampir setiap hari para pengepul tersebut melakukan aktivitas pengumpulan limbah elektronik. Adapun berikut ini merupakan data aktivitas pengepul limbah elektronik di 5 lokasi penelitian:

Tabel 4. 1 Profil Lokasi Penelitian Pengepul di Kota Yogyakarta

Nomor	Pengepul 1	Pengepul 2	Pengepul 3	Pengepul 4	Pengepul 5
Nama Pengepul	Pandu Barkas	Barkas Elektronika	Barkas Maju	Jual Beli Elektronik dan Mebel Jogja	Barkas Pak Rifa'i
Alamat	Jln. Plumpung Rejo, Kelurahan Sorosutan, Kecamatan Umbulharjo	Jln. Timoho, Kelurahan Demangan, Kecamatan Gondokusuman	Jln. Pembela Tanah Air, Kec Tegalrejo,	Jln. Muja Muju, Kec. Umbulharjo,	Jln. Parangtritis, Mantrijeron, Kec. Mantrijeron,
Jadwal Operasional	Senin – Sabtu (09.00 – 15.00)	Senin – Sabtu (09.00 – 17.00)	Senin – Sabtu (09.00 – 17.00)	Senin – Sabtu (09.00 – 17.00)	Senin – Sabtu (07.00 – 17.00)
Jenis Barang Rosok Dominan	Televisi, Kulkas, Remot	*Air Conditioner*, Kipas angin, Penanak nasi,	*Air Conditioner*, Kipas angin,	Televisi, Kulkas	Televisi, *Freezer*
Sistem Pengumpulan	*Door to door*	*Door to door*, *drop off* dan panggilan	*Door to door*, *drop off* dan panggilan	Panggilan	*Door to door* dan panggilan
Wilayah Pelayanan	Kecamatan Umbulharjo, Kecamatan Megangsan, Kecamatan Kota Gede.	Kecamatan Gondokusuman	Kecamatan Tegalrejo, Kecamatan Jetis, Kecamatan Danurejan dan Kecamatan Gedongtengen	Kecamatan Umbulharjo	Kecamatan Wirobrajan, Kecamatan Ngampilan, Kecamatan Kraton, Kecamatan Gondomanan, Kecamatan Mergangsan, Kecamatan Mantrijeron dan Kecamatan Mangkualam



Gambar 4. 1 Wilayah Pelayanan Aktivitas Pengumpulan oleh Sektor Informal

Tabel 4. 2 Presentase Wilayah Terlayani Aktivitas Pengumpulan

Luas Kota Yogyakarta (Km2)	32.8191		
Kecamatan	Luas Area	Persentase	Wilayah Terlayani
	(km2)	(%)	(%)
Mantrijeron	2,67	8%	8%
Kraton	1,37	4%	4%
Mergangsan	2,29	7%	7%
Umbulharjo	8,32	25%	25%
Kotagede	2,98	9%	9%
Godokusuman	3,98	12%	12%
Danurejan	1,10	3%	3%
Pakualaman	0,64	2%	2%
Gondomanan	1,14	3%	3%
Ngampilan	0,84	3%	3%
Wirobrajan	1,77	5%	5%
Gedongtengen	0,98	3%	3%
Jetis	1,72	5%	5%
Tegalrejo	2,96	9%	9%
Total	32,81	100%	100%

Berdasarkan pada gambar 4.1 dan tabel 4.2, didapati bahwa seluruh kecamatan di Kota Yogyakarta telah terlayani 100% oleh 5 pengepul, yaitu seluas 32,81 km_2 wilayah terlayani. Hal ini dikarenakan pada 5 pengepul tidak setiap hari melakukan aktivitas pengumpulan di wilayah yang sama, sehingga memungkinkan dalam 1 bulan pada 5 pengepul tersebut mampu melakukan aktivitas pengumpulan pada seluruh kecamatan di Kota Yogyakarta.

Pada 5 pengepul yang dijadikan lokasi penelitian, aktivitas operasional yang menimbulkan gas rumah kaca yang dilakukan umumnya dimulai dari kegiatan pengumpulan. Dari hasil wawancara, kegiatan pengumpulan sendiri terdapat 3 sistem, yaitu *door to door*, *drop off* dan panggilan oleh konsumen. Sistem *door to door* yang dimaksud merupakan kegiatan keliling yang dilakukan pengepul secara rutin dengan menggunakan kendaraan pengangkut yaitu gerobak, motor roda 3 (dengan bak terbuka), motor yang dilengkapi dengan gerobak dan mobil bak terbuka. Namun, tak jarang juga pengepul mendapatkan panggilan dari konsumen untuk mengambil barang elektronik bekas. Kegiatan pengumpulan dengan menggunakan kendaraan bermotor tentunya dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca karena adanya konsumsi bahan bakar yang digunakan.

Pengepul 5 menjadi tempat pengepul dengan kendaraan pengangkut terbanyak yaitu dengan menggunakan 8 kendaraan motor, untuk tiap kendaraan motor ini mempunyai rute dan jarak yang beragam. Pengepul 5 dan pengepul 2 menjadi tempat pengepul dengan cakupan wilayah pelayanan yang luas yaitu 30 – 40 km. Jarak yang ditempuh oleh jumlah kendaraan ini sebanding dengan jumlah konsumsi bahan bakar yang digunakan. Besarnya emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dipengaruhi oleh konsumsi bahan bakar. Semakin besar kebutuhan konsumsi bahan bakar, semakin tinggi pula emisi gas rumah kaca yang dihasilkan.

Tabel 4. 3 Konsumsi Bahan Bakar Pengumpulan

Nama Pengepul	Jumlah kendaraan	Konsumsi bahan bakar (Liter/minggu)
Pengepul 1	1 tosa	5 - 10 liter/minggu

Pengepul 2	1 *pick up*	5 – 10 Liter/minggu
	1 Motor Bak Terbuka	7 Liter/Minggu
Pengepul 3	1 tosa	5 – 10 liter/minggu
Pengepul 4	1 *Pick up*	10-15 Liter/minggu
Pengepul 5	4 Gerobak	-
	8 Motor dengan gerobak	8 Liter/Minggu / motor

4.3 Potensi Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengangkutan

Potensi untuk menghasilkan emisi gas rumah kaca yang signifikan dimiliki oleh aktivitas pengangkutan limbah elektronik. Hal ini terutama disebabkan oleh penggunaan kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil sebagai sumber energi. Bahan bakar seperti bensin, yang mengandung hidrokarbon, dibakar dalam mesin kendaraan, dan proses pembakaran ini menghasilkan emisi gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dan dinitrogen oksida (N_2O). Emisi ini timbul karena pembakaran yang tidak sempurna, di mana mesin tidak berfungsi secara optimal dan energi dari bahan bakar tidak sepenuhnya dikonversi menjadi tenaga, melainkan dilepaskan sebagai emisi. Penting untuk diingat bahwa aktivitas pengangkutan limbah elektronik yang intensif, seperti yang diamati di lokasi-lokasi pengepulan dengan pengeluaran tinggi, dapat meningkatkan potensi emisi gas rumah kaca secara keseluruhan.

Emisi gas rumah kaca pada proses pengumpulan dihitung berdasarkan metode IPCC, dimana jumlah bahan bakar menjadi awal variabel penting di perhitungan ini. Dari lima lokasi pengepulan yang dijadikan tempat penelitian untuk aktivitas pengumpulannya beragam dari segi intensitasnya menyesuikan waktu operasional dan fasilitas dari tiap tempat pengepulan.

4.3.1 Konsumsi Energi Kendaraan dari Aktivitas Pengangkutan Limbah Elektronik

Sistem pengumpulan limbah elektronik di Kota Yogyakarta pada dasarnya dilakukan menggunakan kendaraan bermotor. Tidak seperti kendaraan pengangkut sampah yang dimiliki Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta, kendaraan pengangkut limbah elektronik para pengepul menggunakan kendaraan pribadi. Hal ini disebabkan oleh bisnis pengepul limbah elektronik tersebut merupakan bisnis milik pribadi dan tentunya dengan modal pribadi juga. Kegiatan pengumpulan limbah elektronik oleh para pengepul tidak terlepas dari penggunaan bahan bakar untuk menunjang aktivitas pengumpulan tersebut.

Setelah melakukan sesi wawancara didapati bahwa pada 5 lokasi penelitian menggunakan jenis kendaraan yang berbeda – beda. Terdapat pengepul yang menggunakan motor bak terbuka, mobil *pickup*, dan motor yang dilengkapi gerobak sebagai moda transportasi pengumpulan limbah elektronik dari sumber menuju lokasi pengepulan. Dalam aktivitas pengumpulan limbah elektronik ini, para pengepul menggunakan Pertalite atau RON90 sebagai jenis bahan bakar. Hal ini dikarenakan Pertalite memiliki nilai jual yang lebih murah jika dibandingkan dengan Pertamax atau RON92. Berdasarkan pada aplikasi *MyPertamina*, sejak tanggal 1 Oktober 2023 harga bahan bakar Pertalite di seluruh Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta adalah Rp 10.000/Liter. Berikut ini merupakan data konsumsi energi dari kendaraan pengangkut limbah elektronik pada 5 lokasi penelitian.

Tabel 4. 4 Konsumsi Energi Kendaraan Pengangkut Barang Elektronik Bekas

Nama Tempat	Jumlah kendaraan	Jenis Kendaraan	Konsumsi bahan bakar (Liter/Tahun)	Konsumsi Energi (TJ/Tahun)	
				IPCC	ESDM
Pengepul 1	1	Motor Bak Terbuka	365	0,0120	0,0116
Pengepul 2	1	Mobil Pick up	782	0,0258	0,0249
	1	Motor Bak Terbuka	365	0,0120	0,0116
Pengepul 3	1	Motor Bak Terbuka	365	0,0120	0,0116
Pengepul 4	1	Mobil Pick up	782	0,0258	0,0249
Pengepul 5	8	Motor dengan Gerobak	365	0,0964	0,0931

Berdasarkan tabel 4.3, didapati data konsumsi energi dari 5 lokasi penelitian. Konsumsi energi tersebut berarti jumlah energi yang dihasilkan dari kendaraan pengangkut tersebut untuk bisa beroperasi. Pada lokasi Pengepul 5 memiliki nilai konsumsi energi yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan 4 lokasi lainnya yaitu sebesar 2.920 L/Tahun. Hal ini dikarenakan pada lokasi tersebut memiliki 8 kendaraan pengangkut berupa motor yang dilengkapi dengan gerobak.

Konsumsi bahan bakar mempengaruhi jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. Semakin tinggi kebutuhan bahan bakar, semakin besar pula emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. Perhitungan untuk emisi CO_2, CH_4 dan N_2O yang berasal dari aktivitas pengumpulan mengacu pada tabel (3.4), serta nilai kalor yang terdapat pada tabel (3.2). Berikut contoh perhitungan pada pengepul 1:

Konsumsi energi (IPCC) = Konsumsi BBM (L/Tahun) x Nilai Kalor (TJ/Liter)

= 365 L/Tahun x (33×10^{-6} TJ/Liter)

= 0,0120 TJ/Tahun

Konsumsi energi (ESDM) = Konsumsi BBM (L/Tahun) x Nilai Kalor (TJ/Liter)

= 365 L/Tahun x (32×10^{-6} TJ/Liter)

= 0,0116 TJ/Tahun

4.3.2 Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Pengumpulan Limbah Elektronik

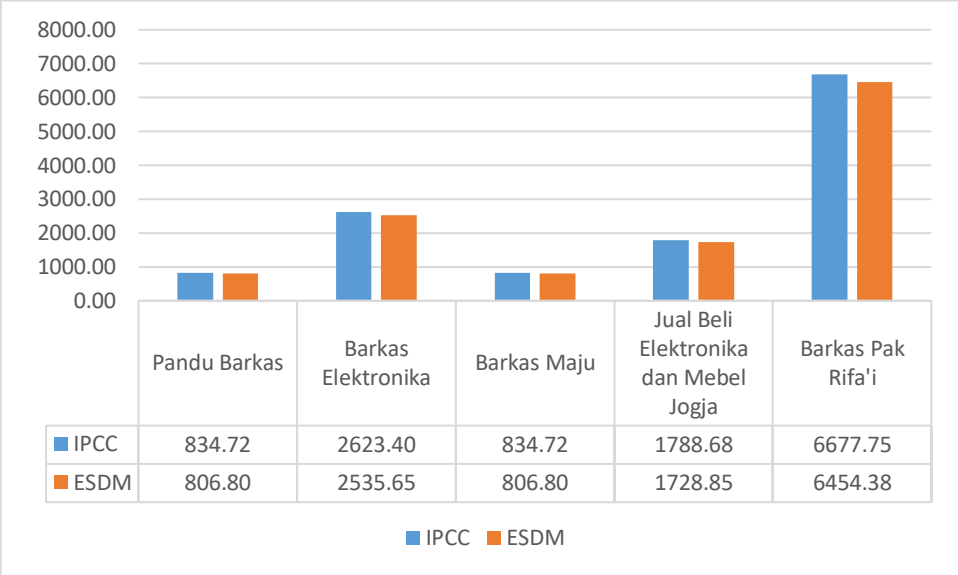
Bahan bakar menjadi salah satu aspek penting dalam kehidupan manusia. Bahan bakar tersebut dapat menjadi sumber energi yang dapat digunakan dalam berbagai jenis kegunaan, salah satunya yaitu sebagai energi untuk penggunaan kendaraan bermotor. Namun demikian, bahan bakar yang digunakan oleh kendaraan bermotor sebagai sumber energi tersebut juga menghasilkan gas buang berupa emisi CO_2, CH_4, dan N_2O yang dapat menjadi polutan bagi lingkungan. Dalam penelitian ini, dilakukan analisis terhadap data aktivitas pengumpulan serta perhitungan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh aktivitas pengumpulan limbah elektronik ini.

a. Analisis Potensi Emisi CO_2

Pada analisis emisi CO_2, faktor emisi lokal digunakan karena faktor emisi spesifik untuk parameter CO_2 telah ditetapkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), untuk penelitian ini menggunakan faktor emisi bahan bakar dari bensin RON 92 seperti terdapat pada tabel 3.3 dan dihitung menggunakan persamaan 3.5. Adapun berikut ini merupakan perhitungan emisi gas rumah kaca pada kendaraan pengangkut aktivitas pengepulan barang bekas elektronik di Kota Yogyakarta yang dihasilkan dari parameter CO_2:

Tabel 4. 5 Emisi (CO_2) pada Kendaraan Pengangkut Limbah Elektronik

Nama Tempat Pengepul	Konsumsi Energi (TJ/Tahun)		Emisi Gas Rumah Kaca CO_2 (Kg/Tahun)	
	IPCC	ESDM	IPCC	ESDM
Pengepul 1	0,0120	0,0116	834,72	806,80
Pengepul 2	0,0379	0,0366	2.623,40	2.535,65
Pengepul 3	0,0120	0,0116	834,72	806,80
Pengepul 4	0,0258	0,0249	1.788,68	1.728,85
Pengepul 5	0,0964	0,0931	6.677,75	6.454,38



Gambar 4. 2 Grafik Potensi Emisi CO_2 (Kg/Tahun)

Perhitungan emisi gas CO_2 dalam penelitian ini dilakukan menggunakan dua sumber data yang berbeda, yaitu data faktor emisi IPCC dan faktor emisi lokal. Setelah melakukan perhitungan didapati bahwa emisi gas CO_2 dari kendaraan pengangkut limbah elektronik yang paling besar terdapat pada lokasi Pengepul 5. Pada lokasi tersebut menghasilkan 6.677,75 Kg CO_2/tahun menggunakan *Tier* 1 dan 6.454,38 Kg CO_2/tahun menggunakan *Tier* 2. Emisi CO_2 yang dihasilkan pada lokasi ini sendiri diakibatkan karena memiliki 8 kendaraan pengangkut, berbeda jauh dengan jumlah kendaraan pengangkut pada lokasi lainnya.

Perbedaan nilai emisi CO_2 pada *Tier* 1 dan *Tier* 2 memiliki perbedaan yang cukup signifikan dimana *Tier* 1 menghasilkan nilai emisi yang lebih besar daripada *Tier* 2. Hal ini dikarenakan pada *Tier* 1 menggunakan faktor emisi *default* IPCC, berbeda dengan *Tier* 2 yang menggunakan faktor emisi lokal (*country specific*). Oleh karena itu, semakin tinggi *Tier* inventarisasi emisi GRK, maka semakin besar juga tingkat ketelitiannya. Adapun berikut ini merupakan contoh perhitungan emisi CO_2 pada pengepul Pengepul 1:

- Emisi CO_2 (IPCC) : Konsumsi Energi (TJ/Thn) x Faktor Emisi (kg/TJ)
  : 0,0120 (TJ/Tahun) x 69.300 (kg/TJ)
  : 834,72 (kg CO_2/Tahun)
- Emisi CO_2 (ESDM) : Konsumsi Energi (TJ/Thn) x Faktor Emisi (kg/TJ)

: 0,0116 (TJ/Tahun) x 72.600 (kg/TJ)

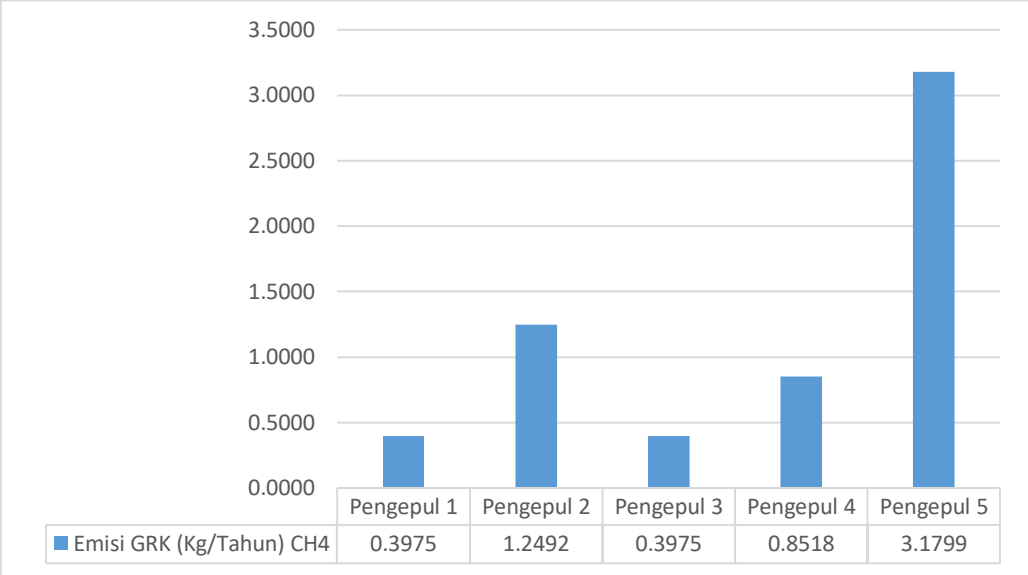
: 806,80 (kg CO_2/Tahun)

b. Analisis Potensi Emisi CH_4, dan N_2O

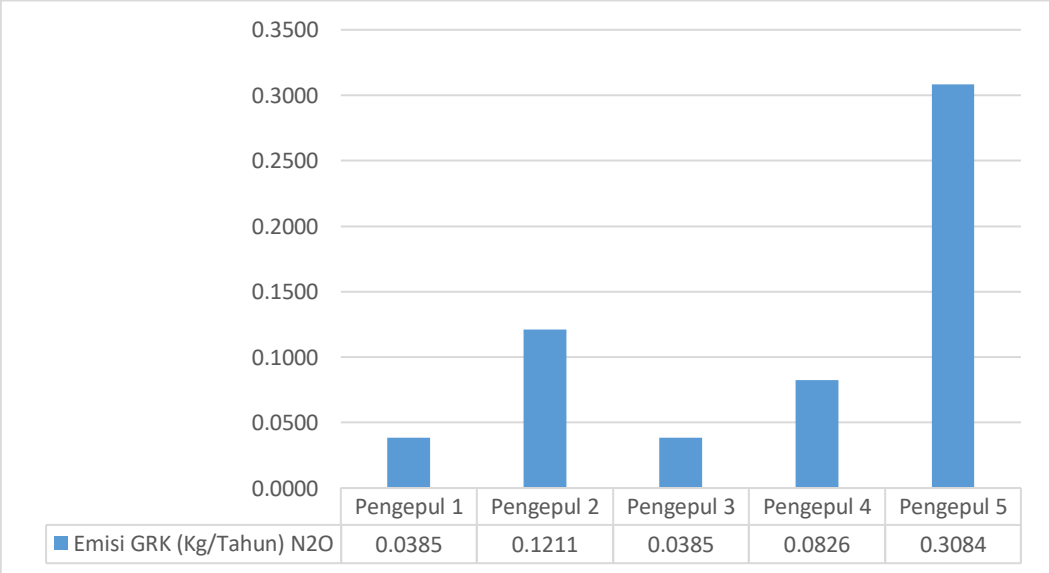
Analisis emisi CH_4 dan N_2O dilakukan dengan menggunakan perhitungan Tier-1 pada metode IPCC, karena pengembangan khusus untuk emisi gas tersebut belum tersedia di Indonesia. Oleh karena itu, estimasi emisi CH_4 dan N_2O didasarkan pada faktor emisi default IPCC yang tercantum dalam tabel 3.3 dan dihitung menggunakan persamaan 3.5. Adapun berikut ini merupakan perhitungan konsumsi energi pada kendaraan pengangkut aktivitas pengepulan barang bekas elektronik di Kota Yogyakarta Adapun berikut ini merupakan perhitungan emisi gas rumah kaca pada kendaraan pengangkut aktivitas pengepulan barang bekas elektronik di Kota Yogyakarta yang dihasilkan dari parameter CH_4 dan N_2O:

Tabel 4. 6 Emisi (CH_4 dan N_2O) pada Kendaraan Pengangkut Limbah Elektronik

Nama Tempat Pengepul	Konsumsi Energi (TJ/Tahun)	Emisi Gas Rumah Kaca CO_2 (Kg/Tahun)	
		CH_4	N_2O
Pengepul 1	0,0120	0,397	0,039
Pengepul 2	0,0379	1,25	0,12
Pengepul 3	0,0120	0,40	0,04
Pengepul 4	0,0258	0,85	0,08
Pengepul 5	0,0964	3,18	0,31



Gambar 4. 3 Grafik Potensi Emisi CH_4



Gambar 4. 4 Grafik Potensi Emisi N_2O

Berdasarkan tabel 4.5, didapati bahwa nilai emisi CH_4 dan N_2O yang paling besar dari 5 lokasi penelitian yaitu terdapat pada lokasi Pengepul 5. Pada lokasi tersebut memiliki nilai CH_4 sebesar 3,18 dan N_2O sebesar 0,31. Adapun berikut ini contoh perhitungan emisi CH_4 dan N_2O pada pengepul Pengepul 1:

- Emisi CH_4 : Konsumsi Energi (TJ/Tahun) x Faktor Emisi (kg/TJ)
  : 0,0120 (TJ/Tahun) x 33 (kg/TJ)
  : 0,397 (kg CH_4/Tahun)

- Emisi N_2O : Konsumsi Energi (TJ/Tahun) x Faktor Emisi (kg/TJ)
  : 0,0120 (TJ/Tahun) x 3,2 (kg/TJ)
  : 0,039 (kg N_2O/Tahun)

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

Global Warming Potential (GWP) diukur sebagai ukuran relatif dari jumlah panas yang terperangkap oleh gas rumah kaca. GWP dibandingkan dengan CO_2 untuk menentukan seberapa banyak panas yang dipertahankan oleh suatu gas dalam satuan massa tertentu. Dengan kata lain, GWP menunjukkan jumlah emisi CO_2 yang setara dengan satu ton dari gas rumah kaca lainnya, mengukur efek radiasi gas rumah kaca dibandingkan dengan CO_2 (IPCC, 2023). Nilai Global Warming Potential (GWP) untuk gas CO_2, CH_4, dan N_2O disajikan berdasarkan IPCC *Sixth Assessment Report* yang diterbitkan pada tahun 2023.

Tabel 4.7 Nilai *Global Warming Potential* Gas Rumah Kaca

Jenis	GWP (CO_2 (eq))
CO_2	1
CH_4	29,8
N_2O	273

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

Nilai *Global Warming Potential* (GWP) pada tabel 4.6 tersebut akan dikalikan dengan emisi gas karbondioksida, metana, dan dinitrogenoksida yang dihasilkan pada aktivitas ini sehingga dapat diketahui jumlah emisi yang dihasilkan dengan satuan massa yang setara. Berikut ini merupakan jumlah emisi total yang dihasilkan dari aktivitas pengumpulan limbah elektronik :

Tabel 4. 8 Emisi GRK dalam *Global Warming Potential* (GWP)

Nama Tempat Pengepul	*Global Warming Potential* (Kg $CO_{2(eq)}$/Tahun)			
	CO_2		CH_4	N_2O
	IPCC	ESDM		
Pengepul 1	834,72	806,80	11,845	10,523

Pengepul 2	2.623,40	2.535,65	37,227	33,071
Pengepul 3	834,72	806,80	11,85	10,52
Pengepul 4	1.788,68	1.728,85	25,38	22,55
Pengepul 5	6.677,75	6.454,38	94,76	84,18
Total Emisi	12.759,27	12.332,47	181,06	160,84

Dari ke 5 lokasi penelitian, didapati bahwa semuanya menghasilkan emisi gas rumah kaca. Emisi CH_4 yang dihasilkan yaitu sebesar 181,06 Kg $CO_{2(eq)}$/Tahun, dan emisi N_2O sebesar 169,84 Kg $CO_{2(eq)}$/Tahun. Sedangkan untuk emisi CO_2 pada aktivitas ini mampu menghasilkan emisi sebesar 12.759,27 Kg $CO_{2(eq)}$/Tahun apabila dihitung berdasarkan faktor emisi IPCC dan 12.332,47 Kg $CO_{2(eq)}$/Tahun apabila dihitung menggunakan faktor emisi lokal. Berikut merupakan contoh perhitungan GWP pada Pengepul 1;

- Emisi CO_2

  GWP (CO_2 (eq)) = Jumlah Emisi (kg/Tahun) x Nilai GWP

  = 834,72 (kg/Tahun) x 1

  = 834,72 kg $CO_{2(eq)}$/tahun

- Emisi CH_4

  GWP (CO_2 (eq)) = Jumlah Emisi (kg/Tahun) x Nilai GWP

  = 0,397 (kg/Tahun) x 29,8

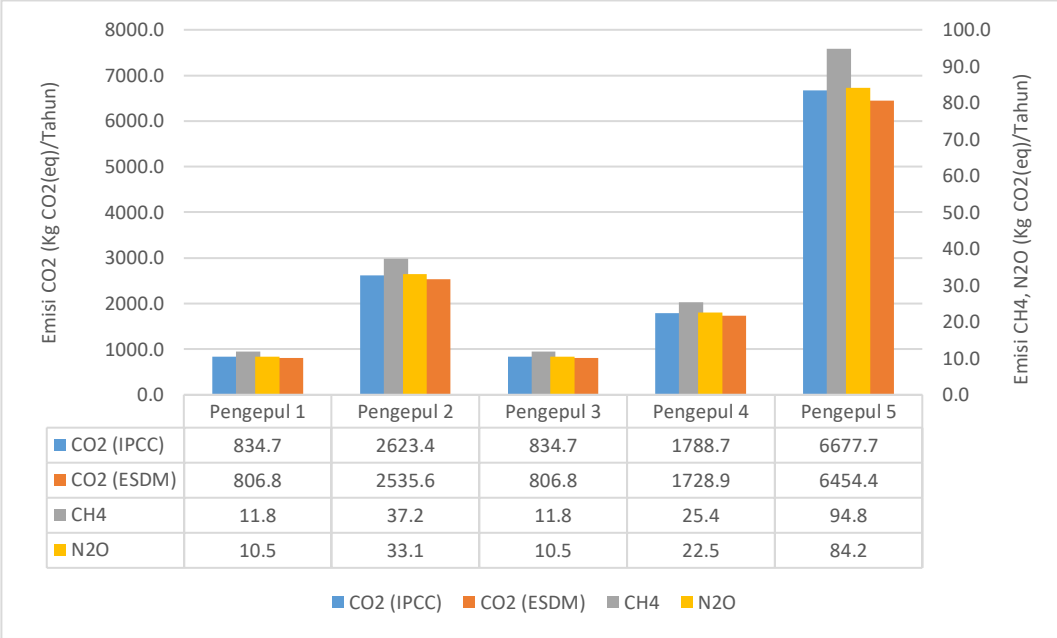
  = 11,85 kg $CO_{2(eq)}$/tahun

- Emisi N_2O

  GWP (CO_2 (eq)) = Jumlah Emisi (kg/Tahun) x Nilai GWP

  = 0,039 (kg/Tahun) x 273

  = 10,52 kg $CO_{2(eq)}$/tahun



Gambar 4. 5 Grafik Emisi CO_2, CH_4 dan N_2O (CO_2 (eq))

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Pola pengangkutan sampah elektronik di Kota Yogyakarta dari sumber menuju pengepul pada kegiatan pengumpulan terdapat 3 sistem, yaitu *door to door* (kegiatan keliling yang dilakukan pengepul secara rutin dengan menggunakan kendaraan pengangkut), *drop off* dan panggilan oleh konsumen. Kendaraan pengangkut yang digunakan yaitu gerobak, motor roda 3 (dengan bak terbuka), motor yang dilengkapi dengan gerobak dan mobil bak terbuka.
2. Total emisi yang dihasilkan dari pengangkutan sampah elektronik di Kota Yogyakarta pada 5 lokasi penelitian mampu menghasilkan emisi CH_4 sebesar 181,06 Kg $CO_{2(eq)}$/Tahun, dan emisi N_2O sebesar 169,84 Kg $CO_{2(eq)}$/Tahun. Sedangkan untuk emisi CO_2 pada aktivitas ini mampu menghasilkan emisi sebesar 12.759,27 Kg $CO_{2(eq)}$/Tahun apabila dihitung berdasarkan faktor emisi IPCC dan 12.332,47 Kg $CO_{2(eq)}$/Tahun apabila dihitung menggunakan faktor emisi lokal.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang 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. Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai inventarisasi emisi gas rumah kaca, terutama emisi dari aktivitas pengumpulan limbah elektronik yang dilakukan oleh sektor formal untuk mendapatkan perbandingan diantara kedua sektor.

DAFTAR PUSTAKA

(PERSERO), P. P. (2018). *Spesifikasi Produk BBM,BBN & LPG.* Jakarta.

Abdel-Shafy, H. I., & Mansour, M. S. (2018). Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. *Egytyan Journal of Petroleum, 27,*, 1275 - 1290.

Artiningrum, T. (2017). Potensi Emisi Metana (CH4) Dari Timbulan Sampah Kota Bandung. *Geoplanart*, 36 - 44.

Damanhuri, E., & Wahyu, I. M. (2015). Pengelolaan Sampah Terpadu.

Eisted, R., Larsen, A. W., & Christensen, T. H. (2009). Collection, transfer and transport of waste: Accounting of greenhouse gases and global warming contribution. *Waste Management & Research 27: 738–745.*

Hapsari, Chrismalia, & Wilujeng, S. A. (2010). *Studi Emisi Karbondioksida (CO2) dan Metana (CH4) Dari Kegiatan Reduksi Sampah di Wilayah Surabaya Bagian Selatan.* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). *Climate Change.*

IPCC. (2006). *(Intergovermental Panel on Climate Change) Guideline for National Greenhouse Gas Inventories* .

IPCC. (2006). *IPCC Guidelines For National Greenhouse 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.

Iswanto, Sumarmadji, Wahyuni, E. T., & Sutomo, A. H. (2016). Timbulan Sampah B3 Rumah Tangga dan Potensi Dampak Kesehatan Lingkungan di Kabupaten Sleman, Yogyakarta. *Jurnal Manusia dan Lingkungan 23 (2)*, 179 - 188.

Kementerian Lingkungan Hidup. (2012). *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Buku II Volume 1 Metodologi Perhitungan Tingkat Emisi dan Penyerapan Gas Rumah Kaca Pertanian*

Kehutanan dan Penggunaan Lahan Lainnya. Jakarta : Kementrian Lingkungan Hidup.

Kiswandayani, A. T., Susnawati, I. D., & Wirosoedarmo. (2016). Komposisi Sampah dan Potensi Emisi Gas Rumah Kaca Pada Pengelolaan Sampah Domestik. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*.

Kota Yogyakarta Dalam Angka. (2023). *Geografi dan Kepadatan penduduk.* Yogyakarta.

Nabegu, A. B. (2010). An Analysis of Municipal Solid Waste in Kano Metropolis Nigeria. *Journal of Human Ecology*, 31 (2).

Neuman, W. L. (2003). Social Research Methods, Qualitative and Quantitative Approaches.

Nurdiani, N. (2014). Teknik Sampling Snowball Dalam Penelitian Lapangan.

Parahita, I. P. (2019). Dampak Limbah Elektronik Terhadap Lingkungan Hidup dan Kesahatan Manusia.

Setyaningrum, W. (2015). Analisis Yuridis Implementasi Protokol Kyoto Di Indonesia Sebagai Negara Berkembang.

Shad, K. M., Ling, S., & Karim, M. (2020). Comparative Study on E-Waste Management and the Role of the Basel Convention in Malaysia, Singapore, and Indonesia.

Silentung, M., Zubair, A., & Anneke, E. T. (2014). Studi Karakteristik Sampah pada Tempat Pembuangan Akhir di Kabupaten Maros. *Jurnal Universitas Hasanudin*.

Suryanto, A., & Susilowati, D. (2005). *Kajian Potensi Ekonomis Dengan Penerapan Pada Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Kota Depok.* Depok: Universitas Gunadarma.

Susilo, S. (2018). Pengaruh Jumlah dan Diameter Spruyer Wet Scrubber Terhadap Emisi Gas Buang HC dan CO2 Pada Sepeda Motor. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Terapan*.

Tampuyak, S., Anwar, C., & Sangadji, M. N. (2019). Analisis Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dan Kebutuhan Fasilitas Persampahan di Kota Palu 2015 - 2025. *Jurnal Katalogis, 4*, 94 - 104.

Tchobanoglous,, G. (1993). Integrated Solid Waste Management. McGraw - Hill.

Terraza, H. H., & Willumsen. (2009). Karakterisasi dan Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca dari Sampah Padat DAN ESTIMASI EMISI GAS RUMAH KACA DARI SAMPAH PADAT.

Udin, M, D. J. (2012). Journal And Conference Paper On (Environment) E – Waste Management. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering, 2(1)*, 25 - 45 .

Wahyono, S. (2012). Electronic Waste Management Policies in the Scope of Global and Local. 17 - 23.

Widyarsana, I. M., Winardy, D., Damanhuri, E., & Padmi, T. (2010). *Identifikasi Material E-Waste Komputer dan Komponen Daur Ulangnya di Lokasi Pengepulan E-Waste.* Surabaya.

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 untuk kegiatan pengangkuatn limbah elektronik?	
Kota Yogyakarta, …….. TTD		

Lampiran 2 – Surat Pengantar ke Lokasi Penelitian

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
Akreditasi Institusi "Unggul"

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
PROGRAM SARJANA
Akreditasi Program Studi "Unggul"
Akreditasi Internasional "IABEE"

Yogyakarta, 04 Maret 2024

Nomor : 063/Ka.Prodi.TL/10/TL/III/2024
Hal : Izin Penelitian dan Pengambilan Data
Lamp :

Kepada Yth.
Pengepul Barang Elektronik Bekas
di Kota Yogyakarta

Assalammu' alaikum Wr.Wb.

Sehubungan dengan penyusunan Tugas Akhir di Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, bersama ini mohon untuk dapat memberikan izin penelitian dan wawancara untuk Tugas Akhir kepada mahasiswa kami :

Nama	: Mas'udatun Nur Fadhila
No Mahasiswa	: 20513217
Program Studi	: Teknik Lingkungan
Fakultas	: Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas	: Universitas Islam Indonesia

Hasil karya ilmiah tersebut semata - mata bersifat dan bertujuan keilmuan dan tidak disajikan kepada pihak luar. Oleh Karena itu kami mohon kepada Bapak/Ibu untuk dapat memberikan data/keterangan/sampel yang diperlukan oleh mahasiswa tersebut.

Demikian permohonan kami atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terimakasih.

Wassalammu' alaikum Wr.Wb.

Ketua Program Studi
Teknik Lingkungan

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

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

Gedung Moh. Natsir Lantai 2
Kaliurang Km.14,5 Yogyakarta, Kodepos 55584
Telp. (0274) 896440 ext : 3210; Fax. (0274) 895330
E mail: environment@uii.ac.id
www.environment.uii.ac.id

Lampiran 3 – Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Aktivitas Pengumpulan

A. Perhitungan Konsumsi Energi

Tabel Lampiran 3.1 Konsumsi Energi

Nama Tempat	Jumlah kendaraan	Jenis Kendaraan	Konsumsi bahan bakar (Liter/Tahun)	Konsumsi Energi (TJ/Tahun)	
				IPCC	ESDM
Pandu Barkas	1	Motor Bak Terbuka	365	0,0120	0,0116
Barkas Elektronika	1	Mobil Pick up	782	0,0258	0,0249
	1	Motor Bak Terbuka	365	0,0120	0,0116
Barkas Maju	1	Motor Bak Terbuka	365	0,0120	0,0116
Jual Beli Elektronik dan Mebel Jogja	1	Mobil Pick up	782	0,0258	0,0249
Barkas Pak Rifa'i	8	Motor dengan Gerobak	365	0,0964	0,0931

B. Perhitungan Emisi CO_2

Tabel Lampiran 3.2 Emisi CO_2

Nama Tempat Pengepul	Konsumsi Energi (TJ/Tahun)		Emisi Gas Rumah Kaca CO_2 (Kg/Tahun)	
	IPCC	ESDM	IPCC	ESDM
Pandu Barkas	0,0120	0,0116	834,72	806,80
Barkas Elektronika	0,0258	0,0249	1.788,68	1.728,85
	0,0120	0,0116	834,72	806,80
Barkas Maju	0,0120	0,0116	834,72	806,80
Jual Beli Elektronik dan Mebel Jogja	0,0258	0,0249	1.788,68	1.728,85
Barkas Pak Rifa'i	0,0964	0,0931	6.677,75	6.454,38

C. Perhitungan Emisi CH_4 dan N_2O

Tabel Lampiran 3.3 Emisi CH_4 dan N_2O

Nama Tempat Pengepul	Konsumsi Energi (TJ/Tahun)		Emisi Gas Rumah Kaca CO_2 (Kg/Tahun)	
	IPCC	ESDM	IPCC	ESDM
Pandu Barkas	0,0120	0,0116	834,72	806,80
Barkas Elektronika	0,0258	0,0249	1.788,68	1.728,85
	0,0120	0,0116	834,72	806,80
Barkas Maju	0,0120	0,0116	834,72	806,80
Jual Beli Elektronik dan Mebel Jogja	0,0258	0,0249	1.788,68	1.728,85
Barkas Pak Rifa'i	0,0964	0,0931	6.677,75	6.454,38

D. Konversi Emisi Berdasarkan *Global Warming Potential* (GWP)

Tabel Lampiran 3.4 Emisi GRK dalam *Global Warming Potential* (GWP)

Nama Tempat Pengepul	*Global Warming Potential* ($CO_{2(eq)}$)			
	CO_2		CH_4	N_2O
	IPCC	ESDM		
Pandu Barkas	834,72	806,80	11,845	10,523
Barkas Elektronika	2.623,40	2.535,65	37,227	33,071
Barkas Maju	834,72	806,80	11,85	10,52
Jual Beli Elektronik dan Mebel Jogja	1.788,68	1.728,85	25,38	22,55
Barkas Pak Rifa'i	6.677,75	6.454,38	94,76	84,18
Total Emisi	12.759,27	12.332,47	181,06	160,84

Lampiran 3 – Dokumentasi




taffware


BOSHE
VVIP CLUB