

TUGAS AKHIR

**ANALISIS JEJAK KARBON PADA AKTIVITAS
PERMUKIMAN SEKITAR UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA: STUDI KASUS PADUKUHAN
CANDIREJO, KABUPATEN SLEMAN**

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



**Puja Puteri Chantika
2051319**

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

TUGAS AKHIR
ANALISIS JEJAK KARBON PADA AKTIVITAS
PERMUKIMAN SEKITAR UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA: STUDI KASUS PADUKUHAN
CANDIREJO, KABUPATEN SLEMAN

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



Disusun oleh:
Puja Puteri Chantika
2051319

Disetujui

Pembimbing 1:

Noviani Ina Widyutoputri, S.T., M.T
Tanggal:
NIP. 195130102

Pembimbing 2:

Prof. Dr.-Ing. Ir. Widodo Brontowiyono, M.Sc
Tanggal: 25/10/2024
NIP. 875110107

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan FTSP UII

Ang Juliani, S.T., M.Sc (Res Eng), Ph.D.
Tanggal:
NIP: 045130401

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS JEJAK KARBON PADA AKTIVITAS
PERMUKIMAN SEKITAR UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA: STUDI KASUS PADUKUIHAN CANDIREJO,
KABUPATEN SLEMAN

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : *Senin*

Tanggal : *28 Oktober 2024*

Disusun oleh :

PUJA PUTERI CHANTIKA
20513119

Tim Penguji :

Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T

Prof. Dr.-Ing. Ir. Widodo Brontowiyono, M.Sc

Ana Uswatun Hasanah, S.Si., M.T.

()

(*25/10/2024*)

( ^{28/10}₂₄)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi

Yogyakarta,

Yang membuat pernyataan,



Puja Puteri Chantika

NIM: 20513119

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Jejak Karbon pada Aktivitas Permukiman Sekitar Universitas Islam Indonesia: Studi Kasus Padukuhan Candirejo, Kabupaten Sleman” dengan baik.

Penyusunan laporan ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Strata Satu (S1) dari Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan ini, penulis turut mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang membantu dan memberikan semangat, serta bimbingan dalam menyelesaikan laporan ini. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis yaitu Papa dan Mama yang telah memberikan banyak doa juga dukungan sedari awal masuk perkuliahan hingga saat ini.
2. Cinta kasih kelima saudara saya, Kakak Erdi, Ayuk Puteri, Teteh Angie dan Adek Salwa untuk doa dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis. Terutama kepada Cici Anjeli, terima kasih untuk cinta dan waktu yang sudah diberikan di setiap harinya.
3. Ibu Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D.selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T. dan Prof. Dr.-Ing. Ir. Widodo Brontowiyono, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan arahan dan masukan baik dalam tugas akhir maupun perkuliahan.
5. Ibu Ana Uswatun Hasanah., S.Si., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan, saran serta masukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

6. Seluruh dosen, pengajar, dan staf program studi Teknik Lingkungan yang telah banyak memberi ilmu dan membantu selama perkuliahan penulis hingga tugas akhir dapat terselesaikan.
7. Sahabat dan teman-teman terkasih di Rifanda Kos yaitu Laila, Tiara, Nida, Yolan, Intan, Majon, dan Ardi yang sudah menjadi partner bertumbuh bersama, pendengar yang baik di segala keadaan, dan selalu memberikan dukungan yang penuh selama masa penulisan tugas akhir ini. Terutama kepada Pirad selaku rekan tugas akhir, terima kasih sudah dengan tulus membantu dan membersamai banyak proses selama masa perkuliahan.
8. Sahabat dan teman-teman terkasih jarak jauh yaitu Tiyak, Anggi, Tatak, Dhea, Aisyah, Aini, Gina, dan Nabila yang tetap memberikan dukungan serta doa walaupun terhalang jarak dan waktu di tengah banyak kesibukan.
9. Keluarga baru yang dipertemukan selama masa KKN yaitu Bapak, Ibu dan Dinda atas segala kehangatan, cinta, dan kenyamanan yang selalu diberikan dan kesediaannya menjadi “tempat pulang” penulis selama masa penulisan tugas akhir.
10. Ardhito Pramono yang kehadiran dan karya-karyanya sudah menemani banyak perjalanan penulis, baik sebelum dan selama masa perkuliahan. Terutama melalui lirik-lirik lagu "Sudah", yang kerap terasa seperti doa dan harapan bagi penulis.
11. Puja Puteri Chantika, terima kasih kepada diri sendiri yang selalu bersedia untuk belajar dan menikmati banyak proses tak terduga untuk menjadi dirinya saat ini.

Yogyakarta, 25 Oktober 2024

Puja Puteri Chantika

ABSTRACT

The activities of the community around the campus, which have been increasing in line with settlement growth, have had a significant impact on the environment. Candirejo Village, which directly borders Islamic University of Indonesia (UII) campus, has undergone rapid development, resulting in increased energy demand accompanied by a rise in carbon emission rates over the past few years. The measurement of greenhouse gas emissions, commonly known as the carbon footprint, serves as a crucial parameter to determine the total value of emissions produced. This research aims to identify and map the carbon footprint values generated from residential activities in Candirejo Village, Sleman Regency. The emissions calculated in this study focus on two sectors: the household sector, encompassing the use of LPG and electrical energy, and the transportation sector. A quantitative approach was employed, involving direct surveys at the research location and the use of questionnaires. The method of carbon emission calculation follows the 2006 guidelines from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). The results indicate that the total carbon emissions in Candirejo Village, Sleman Regency, reach 7162,93 tons of CO₂eq per year, with Nglangjaran Hamlet being the highest emitter, contributing 3473,06 tons of CO₂eq per year.

Keywords: Greenhouse gases, IPCC, carbon footprint, settlement activities

ABSTRAK

Aktivitas masyarakat di sekitar kampus, yang kian meningkat seiring pertumbuhan permukiman, memberikan pengaruh besar pada lingkungan. Padukuhan Candirejo, yang berbatasan langsung dengan kampus Universitas Islam Indonesia (UII), telah mengalami perkembangan pesat yang menyebabkan adanya peningkatan permintaan energi, disertai dengan kenaikan laju emisi karbon dalam beberapa tahun terakhir. Pengukuran emisi gas rumah kaca, atau dikenal sebagai jejak karbon, menjadi parameter krusial untuk mengetahui nilai total emisi yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan memetakan nilai jejak karbon yang dihasilkan dari aktivitas permukiman di Padukuhan Candirejo, Kabupaten Sleman. Emisi yang dihitung dalam penelitian ini berfokus pada dua sektor yaitu sektor rumah tangga, mencakup penggunaan LPG dan energi listrik, serta sektor transportasi. Pendekatan yang digunakan bersifat kuantitatif, dengan melakukan survei langsung di lokasi penelitian dan penggunaan kuesioner. Metode perhitungan emisi karbon mengikuti Pedoman Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) tahun 2006. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total emisi karbon di Padukuhan Candirejo, Kabupaten Sleman, mencapai 7162,93 ton CO₂eq per tahun, dengan Dusun Nglanjaran sebagai dusun penghasil emisi karbon tertinggi yaitu 3473,06 ton CO₂eq per tahun.

Kata kunci: Gas rumah kaca, IPCC, jejak karbon, permukiman

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRACT.....	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pemanasan Global	5
2.2 Jejak Karbon (<i>Carbon Footprint</i>).....	7
2.3 Perhitungan Jejak Karbon.....	8
2.4 Faktor Emisi	9
2.4.1 Sektor Transportasi.....	10
2.4.2 Sektor Rumah Tangga	10
2.5 <i>Global Warming Potential (GWP)</i>	11
2.6 Target NDC Indonesia.....	12
2.7 Minimalisasi Jejak Karbon	13

2.8	Penelitian Terdahulu.....	14
BAB III METODE PENELITIAN		19
3.1	Waktu dan Lokasi.....	19
3.2	Tahapan Penelitian	21
3.3	Metode Pengumpulan Data	22
	3.3.1 Populasi dan Sampel Penelitian.....	22
	3.3.2 Sumber Data	23
3.4	Teknik Pengumpulan Data	23
3.5	Metode Analisis Data	24
	3.5.1 Penggunaan LPG.....	24
	3.5.2 Kegiatan Transportasi	24
	3.5.3 Pemakaian Energi Listrik.....	25
	3.5.4 Total Emisi Gas Rumah Kaca	25
	3.5.5 Rentang Emisi dalam Pemetaan Jejak Karbon.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		27
4.1	Gambaran Umum	27
4.2	Hasil Pengumpulan Data	30
	4.2.1 Data Penggunaan LPG	30
	4.2.2 Data Penggunaan Kendaraan Bermotor	32
	4.2.3 Data Penggunaan Energi Listrik	36
4.3	Perhitungan Jumlah Jejak Karbon	39
	4.3.1 Jumlah Jejak Karbon Penggunaan LPG	39
	4.3.2 Jumlah Jejak Karbon Penggunaan Energi Listrik	41
	4.3.3 Jumlah Jejak Karbon Penggunaan BBM.....	43
	4.3.4 Total Jejak Karbon dari Aktivitas Permukiman.....	46

4.3.5 Analisis Perbandingan Nilai Jejak Karbon	48
4.4 Pemetaan Jejak Karbon di Padukuhan Candirejo	51
4.5 Upaya Minimalisasi Jejak Karbon di Padukuhan Candirejo	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor Emisi Bahan Bakar Kendaraan	10
Tabel 2.2 Faktor Emisi Bahan Bakar Memasak.....	11
Tabel 2.3 Faktor Emisi Ketenagalistrikan Jawa-Madura-Bali	11
Tabel 2.4 Nilai GWP	12
Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu.....	15
Tabel 3.1 Teknik Pengambilan Data	23
Tabel 3.2 Konversi Energi dan Faktor Emisi Gas.....	24
Tabel 3.3 Konversi Energi dan Faktor Emisi BBM	25
Tabel 3.4 Faktor Emisi Jaringan Ketenagalistrikan Jawa-Madura-Bali.....	25
Tabel 4.1 Jumlah Rumah di Padukuhan Candirejo	27
Tabel 4.2 Titik Koordinat Sampel	28
Tabel 4.3 Penggunaan LPG	30
Tabel 4.4 Data Jenis Kendaraan	32
Tabel 4.5 Jumlah Unit Kendaraan	33
Tabel 4.6 Jumlah Pengguna BBM.....	33
Tabel 4.7 Jumlah BBM per Bulan.....	34
Tabel 4.8 Jumlah BBM per Tahun	35
Tabel 4.9 Klasifikasi Daya Listrik (VA)	36
Tabel 4.10 Jumlah Daya Listrik (kWh/bulan).....	37
Tabel 4.11 Total Penggunaan Daya Listrik (kWh)	38
Tabel 4.12 Jumlah Emisi Karbon Penggunaan LPG	39
Tabel 4.13 Jumlah Emisi Karbon Penggunaan Listrik.....	41
Tabel 4.14 Jumlah Emisi Karbon Penggunaan BBM.....	44
Tabel 4.15 Total Emisi Karbon dari Aktivitas Permukiman.....	46
Tabel 4.16 Perbandingan Nilai Jejak Karbon.....	49
Tabel 4.17 Jangkauan Emisi dari Aktivitas Permukiman	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Volume Emisi GRK dari 11 Negara Penghasil Terbesar Dunia.....	6
Gambar 3.1	Peta Administrasi Padukuhan Candirejo, Kabupaten Sleman.....	19
Gambar 3.2	Peta Lokasi Sampel.....	20
Gambar 3.3	Diagram Alir Tahapan Penelitian	21
Gambar 4.1	Diagram Persentase Penggunaan Gas.....	31
Gambar 4.2	Diagram Persentase Total Penggunaan BBM.....	35
Gambar 4.3	Diagram Persentase Total Penggunaan Listrik (kWh)	38
Gambar 4.4	Diagram Total Emisi Karbon Penggunaan LPG	40
Gambar 4.5	Diagram Total Emisi Karbon Penggunaan Energi Listrik.....	42
Gambar 4.6	Diagram Total Emisi Karbon Penggunaan BBM	44
Gambar 4.7	Diagram Persentase Total Emisi Karbon.....	46
Gambar 4.8	Diagram Perbandingan Nilai Total Jejak Karbon per Individu	49
Gambar 4.9	Pemetaan Jejak Karbon pada Aktivitas Permukiman.....	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam etika lingkungan, pemanasan global merupakan tantangan moral terbesar abad ini. Pemanasan global yang disebabkan oleh aktivitas manusia, menjadi fokus utama dalam diskusi perubahan iklim. *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) menyatakan bahwa dalam kurun waktu 15 tahun, yakni antara tahun 1990 hingga 2005, telah terjadi peningkatan suhu global di bumi sebesar 0,15°C hingga 0,3°C (Mulyani, 2021). Protokol Kyoto (1998) melalui *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) mengidentifikasi enam Gas Rumah Kaca (GRK) utama dari aktivitas manusia yaitu CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, CFCs, dan SF₆. Berdasarkan studi sebelumnya, peningkatan penggunaan energi saat ini menyebabkan CO₂ menjadi jenis GRK dengan konsentrasi tertinggi (Admaja *et al.*, 2020).

Jejak karbon adalah ukuran total emisi CO₂ dan GRK lainnya dari berbagai aktivitas yang dihitung sebagai CO₂ ekuivalen menggunakan *Global Warming Potential* (GWP) 100 tahun. Jejak karbon juga merupakan ukuran total emisi CO₂ baik secara langsung (primer) yang bersumber dari pembakaran bahan bakar fosil seperti LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) dan minyak tanah, maupun secara tidak langsung (sekunder) yang berasal dari penggunaan peralatan elektronik (Prihatmaji *et al.*, 2016).

Data pada tahun 2022 menunjukkan bahwa sektor transportasi sebagai konsumen energi terbesar kedua di Indonesia dengan 448,53 juta BOE (*Barrel Oil Equivalent*), dan dilanjutkan oleh sektor rumah tangga dari penggunaan energi listrik dan memasak yang berada di urutan ketiga dengan 166,16 juta BOE (Kementerian ESDM, 2013). Gas buang dari sektor-sektor ini mengandung hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NO_x), dan karbon monoksida (CO) (Astra, 2010). Dalam fenomena ini, para sivitas akademika maupun masyarakat di sekitar

Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia (UII) di Kabupaten Sleman menjadi sebuah entitas yang secara tidak langsung turut berkontribusi terhadap emisi GRK apabila ditinjau berdasarkan aktivitas kesehariannya yang tidak dapat terlepas dari penggunaan energi.

Kampus Terpadu UII merupakan pusat penyedia layanan dalam bidang pendidikan dengan populasi yang besar. Keberadaan perguruan tinggi ini mempengaruhi kawasan di sekitarnya, terutama kawasan yang berbatasan langsung dengan kampus perguruan tinggi tersebut, sehingga berdampak pada peningkatan kepadatan bangunan dan jumlah penduduk (Harris & Ernawati, 2013). Oleh karena itu, kenaikan angka jumlah penduduk tersebut secara langsung dapat mendorong terjadinya peningkatan kebutuhan akan penggunaan energi dan turut berkontribusi terhadap nilai emisi karbon. Salah satu permukiman yang berbatasan langsung dengan kampus UII yaitu Padukuhan Candirejo, dimana padukuhan tersebut menjadi salah satu pusat permukiman yang cukup dipadati oleh sivitas akademika UII maupun penduduk lokal.

Padukuhan Candirejo adalah salah satu padukuhan yang paling luas karena mencakup area dari Dusun Candirejo, Ngangkruk, Bonjotan, dan Nglanjaran. Padukuhan Candirejo mempunyai 418 kepala keluarga yang tersebar dalam 4 wilayah RW dan 9 wilayah RT. Perkembangan yang terjadi dalam beberapa tahun terakhir telah meningkatkan permintaan akan energi di Padukuhan Candirejo, seiring dengan peralihan dari gaya hidup sederhana menuju gaya hidup modern. Peningkatan penggunaan teknologi dan bahan bakar fosil oleh mayoritas masyarakat Padukuhan Candirejo dalam mendukung kegiatan mereka telah menyebabkan peningkatan emisi karbon dalam beberapa tahun terakhir. Dengan demikian, aktivitas penggunaan energi di permukiman ini dapat dianggap sebagai representasi dari sebagian besar perilaku masyarakat yang terjadi di sekitar wilayah Kampus Terpadu UII. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian berjudul “Analisis Jejak Karbon pada Aktivitas Permukiman Sekitar Universitas Islam Indonesia: Studi Kasus Padukuhan Candirejo, Kabupaten Sleman” guna mengetahui seberapa besar nilai emisi karbon yang berasal dari sektor rumah tangga dan transportasi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang terdapat dalam penelitian ini yaitu:

- 1) Berapa nilai jejak karbon dari aktivitas permukiman yang terdapat di Padukuhan Candirejo, Kabupaten Sleman?
- 2) Bagaimana pemetaan jejak karbon yang dihasilkan dari aktivitas permukiman di Padukuhan Candirejo, Kabupaten Sleman?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

- 1) Menganalisis nilai jejak karbon dari aktivitas permukiman yang terdapat di Padukuhan Candirejo, Kabupaten Sleman.
- 2) Memetakan jejak karbon yang dihasilkan dari aktivitas permukiman di Padukuhan Candirejo, Kabupaten Sleman.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

- 1) Bagi Universitas Islam Indonesia
Dapat menjadi referensi dalam karya-karya ilmiah terkait analisis jejak karbon pada aktivitas permukiman: studi kasus Padukuhan Candirejo, Kabupaten Sleman.
- 2) Bagi Akademisi/Peneliti
Dapat menjadi bahan referensi untuk penelitian selanjutnya terkait jejak karbon pada aktivitas permukiman sekitar UII: studi kasus Padukuhan Candirejo, Kabupaten Sleman.

1.5 Ruang Lingkup

Penelitian ini terdapat beberapa pembatasan permasalahan yang dikaji, ruang lingkup pada penelitian ini yaitu:

- 1) Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari permukiman sekitar kampus UII yaitu berlokasi di Padukuhan Candirejo.

- 2) Wawancara dilakukan di rumah tempat tinggal warga di Padukuhan Candirejo.
- 3) Perhitungan emisi pada sektor energi yang difokuskan pada penggunaan listrik dan LPG.
- 4) Perhitungan emisi pada sektor transportasi didasarkan pada jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh kendaraan, dengan bahan bakar yang diteliti berjenis pertamax, pertalite dan solar.
- 5) Parameter yang digunakan hanya emisi ekuivalen karbon dioksida (CO₂eq).
- 6) Perhitungan emisi menggunakan rumus IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) 2006.
- 7) Pemetaan jejak karbon untuk aktivitas penggunaan LPG, energi listrik dan BBM di Padukuhan Candirejo menggunakan QGIS (*Quantum Geographic Information System*).

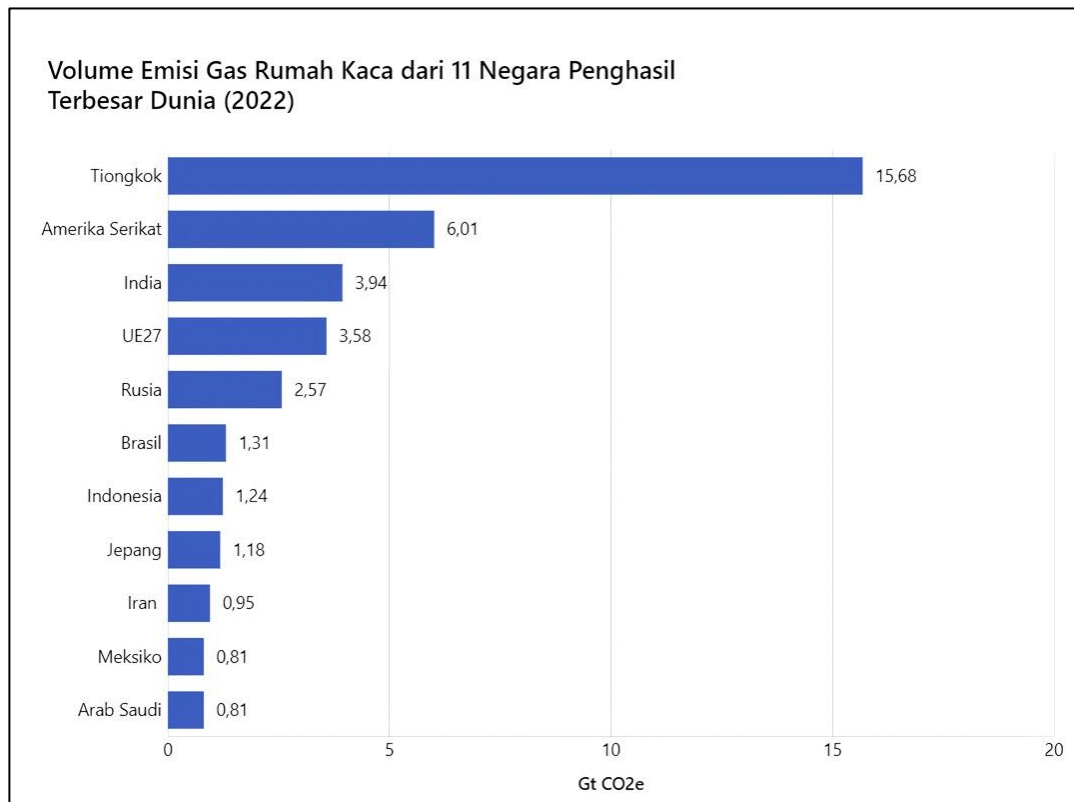
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemanasan Global

Pemanasan global atau *global warming* merupakan proses di mana lapisan atmosfer bumi menyerap panas dari matahari dan kemudian memantulkannya kembali ke luar angkasa dalam bentuk sinar inframerah (Pratama, 2019). Radiasi sinar inframerah yang terperangkap dalam atmosfer bumi menyebabkan peningkatan suhu atmosfer. Dengan demikian, pemanasan global dapat dijelaskan sebagai kenaikan rata-rata suhu udara dan air di dekat permukaan bumi dalam beberapa tahun terakhir, dengan tren yang diperkirakan akan berlanjut (Riyanto, 2007). Peningkatan konsentrasi CO₂ memberikan pengaruh yang besar terhadap peningkatan suhu bumi, karena CO₂ membuat atmosfer semakin menahan panas matahari (*The Royal Society*, 2010). Dampak dari pemanasan global sangat mengkhawatirkan bagi masa depan bumi, karena dapat menyebabkan pelelehan lapisan es di kutub dan kenaikan permukaan air laut, serta menyebabkan perubahan iklim yang ekstrem dan kerusakan infrastruktur di berbagai kota (Choirunisa *et al.*, 2023).

Planet bumi telah mengalami periode pemanasan yang semakin cepat dalam 100 tahun terakhir (Imura, 2013). Oleh karena itu, manusia harus segera mengendalikan skala dan sifat aktivitasnya agar selaras dengan lingkungan hidup bumi. Menurut data *European Commission*, Indonesia, sebagai salah satu negara dengan hutan tropis terbesar, menempati peringkat ketujuh sebagai penyumbang GRK terbesar di dunia pada tahun 2022 yang mencapai 1.240,8 juta ton CO₂eq (2,3% dari total global), sehingga menjadi penghasil emisi terbesar di Asia Tenggara seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Volume Emisi GRK dari 11 Negara Penghasil Terbesar Dunia Tahun 2022 (Sumber: https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2023)

Hal ini terutama diakibatkan oleh kebakaran hutan dan pembakaran lahan gambut untuk pengembangan permukiman atau pertanian. Selain itu, polusi udara dari kendaraan bermotor dan pabrik-pabrik di kota-kota besar juga memberikan kontribusi yang signifikan. Pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam merupakan penyebab utama pemanasan global (Triana, 2008). Proses ini menghasilkan GRK, termasuk CO₂, yang meningkatkan konsentrasi gas-gas tersebut di atmosfer, menyebabkan peningkatan penahanan panas dan mengakibatkan pemanasan global (Antarissubhi *et al.*, 2023).

Suhu pada tahun 2023 mencatat rekor terpanas sepanjang sejarah, mencapai kenaikan 1,5°C sesuai dengan ambang batas Perjanjian Paris, dan diperkirakan akan melampaui 1,5°C pada tahun 2024 (Irma & Gusmira, 2024). Pergeseran musim hujan di Indonesia selama tiga bulan serta kegagalan panen akibat cuaca ekstrem di berbagai wilayah menegaskan bahwa krisis iklim sudah di depan mata

dan memerlukan penanganan serius. Krisis iklim yang kita alami saat ini merupakan krisis pangan, dengan ancaman kegagalan panen, cuaca ekstrem, panas terik, hujan angin kencang, dan banjir bandang yang sudah terjadi dalam beberapa waktu terakhir.

2.2 Jejak Karbon (*Carbon Footprint*)

Jejak karbon merujuk pada nilai emisi karbon yang dihasilkan oleh suatu organisasi, peristiwa, produk, atau aktivitas manusia (Ercin & Hoekstra, 2012). Jejak karbon biasanya diukur dalam satuan ton karbon atau ton karbondioksida ekuivalen (Admaja *et al.*, 2020). Kecenderungan untuk hidup nyaman mendorong munculnya kebiasaan hidup yang memiliki dampak negatif pada lingkungan. Penggunaan kendaraan pribadi, terutama mobil, dibandingkan dengan transportasi umum, perjalanan udara, penggunaan alat pendingin atau pemanas ruangan, serta penggunaan perangkat elektronik seperti komputer, televisi, radio, dan hiburan lainnya, merupakan contoh kebiasaan hidup yang memberikan kontribusi signifikan terhadap tingginya nilai jejak karbon.

Jejak karbon digunakan sebagai indikator untuk mengukur jumlah emisi GRK yang dihasilkan oleh berbagai kegiatan sehari-hari, termasuk sektor industri, rumah tangga, transportasi dan lainnya (Hairiah & Rahayu, 2007). Perhitungan konsumsi bahan bakar kendaraan merupakan bagian dari jejak ekologis transportasi. Jejak karbon berfokus pada mengurangi salah satu aspek dari jejak ekologis secara keseluruhan, yaitu *carbone up take land*, yang melibatkan penggunaan bahan bakar fosil untuk menentukan kebutuhan lahan dalam menyerap emisi CO₂ (Chi & Stone, 2005). Jejak karbon terbagi menjadi 2 (dua) macam, yaitu:

a. Jejak karbon primer

Jejak karbon primer adalah pengukuran langsung dari emisi CO₂ yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil (Kenedy *et al.*, 2024). Contoh-contoh kegiatan yang menyebabkan jejak karbon primer meliputi penggunaan bahan bakar untuk memasak dan transportasi. Dengan kata lain, jejak karbon primer mengukur jumlah CO₂ yang langsung dilepaskan ke atmosfer sebagai hasil dari pembakaran bahan bakar fosil dalam kegiatan sehari-hari.

b. Jejak karbon sekunder

Jejak karbon sekunder adalah total emisi CO₂ yang dihasilkan secara tidak langsung, umumnya berasal dari penggunaan peralatan elektronik yang memerlukan daya listrik (Wiratama *et al.*, 2016). Saat ini, mayoritas kebutuhan energi manusia dipenuhi melalui konversi sumber energi fosil, seperti pembangkit listrik dan kendaraan yang menggunakan bahan bakar fosil sebagai sumber utama energinya. Oleh karena itu, penggunaan peralatan elektronik yang bergantung pada listrik dari sumber-sumber tersebut akan berkontribusi pada peningkatan jejak karbon sekunder.

2.3 Perhitungan Jejak Karbon

Perhitungan emisi CO₂ dilakukan dengan mengalikan volume bahan bakar yang digunakan dengan faktor emisi yang sesuai dengan jenis bahan bakar tersebut. Faktor emisi merupakan nilai rata-rata parameter pencemar udara yang dilepaskan dari sumber spesifik. Faktor emisi adalah jumlah emisi GRK yang dilepaskan ke atmosfer per satuan aktivitas tertentu (KLHK, 2017). Metode perhitungan berdasarkan bahan bakar yang digunakan memiliki tingkat reliabilitas yang lebih tinggi dibandingkan metode berdasarkan jarak tempuh (Cunningham, 2008). Oleh karena itu, disarankan untuk menggunakan metode berdasarkan bahan bakar dalam menghitung emisi CO₂ dari konsumsi bahan bakar.

World Meteorological Organization (WMO) dan *United Nations Environment Programme* (UNEP) mendirikan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) pada tahun 1988 dengan tujuan utama yang berfokus pada perubahan iklim akibat aktivitas manusia baik secara teknis, sosial-ekonomi dan informasi ilmiah. Salah satu laporan penting IPCC adalah buku pedoman metodologi untuk inventarisasi GRK nasional. Menurut Pedoman IPCC (2006), perhitungan emisi GRK dikategorikan dalam tiga tingkat ketelitian, yang dikenal sebagai "tier". Tiga tingkat ketelitian (Tier) ini dijelaskan sebagai berikut:

- a. Tier 1: Estimasi GRK berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi default yang disediakan oleh IPCC Guideline.

- b. Tier 2: Estimasi GRK dengan data aktivitas yang lebih akurat dan memakai faktor emisi default IPCC atau faktor emisi yang telah disediakan oleh suatu negara atau suatu industri (*country specific/plant specific*).
- c. Tier 3: Estimasi GRK dengan data aktivitas yang lebih akurat berdasarkan metode spesifik suatu negara (pengukuran langsung) dan dengan menggunakan faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu industri.

Secara umum, persamaan yang digunakan untuk menghitung estimasi emisi GRK dapat ditulis dalam bentuk sederhana, seperti yang terdapat di Persamaan (2.1).

$$\text{Emisi GRK} = \text{DA} \times \text{FE} \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana:

DA : aktivitas data mencakup informasi mengenai jumlah aktivitas manusia yang berkontribusi terhadap emisi GRK

FE : koefisien yang menunjukkan jumlah emisi per unit aktivitas baik berupa volume produksi atau konsumsi

2.4 Faktor Emisi

Faktor emisi adalah ukuran emisi GRK yang dilepaskan ke atmosfer per satuan aktivitas atau volume tertentu (KLHK, 2017). Contoh dari faktor emisi termasuk kg CO₂eq/kWh untuk pembangkit listrik dan gCO₂e/km untuk pengoperasian kendaraan bermotor. Satuan aktivitas dapat bervariasi tergantung pada jenis kegiatan yang dievaluasi, seperti kWh untuk konsumsi listrik. Penetapan satuan yang sesuai memungkinkan perbandingan yang lebih akurat dalam mengukur emisi GRK dari berbagai sumber dan aktivitas (Dewan Nasional Perubahan Iklim, 2011)

Dalam perhitungan emisi GRK, faktor emisi digunakan sebagai pengali untuk jumlah penggunaan bahan bakar, sehingga diperoleh total emisi yang dihasilkan. Nilai faktor emisi yang dipilih menentukan tingkat perhitungan emisi GRK, dimana semakin tinggi tingkat (tier 1 - 3), semakin akurat perhitungannya. Faktor emisi tier 1 adalah standar faktor emisi yang ditetapkan secara internasional dan berlaku di seluruh negara. Sementara itu, faktor emisi tier 2 adalah faktor emisi yang khusus

untuk sebuah negara tertentu. Sedangkan faktor emisi tier 3 adalah faktor emisi yang berlaku secara spesifik untuk suatu pabrik di negara tersebut.

2.4.1 Sektor Transportasi

Transportasi adalah sumber utama polutan udara di daerah perkotaan. Perilaku pengemudi dan kondisi lingkungan mempengaruhi emisi yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor. Jejak karbon dari pembakaran bahan bakar fosil bergantung pada tingkat konsumsi dan jenis bahan bakar yang digunakan. Nilai faktor emisi bahan bakar kendaraan bermotor dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Faktor Emisi Bahan Bakar Kendaraan

Jenis Bahan Bakar	Tier 1 (kg CO ₂ /TJ)	Lokal (kg CO ₂ /TJ)
Bensin RON 92	69300	72600
Bensin RON 88	69300	72967
Avtur	71500	73333
Minyak Tanah	71900	73700
Automotive Diesel Oil (ADO)	74100	74433
Industrial Diesel Oil (IDO)	74100	74067
Residual Fuel Oil (RFO)	77400	75167
Batubara	96100	99718
Gas Alam	56100	57600

Sumber:

(IPCC, 2006; Puslitbang Lemigas, 2017; Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, 2016)

2.4.2 Sektor Rumah Tangga

Sektor Rumah Tangga diperoleh dari kegiatan memasak dan penggunaan listrik sehari-hari. emisi GRK dari penggunaan listrik dihasilkan melalui pembakaran bahan bakar fosil, seperti batu bara atau panas bumi, di pembangkit listrik. Sementara itu, bahan bakar yang umum digunakan untuk kegiatan memasak saat ini adalah LPG, yang tersedia dalam bentuk tabung gas berukuran 3 kg atau 12 kg. LPG adalah gas bumi yang dicairkan. Nilai faktor emisi bahan bakar memasak dapat dilihat pada **Tabel 2.2** dan nilai faktor emisi ketenagalistrikan khusus Jawa, Madura dan Bali dapat dilihat pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2.2 Faktor Emisi Bahan Bakar Memasak

Jenis Bahan Bakar	Faktor Emisi CO ₂ (Kg/TJ)
LPG	63100
Minyak Tanah	71900
Kayu Bakar	112000

Sumber: (IPCC, 2006)

Tabel 2.3 Faktor Emisi Ketenagalistrikan Jawa-Madura-Bali

Tahun	Faktor Emisi (kg CO ₂ /kWh)
2010	0,730
2011	0,778
2012	0,823
2013	0,855
2014	0,840
2015	0,903
2016	0,877
2017	0,890
2018	0,880
2019	0,870

Sumber : <https://gatrik.esdm.go.id/> (2019)

2.5 *Global Warming Potential (GWP)*

Dalam studi yang melibatkan berbagai gas, diperlukan metode untuk membandingkan GRK yang berbeda dengan mempertimbangkan durasi dan sifat radiasinya. Oleh karena itu, *Global Warming Potential (GWP)* dikembangkan untuk membandingkan dampak pemanasan global dari masing-masing jenis gas. GWP mengukur jumlah kalor yang dijemak oleh suatu gas dalam satuan massa tertentu dibandingkan dengan CO₂ (Prayogi & Sugiono, 2022). GWP menunjukkan efek radiatif GRK dibandingkan dengan CO₂, artinya GWP menunjukkan berapa ton emisi CO₂ setara dengan satu ton dari GRK lainnya. Periode waktu yang dipertimbangkan adalah 100 tahun. Periode 100 tahun memberikan perspektif yang lebih seimbang dalam menilai dampak gas rumah kaca, dengan mempertimbangkan bahwa masing-masing gas memiliki masa hidup yang berbeda di atmosfer. Sebagai contoh, karbon dioksida (CO₂) dapat bertahan selama ratusan tahun, sementara metana (CH₄) memiliki masa hidup yang lebih singkat, tetapi dengan potensi pemanasan yang jauh lebih tinggi dalam jangka waktu pendek. Semakin besar nilai

GWP, semakin besar peran gas tersebut dalam pemanasan global selama periode tertentu. Dengan menggunakan nilai GWP, seperti untuk CH₄ dan N₂O yang sebanding dengan CO₂, GWP berfungsi sebagai faktor untuk menghitung ekuivalen CO₂ (CO₂eq) (IPCC, 2007).

Tabel 2.4 Nilai GWP

Jenis GRK	Nilai GWP (CO ₂ eq)
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310

Sumber: (IPCC, 1995)

2.6 Target NDC Indonesia

Kontribusi yang Ditetapkan Secara Nasional atau *Nationally Determined Contribution* (NDC) adalah komitmen yang dipegang oleh setiap negara terhadap *Paris Agreement*. Semua negara yang terlibat menyampaikan dan menjalankan upaya mereka secara ambisius serta menunjukkan perkembangan seiring waktu terkait dengan mitigasi, adaptasi, serta dukungan pendanaan, teknologi, dan kapasitas pembangunan bagi negara-negara berkembang yang diberikan oleh negara-negara maju. Komitmen NDC Indonesia berfokus pada aspek mitigasi dan juga adaptasi.

NDC dimulai sebagai respons terhadap meningkatnya kekhawatiran akan perubahan iklim yang semakin menjadi isu yang signifikan karena dampaknya yang memicu kemunculan masalah baru bagi peradaban manusia, baik secara bertahap maupun melalui kejadian ekstrim. Dampak ini akan berpotensi menyebabkan kerugian dan kerusakan tidak hanya secara ekonomi, seperti penurunan pendapatan dan kerusakan aset fisik, tetapi juga secara non-ekonomi, yang mencakup dampak pada individu, masyarakat, dan lingkungan. Terlebih lagi, kenaikan suhu global di atas 1,5 - 4°C pada tahun 2100 diprediksi akan memiliki dampak yang signifikan pada manusia, flora, fauna, dan ekosistem secara keseluruhan (Suroso *et al.*, 2022).

Dalam konteks kebijakan iklim, Indonesia telah memperbarui NDC-nya sejak Persetujuan Paris (2015), termasuk Intended NDC (2015), NDC Pertama (2016), NDC Diperbarui (Updated NDC, 2021), dan NDC Ditingkatkan (Enhanced NDC,

2022). Meskipun telah diperbaharui beberapa kali, kebijakan iklim Indonesia dinilai kurang ambisius. Tinjauan ini konsisten dengan *Climate Action Tracker* (CAT), di mana nilai kebijakan iklim Indonesia masih dianggap sangat tidak memadai, artinya kebijakan dan komitmen iklim Indonesia tidak sesuai dengan ambang batas 1,5°C dalam *Paris Agreement* dan bahkan bukan menunjukkan penurunan, melainkan peningkatan emisi.

Dalam kebijakan terbarunya, Indonesia menetapkan target penurunan emisi hingga 2030 sebesar 31,89% (dengan usaha sendiri) dan 43,20% (dengan dukungan internasional) dibandingkan dengan kebijakan sebelumnya (NDC Diperbarui, 2021) sebesar 29% (dengan usaha sendiri) dan 41% (dengan dukungan internasional). Terkait dengan sektor energi, Pemerintah Indonesia menetapkan target pengurangan emisi sebesar 12,5% (dengan usaha sendiri) dan 15,5% (dengan dukungan internasional). Pengurangan emisi dari sektor ini menjadi bagian penting dari pembangunan ekonomi nasional, mencakup kelistrikan, pendinginan, komersial, rumah tangga, transportasi, pemanasan, produksi, bangunan, dan memasak. Singkatnya, pengurangan emisi melalui transisi energi akan memberikan kontribusi signifikan terhadap perubahan iklim dan agenda ekonomi hijau.

Sebuah penelitian dari Siagian *et al.* (2017) menunjukkan bahwa sistem energi rendah karbon Indonesia pada tahun 2030 dapat tercapai melalui langkah-langkah efisiensi energi dan penerapan sistem energi yang lebih sedikit emisi karbon, termasuk penggunaan energi terbarukan di sektor listrik dan transportasi serta gas alam di sektor listrik dan transportasi. Elektrifikasi konsumsi pengguna akhir juga akan membantu dalam pengurangan emisi dengan mendekarbonisasi pasokan listrik.

2.7 Minimalisasi Jejak Karbon

Perubahan iklim global dan penurunan emisi GRK menjadi sorotan utama dalam agenda lingkungan saat ini. Ini mendorong para aktivis lingkungan untuk melakukan penelitian menyeluruh tentang jejak karbon dan dampaknya terhadap perubahan iklim global (Sagala, 2017). Upaya untuk mengurangi emisi gas karbon dan memantau kemajuannya dimulai dengan pengukuran jejak karbon. Emisi GRK

terus meningkat seiring dengan pertumbuhan kebutuhan energi dan aktivitas manusia. Kehadiran universitas sebagai lembaga pendidikan dengan berbagai kegiatan tentu memerlukan energi, terutama dalam hal mobilitas yang diharapkan dapat dioptimalkan untuk mempersingkat waktu perjalanan.

South East European University (SEEU) telah memulai inisiatif pengelolaan karbon untuk menciptakan kampus beremisi rendah. Langkah-langkah untuk mengurangi emisi GRK melalui sektor konservasi dan efisiensi energi, desain bangunan berkelanjutan, promosi transportasi alternatif, pengelolaan sampah, dan praktik daur ulang telah diterapkan. Strategi ini telah menghasilkan penurunan emisi GRK sebesar 34,8%, yang mencakup:

- a. Modifikasi perilaku dan kesadaran untuk mengurangi penggunaan kertas dan plastik
- b. Peningkatan penggunaan transportasi publik sebesar 10%
- c. Penyediaan armada transportasi universitas
- d. Pengoperasian layanan angkutan *South East European University* (SEEU)
- e. Evaluasi dan penilaian proyek yang dilaksanakan

2.8 Penelitian Terdahulu

Adapun daftar hasil penelitian terdahulu yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini dilihat pada **Tabel 2.5**.

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu

No.	Nama dan Tahun	Judul	Hasil Penelitian
1.	(Muharrohman, 2023)	Pemetaan dan Analisis Jejak Karbon Berbasis Energi di Desa Kayen, Jawa Tengah Terhadap Ekonomi Hijau	Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis nilai jejak karbon, sebaran jejak karbon, dan hubungannya terhadap ekonomi hijau di desa Kayen. Hasil penelitian memperoleh nilai jejak karbon di desa Kayen mempunyai nilai paling rendah sebesar 49,66 ton CO ₂ /bulan dan paling tinggi sebesar 84,11 ton CO ₂ /bulan, serta nilai jejak karbon individu rata-rata sebesar 1,27 ton CO ₂ /bulan. Nilai jejak karbon individu rata-rata yang diperoleh nilainya berada di bawah nilai ambang batas jejak karbon individu rata-rata Jawa Tengah sebesar 1,38 ton CO ₂ /bulan. Hasil tersebut menjadi alasan desa Kayen mulai memasuki transisi menuju ekonomi hijau karena nilai jejak karbon yang berada di bawah nilai ambang batas.
2.	(Romadhanti, 2021)	Analisis Jejak Karbon dari Aktivitas Permukiman di Kecamatan Menganti Kabupaten Gresik	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menilai dan memetakan nilai emisi karbon yang dihasilkan oleh berbagai sektor aktivitas. Berdasarkan data yang diperoleh, emisi karbon dari Sektor Peternakan tercatat sebesar 461,78 ton CO ₂ eq/tahun, Sektor Persampahan sebesar 1537,01 ton CO ₂ eq/tahun, Sektor Pertanian sebesar 2523,68 ton CO ₂ eq/tahun, Sektor Transportasi sebesar 2607,86 ton CO ₂ eq/tahun, dan Sektor Energi sebesar 11203,96 ton CO ₂ eq/tahun. Pemetaan nilai emisi karbon tertinggi menunjukkan bahwa aktivitas permukiman di Kelurahan Menganti, Kecamatan Menganti, memiliki rentang emisi antara 12275,03 hingga 16904,7 ton CO ₂ eq/tahun. Penyumbang terbesar terhadap emisi tersebut berasal dari sektor transportasi, sektor energi, sektor pertanian, dan sektor persampahan. Kondisi ini menyebabkan tingginya tingkat emisi karbon di Kelurahan Menganti.
3.	(Indra <i>et al.</i> , 2017)	Studi <i>Carbon Footprint</i> dari Aktivitas Rumah	Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung jumlah emisi CO ₂ dari aktivitas rumah tangga di Kelurahan Limbungan Baru, Kecamatan Rumbai Pesisir,

No.	Nama dan Tahun	Judul	Hasil Penelitian
		Tangga di Kelurahan Limbungan Baru Kecamatan Rumbai Pesisir Kota Pekanbaru	Kota Pekanbaru. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah emisi CO ₂ yang dihasilkan oleh Kelurahan Limbungan Baru adalah sebesar 181,208 CO ₂ /bulan untuk emisi CO ₂ primer, 2.011,512 ton CO ₂ /bulan untuk emisi CO ₂ sekunder, dan total emisi CO ₂ sebesar 2.192,720 ton CO ₂ /bulan.
4.	(Azzahra, 2022)	Transportasi di Jalan Khatib Sulaiman Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik - Universitas Andalas Padang	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung dan menganalisis nilai jejak karbon, mengevaluasi hubungan antara jejak karbon dengan jumlah kendaraan, serta menganalisis dampak jejak karbon terhadap jumlah kendaraan yang menggunakan bahan bakar. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menilai daya serap pohon dalam mengurangi jejak karbon. Hasil analisis menunjukkan bahwa estimasi jejak karbon selama satu tahun di Jalan Khatib Sulaiman mencapai 403.507,112 kilogram CO ₂ /tahun. Koefisien korelasi (r) yang tinggi, yaitu 0,9993, mengindikasikan hubungan yang sangat kuat antara jejak karbon dan jumlah kendaraan, sementara koefisien determinasi (R ²) sebesar 0,9989 menegaskan bahwa jumlah kendaraan secara signifikan memengaruhi jejak karbon. Lebih lanjut, kondisi jalur hijau yang menghiasi Jalan Khatib Sulaiman, dengan berbagai jenis pohon, terbukti mampu menyerap sekitar 404.871,33 kilogram CO ₂ /tahun, setara dengan jumlah emisi CO ₂ yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor dalam satu tahun.
5.	(Akmalina, 2021)	Analisis Jejak Karbon Pada Aktivitas Permukiman Di Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi jumlah emisi karbon yang dihasilkan dari aktivitas permukiman di Kecamatan Waru. Hasil penelitian menunjukkan total emisi karbon di Kecamatan Waru, Kabupaten Sidoarjo, mencapai 302.790,57 ton CO ₂ eq/tahun. Selanjutnya, melalui pemetaan, ditemukan bahwa kelurahan dengan emisi terbesar adalah Kelurahan Tropodo, yang mencapai 51.488,15 ton CO ₂ eq/tahun. Peta jejak

No.	Nama dan Tahun	Judul	Hasil Penelitian
			karbon menandai daerah-daerah dengan emisi tinggi dengan warna merah untuk memvisualisasikan dampaknya.
6.	(Asian Development Bank, 2023)	<i>Regional: Establishing a Platform for Climate Resilient and Low-Carbon Urban Development</i>	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi sektor-sektor kota yang paling intensif karbon, melacak kemajuan kota menuju pembangunan rendah karbon berdasarkan target NDC dan membandingkan baseline jejak karbon kota-kota di Asia dan kemajuan masing-masing untuk menilai dampak upaya rendah karbon di tingkat regional. Penelitian ini menerapkan dua metode inventarisasi yaitu <i>Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories</i> (GPC), serta kerangka kerja UNFCCC IPCC dan Perangkat Lunak Inventarisasi IPCC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jejak karbon Kota Baguio diperkirakan mencapai 629.483 ton setara CO ₂ pada tahun 2018, mencakup emisi dari konsumsi listrik, transportasi, perubahan tutupan lahan, pembuangan sampah padat, dan pengolahan limbah cair. Emisi per kapita di Baguio sebesar 1,758 ton CO ₂ , 53% lebih tinggi dibandingkan rata-rata nasional yang hanya 1,15 ton CO ₂ . Konsumsi listrik merupakan penyumbang terbesar, mencapai 53,56% dari total emisi, diikuti oleh transportasi jalan (20,04%), limbah padat (13,01%), dan limbah cair (12,57%). Sektor transportasi didominasi oleh truk, bus dan jeepney, sedangkan limbah padat didominasi oleh limbah makanan yang menghasilkan gas metana. Limbah cair menghasilkan oksida nitrat dan metana dari air limbah dan tinja.
7.	(Vergel et al., 2024)	<i>Estimation of local pollutant and carbon dioxide emissions of road and rail transportation in the Philippines</i>	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperkirakan nilai emisi dasar dari transportasi jalan raya dan kereta api pada tahun 2016 menggunakan metode pendekatan <i>bottom-up</i> . Pendekatan ini juga diterapkan untuk menilai pengaruh NDC terhadap emisi transportasi, terutama pada proyek-proyek seperti PUVMP (Modernisasi Jeepney), Metro Kereta Bawah Tanah Manila,

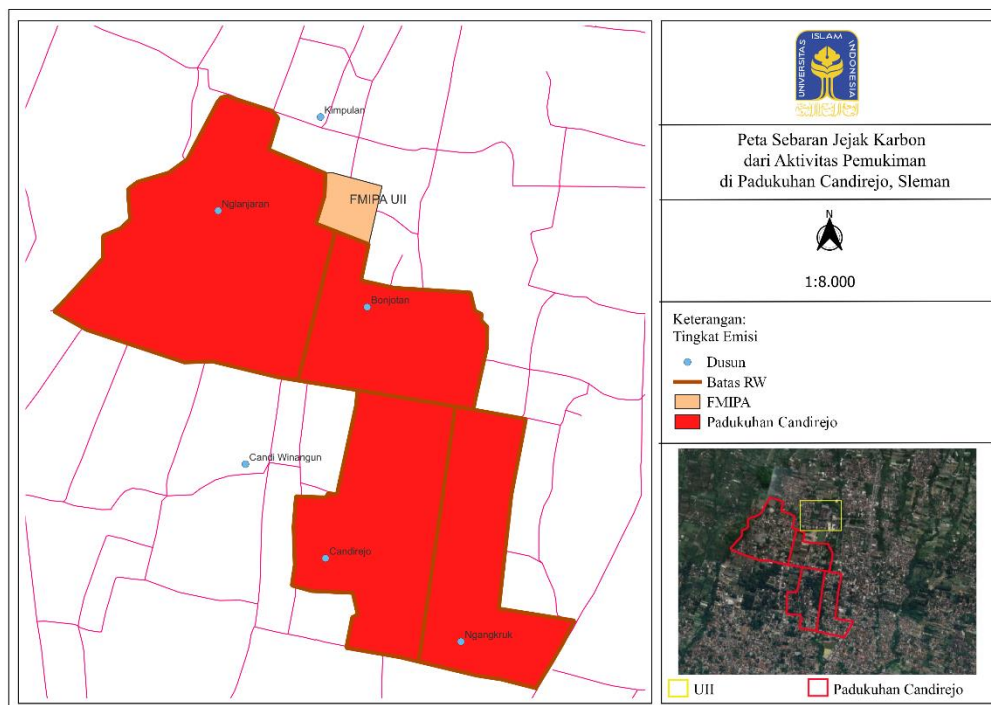
No.	Nama dan Tahun	Judul	Hasil Penelitian
			dan Kereta Komuter Utara Selatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total estimasi emisi CO₂ dari sektor transportasi jalan raya di Filipina pada tahun 2016 adalah 97,66 juta ton, dengan pangsa terbesar berasal dari Metro Manila (37%), diikuti oleh kota dan kabupaten lainnya (32%). Sepeda motor menyumbang 37% dari total emisi CO₂, terutama karena tingginya VKT. Bus dan truk diesel juga berkontribusi signifikan karena kombinasi VKT yang tinggi dan faktor emisi CO₂ yang lebih besar. Sedangkan dari sektor kereta api, estimasi emisi CO₂ di Filipina pada tahun 2016 mencerminkan kontribusi signifikan masing-masing NO_x dan CO yaitu 70% dan 20% dari total emisi polutan udara, karena menggunakan bahan bakar diesel.

BAB III

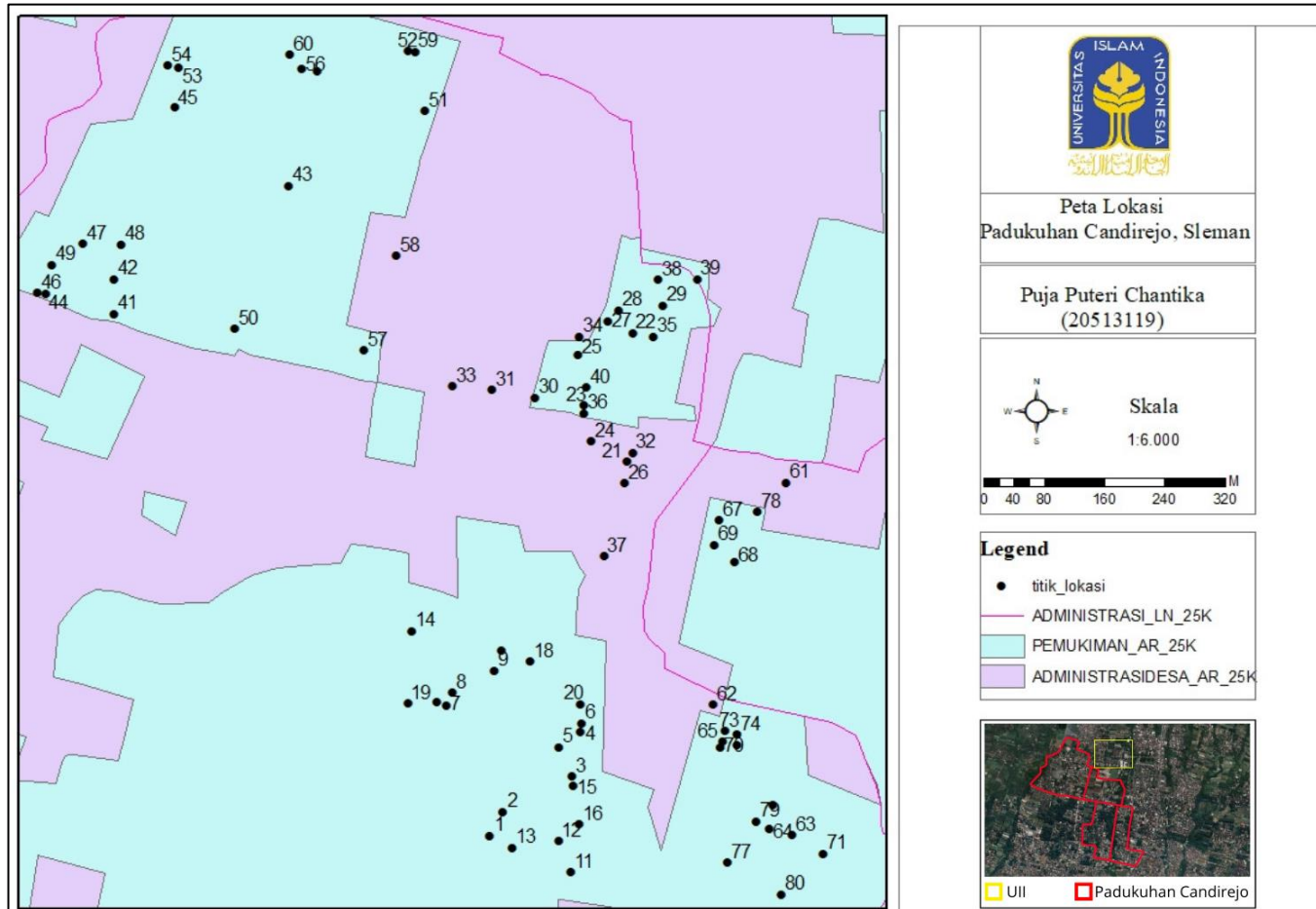
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2024 hingga Juni 2024 yang berlokasi di Padukuhan Candirejo, Kalurahan Sardonoharjo, Kapanewon Ngaglik, Kabupaten Sleman, DI Yogyakarta. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.1** serta peta lokasi sampel dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



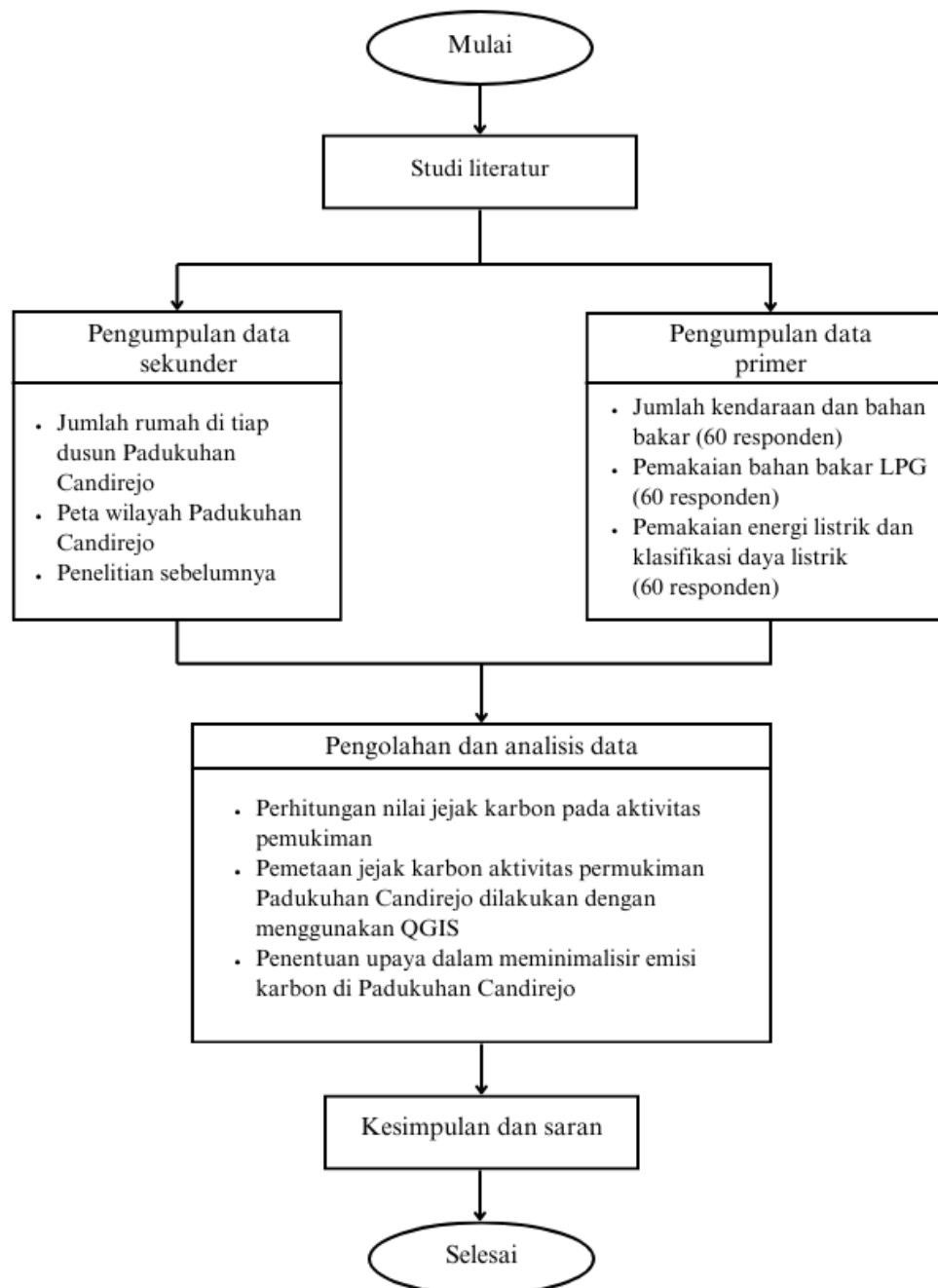
Gambar 3.1 Peta Administrasi Padukuhan Candirejo, Kabupaten Sleman



Gambar 3.2 Peta Lokasi Sampel

3.2 Tahapan Penelitian

Penyusunan diagram alir bertujuan untuk menjabarkan tahapan penelitian secara sistematis. Diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 3.3 Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.3 Metode Pengumpulan Data

3.3.1 Populasi dan Sampel Penelitian

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini merupakan populasi rumah yang bertempat tinggal di Padukuhan Candirejo, Kabupaten Sleman. Teknik pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *simple random sampling*, yaitu metode pengambilan sampel acak sederhana di mana setiap anggota populasi memiliki peluang yang sama untuk terpilih sebagai sampel. Pemilihan teknik ini didasarkan pada asumsi bahwa populasi penelitian bersifat homogen, karena seluruh responden berasal dari masyarakat Padukuhan Candirejo. Adapun teknik penentuan jumlah sampel untuk menentukan jumlah responden dalam penelitian ini dengan rumus Slovin yang dapat dilihat pada Persamaan 3.1.

$$n = \frac{N}{(1 + N a^2)} \dots \dots \dots (3.1)$$

dimana :

- n : jumlah sampel wilayah studi
- N : jumlah total dari keseluruhan rumah yang ada di wilayah studi
- a : derajat kesalahan yang digunakan (10%)

Berdasarkan persamaan 3.1, maka jumlah sampel yang direncanakan untuk setiap dusun yaitu Dusun Candirejo dengan populasi 134 rumah akan diambil sampel sebanyak 57 rumah, Dusun Bonjotan dengan populasi 28 rumah akan diambil 22 rumah, Dusun Nglanjaran dengan populasi 147 rumah akan diambil 60 rumah, dan Dusun Ngangkruk dengan populasi 109 rumah akan diambil 52 rumah. Namun, dikarenakan kondisi lapangan yang tidak memungkinkan untuk mengambil sampel sesuai hasil perhitungan, disebabkan oleh kompleksitas masyarakat yang sulit ditemui selama proses survei berlangsung. Selain itu, dengan mempertimbangkan karakteristik responden yang bersifat homogen yaitu sebagian besar masyarakat merupakan mahasiswa Kampus Terpadu UII dengan kebutuhan energi yang serupa dan bertempat tinggal di indekos dengan jarak yang berdekatan, sehingga peneliti memutuskan untuk mengambil 20 sampel dari setiap dusun di Padukuhan Candirejo.

3.3.2 Sumber Data

Adapun sumber data dalam penelitian ini adalah:

a. Data Primer

Data primer adalah sumber data yang bersifat utama yang diperoleh dari informan menggunakan metode observasi, wawancara serta melakukan perhitungan langsung terhadap objek yang diteliti menggunakan pendekatan kuantitatif. Observasi dilakukan untuk mengetahui batas wilayah tiap dusun di Padukuhan Candirejo, sedangkan wawancara dilakukan untuk memperoleh jumlah kendaraan bermotor dan jenis bahan bakar yang digunakan.

b. Data sekunder

Data sekunder merupakan sumber data yang bersifat mendukung analisis dan pengolahan data primer dalam penelitian, yang umumnya diperoleh secara tidak langsung dari wilayah studi, melainkan melalui studi literatur, studi kepustakaan, dokumentasi maupun internet. Data sekunder dalam penelitian ini berupa jumlah kepala keluarga yang diperoleh dari aplikasi *Verval KRS*, peta wilayah Padukuhan Candirejo yang diambil dari *Google Earth*, serta data nilai kalor dan faktor emisi CO₂ yang sudah ditetapkan oleh IPCC.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Setelah mengetahui sumber data apa saja yang diperlukan dalam penelitian ini, yaitu data primer dan sekunder, selanjutnya adalah melakukan pengumpulan data yang akan dicantumkan dalam **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Teknik Pengambilan Data

No	Parameter	Teknik Pengambilan Data
1	Gambaran umum instansi (lokasi, jumlah rumah dan kegiatan wilayah penelitian)	Observasi dan survei langsung di Padukuhan Candirejo
2	Jumlah kendaraan (mobil dan motor) dan bahan bakar (pertamax, pertalite dan solar)	Survei langsung di tempat tinggal responden
3	Penggunaan bahan bakar memasak (LPG)	Survei langsung di tempat tinggal responden

No	Parameter	Teknik Pengambilan Data
4	Pemakaian energi listrik dan klasifikasi daya listrik	Survei langsung di tempat tinggal responden

3.5 Metode Analisis Data

Data penelitian diolah dan dianalisis untuk memperoleh nilai emisi CO₂ dari setiap dusun di Padukuhan Candirejo.

3.5.1 Penggunaan LPG

Dalam menghitung jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan LPG, dapat menggunakan Persamaan 3.3 (IPCC, 2006).

$$E = KBB \times NCV \times FE \times GWP \dots\dots\dots(3.3)$$

dimana:

E : total emisi (kg CO₂eq)

KBB : konsumsi bahan bakar (kg)

NCV : konversi energi (TJ/kg)

FE : faktor emisi (kg CO₂/TJ)

GWP : *Global Warming Potential* (CO₂eq)

Global Warming Potential (GWP) merupakan faktor yang berfungsi untuk menghitung emisi GRK relatif terhadap CO₂ (CO₂eq) (IPCC, 2007). GWP biasanya digunakan untuk menyetarakan emisi GRK non-CO₂ menjadi ekuivalen karbon dioksida (CO₂eq). Berdasarkan *Second Assessment Report* oleh IPCC (1995), nilai GWP untuk jenis GRK CO₂ yaitu 1 CO₂eq. Serta, nilai faktor emisi dan *Net Calorific Value* (NCV) per volume bahan bakar dapat dilihat pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Konversi Energi dan Faktor Emisi Gas

Jenis Bahan Bakar	Faktor Emisi CO ₂ (kg CO ₂ /TJ)	NCV (TJ/kg)
LPG	63100	47,3 × 10 ⁻⁶

Sumber: (IPCC, 2006; KLH, 2012)

3.5.2 Kegiatan Transportasi

Dalam menghitung jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan BBM, dapat menggunakan Persamaan 3.4 (IPCC, 2006).

$$E = KBB \times NCV \times FE \times GWP \dots\dots\dots(3.4)$$

dimana:

E : total emisi (kg CO₂eq)

KBB : konsumsi bahan bakar (L)

NCV : konversi energi (TJ/L)

FE : faktor emisi (kg CO₂/TJ)

GWP : *Global Warming Potential* (CO₂eq)

Tabel 3.3 Konversi Energi dan Faktor Emisi BBM

Jenis Bahan Bakar	Faktor Emisi CO ₂ (kg CO ₂ /TJ)	NCV (TJ/L)
Pertamax	72600	0,000033
Pertalite	72967	0,000033
Solar	74433	0,000036

Sumber: (KLH, 2012; Puslitbang Lemigas, 2017; Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, 2016)

3.5.3 Pemakaian Energi Listrik

Dalam menghitung jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan dari pemakaian energi listrik, dapat menggunakan Persamaan 3.5 (IPCC, 2006).

$$E = KE \times FE \times GWP \dots\dots\dots(3.5)$$

dimana:

E : total emisi (kg CO₂eq)

KE : konsumsi energi (kWh)

FE : faktor emisi (kg CO₂/kWh)

GWP : *Global Warming Potential* (CO₂eq)

Tabel 3.4 Faktor Emisi Jaringan Ketenagalistrikan Jawa-Madura-Bali

Tahun	Faktor Emisi CO ₂ (kg CO ₂ /kWh)
2019	0,870

Sumber: <https://gatrik.esdm.go.id/> (2019)

3.5.4 Total Emisi Gas Rumah Kaca

Apabila masing-masing emisi GRK dari kegiatan pemakaian LPG, pemakaian listrik, serta transportasi telah diperoleh, maka dilakukan perhitungan total emisi GRK dari ketiga kegiatan tersebut. Persamaan yang digunakan adalah:

$$TE_{GRK} = TE_{LPG} + TE_{BBM} + TE_{ENERGI LISTRIK} \dots\dots\dots(3.4)$$

dimana :

- TE_{GRK} : total emisi GRK keseluruhan (ton CO₂eq)
- TE_{LPG} : total emisi pemakaian LPG (ton CO₂eq)
- TE_{BBM} : total emisi transportasi (ton CO₂eq)
- $TE_{ENERGI LISTRIK}$: total emisi penggunaan listrik (ton CO₂eq)

Data diolah menggunakan aplikasi *Microsoft Excel*. Tahapan berikutnya adalah menganalisis total emisi GRK, memetakan penyebaran emisi karbon dan menyusun upaya minimalisasi emisi tersebut.

3.5.5 Rentang Emisi dalam Pemetaan Jejak Karbon

Setelah melakukan pengolahan data, pemetaan terhadap emisi karbon yang telah diperoleh dilakukan menggunakan persamaan (3.5) untuk menentukan rentang emisi yang akan dipetakan. Proses pemetaan emisi ini menggunakan *software* QGIS (*Quantum Geographic Information System*). Hasil perhitungan emisi karbon yang dihasilkan oleh setiap kelurahan di wilayah studi digunakan sebagai dasar untuk menentukan interval pemetaan jejak karbon.

$$C = \frac{X_n - X_1}{K} \dots\dots\dots(3.5)$$

dimana:

- C : interval
- X_n : nilai data terbesar
- X₁ : nilai data terkecil
- K : banyak kelas

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum

Penelitian ini membahas tentang inventarisasi emisi GRK di Padukuhan Candirejo yang terbagi menjadi sektor rumah tangga berupa penggunaan gas LPG dan pemakaian energi listrik, serta sektor transportasi berupa penggunaan mobil dan motor pribadi. Inventarisasi ini bertujuan untuk mengevaluasi emisi CO₂ yang sekaligus menjadi upaya dalam mengurangi jumlah emisi GRK yang dihasilkan. Padukuhan Candirejo terdiri dari 4 dusun dan 418 kepala keluarga. **Tabel 4.1** menunjukkan rincian jumlah kepala keluarga di Padukuhan Candirejo.

Tabel 4.1 Jumlah Rumah di Padukuhan Candirejo

Dusun	RT	Jumlah Rumah
Candirejo	1	66
	2	68
Bonjotan	3	28
Ngangkruk	4	36
	5	73
Nglanjaran	6	36
	7	36
	8	35
	9	40
Total		418

Berdasarkan data di atas, jumlah rumah di Padukuhan Candirejo tercatat sebanyak 418 kepala keluarga (KK). Dari jumlah tersebut, berdasarkan perencanaan sampel yang telah ditetapkan sebelumnya, dipilih 20 rumah sebagai responden dari masing-masing dusun di Padukuhan Candirejo. Informasi lebih lanjut mengenai titik koordinat lokasi masing-masing sampel dapat dilihat pada **Tabel 4.2**, yang memuat titik koordinat dari lokasi tiap rumah.

Tabel 4.2 Titik Koordinat Sampel

Rumah	Titik Koordinat
Rumah 1	7°41'49.79"S, 110°24'43.25"E
Rumah 2	7°41'48.77"S, 110°24'43.80"E
Rumah 3	7°41'47.21"S, 110°24'46.75"E
Rumah 4	7°41'45.31"S, 110°24'47.13"E
Rumah 5	7°41'45.95"S, 110°24'46.17"E
Rumah 6	7°41'44.93"S, 110°24'47.16"E
Rumah 7	7°41'44.23"S, 110°24'41.30"E
Rumah 8	7°41'43.66"S, 110°24'41.56"E
Rumah 9	7°41'42.69"S, 110°24'43.36"E
Rumah 10	7°41'41.82"S, 110°24'43.70"E
Rumah 11	7°41'51.34"S, 110°24'46.75"E
Rumah 12	7°41'50.00"S, 110°24'46.21"E
Rumah 13	7°41'50.29"S, 110°24'44.21"E
Rumah 14	7°41'41.03"S, 110°24'39.80"E
Rumah 15	7°41'47.60"S, 110°24'46.83"E
Rumah 16	7°41'49.26"S, 110°24'47.10"E
Rumah 17	7°41'44.07"S, 110°24'40.90"E
Rumah 18	7°41'42.28"S, 110°24'44.94"E
Rumah 19	7°41'44.14"S, 110°24'39.65"E
Rumah 20	7°41'44.09"S, 110°24'47.12"E
Rumah 21	7°41'33.62"S, 110°24'49.03"E
Rumah 22	7°41'28.09"S, 110°24'49.21"E
Rumah 23	7°41'31.24"S, 110°24'47.14"E
Rumah 24	7°41'32.77"S, 110°24'47.47"E
Rumah 25	7°41'29.08"S, 110°24'46.85"E
Rumah 26	7°41'34.56"S, 110°24'48.94"E
Rumah 27	7°41'27.59"S, 110°24'48.16"E
Rumah 28	7°41'27.13"S, 110°24'48.60"E
Rumah 29	7°41'26.90"S, 110°24'50.51"E
Rumah 30	7°41'30.93"S, 110°24'45.03"E
Rumah 31	7°41'30.61"S, 110°24'43.15"E
Rumah 32	7°41'33.25"S, 110°24'49.26"E
Rumah 33	7°41'30.46"S, 110°24'41.47"E
Rumah 34	7°41'28.29"S, 110°24'46.91"E
Rumah 35	7°41'28.24"S, 110°24'50.12"E
Rumah 36	7°41'31.58"S, 110°24'47.13"E
Rumah 37	7°41'32.74"S, 110°24'48.06"E
Rumah 38	7°41'25.79"S, 110°24'50.30"E

Rumah	Titik Koordinat
Rumah 39	7°41'25.77"S, 110°24'51.98"E
Rumah 40	7°41'30.47"S, 110°24'47.25"E
Rumah 41	7°41'27.47"S, 110°24'26.82"E
Rumah 42	7°41'25.98"S, 110°24'26.80"E
Rumah 43	7°41'21.91"S, 110°24'34.30"E
Rumah 44	7°41'26.65"S, 110°24'23.84"E
Rumah 45	7°41'18.54"S, 110°24'29.34"E
Rumah 46	7°41'26.60"S, 110°24'23.51"E
Rumah 47	7°41'24.47"S, 110°24'25.45"E
Rumah 48	7°41'24.50"S, 110°24'27.08"E
Rumah 49	7°41'25.40"S, 110°24'24.10"E
Rumah 50	7°41'28.09"S, 110°24'32.06"E
Rumah 51	7°41'18.64"S, 110°24'40.14"E
Rumah 52	7°41'16.06"S, 110°24'39.42"E
Rumah 53	7°41'16.87"S, 110°24'29.49"E
Rumah 54	7°41'16.78"S, 110°24'29.04"E
Rumah 55	7°41'16.96"S, 110°24'35.50"E
Rumah 56	7°41'16.88"S, 110°24'34.82"E
Rumah 57	7°41'28.96"S, 110°24'37.63"E
Rumah 58	7°41'24.88"S, 110°24'38.98"E
Rumah 59	7°41'16.09"S, 110°24'39.70"E
Rumah 60	7°41'16.25"S, 110°24'34.29"E
Rumah 61	7°41'34.47"S, 110°24'55.90"E
Rumah 62	7°41'44.06"S, 110°24'52.84"E
Rumah 63	7°41'49.65"S, 110°24'56.28"E
Rumah 64	7°41'49.39"S, 110°24'55.30"E
Rumah 65	7°41'45.65"S, 110°24'53.25"E
Rumah 66	7°41'45.78"S, 110°24'53.90"E
Rumah 67	7°41'36.12"S, 110°24'53.02"E
Rumah 68	7°41'37.92"S, 110°24'53.71"E
Rumah 69	7°41'37.20"S, 110°24'52.85"E
Rumah 70	7°41'45.93"S, 110°24'53.17"E
Rumah 71	7°41'50.44"S, 110°24'57.64"E
Rumah 72	7°41'48.36"S, 110°24'55.46"E
Rumah 73	7°41'45.19"S, 110°24'53.38"E
Rumah 74	7°41'45.34"S, 110°24'53.89"E
Rumah 75	7°41'53.99"S, 110°24'54.89"E
Rumah 76	7°41'53.42"S, 110°24'54.97"E
Rumah 77	7°41'50.85"S, 110°24'53.53"E

Rumah	Titik Koordinat
Rumah 78	7°41'35.75"S, 110°24'54.66"E
Rumah 79	7°41'49.06"S, 110°24'54.77"E
Rumah 80	7°41'52.20"S, 110°24'55.88"E

4.2 Hasil Pengumpulan Data

Data primer meliputi informasi terkait konsumsi gas LPG, jumlah kendaraan dan bahan bakar yang digunakan serta tarif penggunaan listrik dan klasifikasi daya listrik di Padukuhan Candirejo. Data-data tersebut diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara.

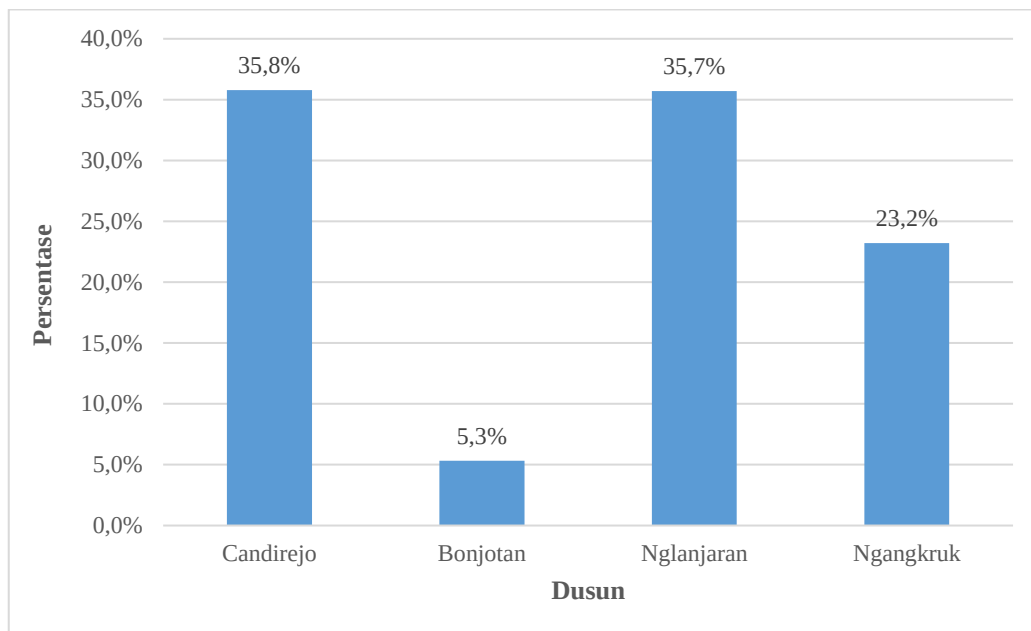
4.2.1 Data Penggunaan LPG

Hasil survei menunjukkan bahwa penggunaan LPG di Dusun Candirejo mencapai 15 rumah dengan total konsumsi 105 kg/bulan, di Dusun Bonjotan mencapai 16 rumah dengan konsumsi 89,8 kg/bulan, di Dusun Nglanjaran mencapai 20 rumah dengan konsumsi 127,4 kg/bulan, serta di Dusun Ngangkruk mencapai 18 rumah dengan konsumsi 100,5 kg/bulan. **Tabel 4.3** menyajikan rincian pemakaian LPG di Padukuhan Candirejo serta **Gambar 4.1** menunjukkan diagram persentase penggunaan gas.

Tabel 4.3 Penggunaan LPG

Dusun	Pengguna non LPG (rumah)	Pengguna LPG (rumah)	Konsumsi Gas (kg/bulan)	Rata-Rata Konsumsi Gas* (kg/bulan)	Total Konsumsi Gas (kg/tahun)
Candirejo	5	15	105,0	938,0	11256,00
Bonjotan	2	18	89,8	139,61	1675,33
Nglanjaran	0	20	127,4	936,02	11232,27
Ngangkruk	2	18	100,5	608,58	7303,00
Total	9	71	422,6	2622,22	31466,60

*Rata-rata konsumsi gas diperoleh dari hasil bagi antara konsumsi gas per bulan terhadap jumlah pengguna LPG, kemudian dikali dengan total rumah di dusun tersebut.



Gambar 4.1 Diagram Persentase Penggunaan Gas

Berdasarkan data di atas, maka dapat diketahui bahwa total konsumsi gas di Dusun Candirejo mencapai 11256,00 kg/tahun (35,8%), di Dusun Bonjotan mencapai 1675,33 kg/tahun (5,3%), di Dusun Nglanjaran mencapai 11232,27 kg/tahun (35,7%), serta di Dusun Ngangkruk mencapai 7303 kg/tahun (23,2%).

Berdasarkan total 80 rumah yang disurvei, terdapat 71 rumah di Padukuhan Candirejo yang merupakan pengguna LPG sebagai sumber energi utama untuk aktivitas memasak sehari-hari. Penggunaan LPG ini telah menjadi pilihan umum bagi sebagian besar masyarakat karena ketersediaannya yang luas serta kemudahan penggunaannya dalam memenuhi kebutuhan rumah tangga, terutama untuk hal memasak. LPG juga dinilai praktis dan efisien dalam mendukung aktivitas harian warga di wilayah tersebut.

Hasil survei juga menunjukkan bahwa Dusun Bonjotan merupakan dusun dengan pengguna LPG paling kecil di Padukuhan Candirejo. Dari total 20 rumah yang disurvei, terdapat 5 rumah di Dusun Candirejo, 2 rumah di Dusun Bonjotan dan 2 rumah di Dusun Ngangkruk yang tidak menggunakan LPG untuk aktivitas memasak. Secara bangunan hunian, 9 rumah tersebut berstatus sebagai kost ataupun kontrakan yang secara sengaja tidak disediakan dapur oleh si pemilik asli

bangunan. Berdasarkan keterangan dari pemilik asli bangunan, hal ini dilakukan untuk meminimalisasi perilaku penghuni yang sering kali tidak bertanggung jawab untuk membersihkan kembali dapur setelah selesai dipakai untuk memasak.

Contoh perhitungan total konsumsi gas dalam 1 tahun di Dusun Nglanjaran:

$$\begin{aligned}
 \text{Total rumah} &= 147 \text{ rumah} \\
 \text{Pengguna LPG} &= 20 \text{ rumah} \\
 \text{Konsumsi gas} &= 127,4 \text{ kg/bulan} \\
 \text{Total konsumsi gas} &= \text{Rata – rata konsumsi gas (kg/bulan)} \times 12 \text{ bulan} \\
 \text{Total konsumsi gas} &= \left(\frac{127,4 \text{ kg/bulan}}{20 \text{ KK}} \times 147 \text{ rumah} \right) \times 12 \text{ bulan} \\
 \text{Total konsumsi gas} &= 11232,27 \text{ kg/tahun}
 \end{aligned}$$

4.2.2 Data Penggunaan Kendaraan Bermotor

A. Pengguna Kendaraan

Data jumlah rumah yang merupakan pengguna kendaraan mobil dan motor di Padukuhan Candirejo dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Data Jenis Kendaraan

Dusun	Frekuensi (rumah)	
	Mobil	Motor
Candirejo	6	20
Bonjotan	10	20
Nglanjaran	6	20
Ngangkruk	4	20
Total	26	80

Berdasarkan data di atas, maka dapat diketahui bahwa di Dusun Candirejo terdapat 6 rumah yang memiliki mobil dan 20 rumah yang memiliki motor, di Dusun Bonjotan sebesar terdapat 10 rumah yang memiliki mobil dan 20 rumah yang memiliki motor, di Dusun Nglanjaran terdapat 6 rumah yang memiliki mobil dan 20 rumah yang memiliki motor, serta di Dusun Ngangkruk terdapat 4 rumah yang memiliki mobil dan 20 rumah yang memiliki motor.

B. Jumlah Unit Kendaraan

Data jumlah unit kendaraan mobil dan motor yang terdapat di Padukuhan Candirejo dapat dilihat pada **Tabel 4.5**.

Tabel 4.5 Jumlah Unit Kendaraan

Dusun	Rata-Rata (Unit/Rumah)		Frekuensi (Unit/Dusun)	
	Mobil	Motor	Mobil	Motor
Candirejo	2	5	11	108
Bonjotan	3	12	32	232
Nglanjaran	6	9	38	176
Ngangkruk	4	8	16	167
Total	15	34	97	683

Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui bahwa rata-rata kepemilikan kendaraan di Dusun Candirejo adalah 2 mobil dan 5 motor per rumah, dengan total 11 mobil dan 108 motor di seluruh dusun. Di Dusun Bonjotan, rata-rata kepemilikan adalah 3 mobil dan 12 motor per rumah, dengan total 32 mobil dan 232 motor. Di Dusun Nglanjaran, rata-rata setiap rumah memiliki 6 mobil dan 9 motor, dengan total 38 mobil dan 176 motor. Sementara itu, di Dusun Ngangkruk, rata-rata kepemilikan per rumah adalah 4 mobil dan 8 motor, dengan total 16 mobil dan 167 motor di seluruh dusun.

C. Jumlah Pengguna BBM

Data jumlah rumah pengguna BBM pertamax, pertalite dan solar di Padukuhan Candirejo dapat dilihat pada **Tabel 4.6**.

Tabel 4.6 Jumlah Pengguna BBM

Dusun	Frekuensi (rumah)		
	Pertamax	Pertalite	Solar
Candirejo	4	20	0
Bonjotan	8	20	1
Nglanjaran	3	20	1
Ngangkruk	10	20	0
Total	25	60	2

Berdasarkan data di atas, maka dapat diketahui bahwa jumlah rumah pengguna masing-masing jenis BBM pertamax, pertalite dan solar di Dusun Candirejo mencapai sebesar 4 rumah; 20 rumah; 0 rumah, di Dusun Bonjotan mencapai sebesar 8 rumah; 20 rumah; 1 rumah, di Dusun Nglanjaran mencapai

sebesar 3 rumah; 20 rumah; 1 rumah, serta di Dusun Ngangkruk mencapai sebesar 10 rumah; 20 rumah; 0 rumah.

Hasil survei menunjukkan bahwa bahan bakar pertamax umumnya digunakan oleh kendaraan pribadi, baik mobil maupun motor. Demikian pula, pertalite digunakan untuk jenis kendaraan pribadi yang sama, yaitu mobil dan motor. Sementara itu, solar digunakan oleh kendaraan pribadi tertentu dan juga oleh mobil pengangkut barang, seperti *pick up*.

D. Jumlah Penggunaan BBM per Bulan

Data jumlah BBM pertamax, pertalite dan solar yang digunakan oleh masyarakat Padukuhan Candirejo dalam 1 bulan dapat dilihat pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4.7 Jumlah BBM per Bulan

Dusun	Frekuensi (L/bulan)		
	Pertamax	Pertalite	Solar
Candirejo	333,33	1615,20	0,00
Bonjotan	1373,91	3796,80	88,24
Nglanjaran	591,71	2984,40	22,06
Ngangkruk	918,84	1883,20	0,00
Total	2298,95	8396,40	110,29

Berdasarkan data di atas, maka dapat diketahui bahwa penggunaan masing-masing jenis BBM pertamax, pertalite dan solar secara-berturut-turut di Dusun Candirejo mencapai sebesar 333,33 L/bulan; 1615,20 L/bulan; 0 L/bulan, di Dusun Bonjotan mencapai sebesar 1373,91 L/bulan; 3796,80 L/bulan; 88,24 L/bulan, di Dusun Nglanjaran mencapai sebesar 591,71 L/bulan; 2984,40 L/bulan; 22,06 L/bulan, serta di Dusun Ngangkruk mencapai sebesar 918,84 L/bulan; 1883,20 L/bulan; 0 L/bulan.

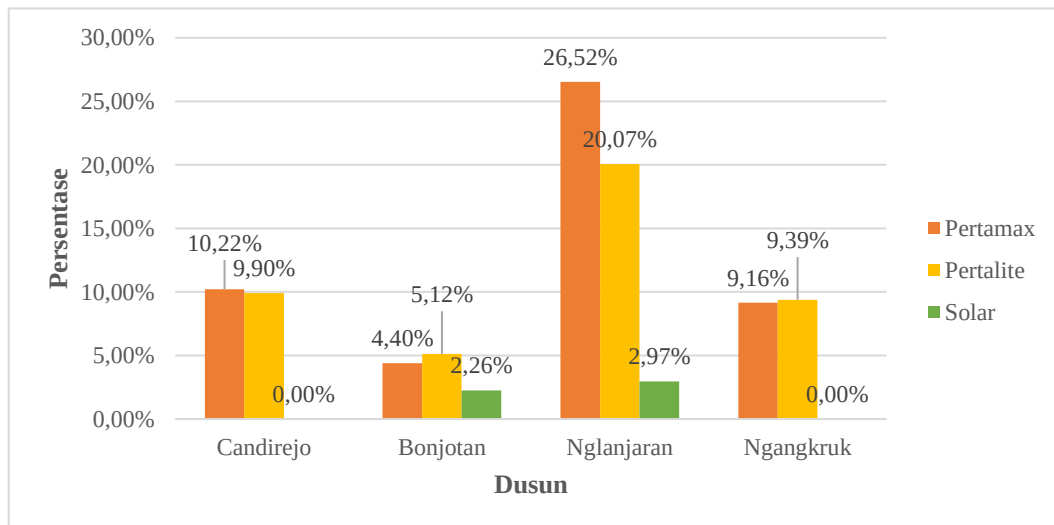
E. Total Penggunaan BBM per Tahun

Data jumlah BBM pertamax, pertalite dan solar yang digunakan oleh masyarakat Padukuhan Candirejo dalam 1 tahun dapat dilihat pada **Tabel 4.8**

Tabel 4.8 Jumlah BBM per Tahun

Dusun	Rata-Rata Konsumsi BBM* (L/bulan)			Total Konsumsi BBM (L/tahun)		
	Pertamax	Pertalite	Solar	Pertamax	Pertalite	Solar
Candirejo	11166,67	10821,84	0,00	134000,00	129862,08	0,00
Bonjotan	4808,70	5595,28	2470,59	57704,35	67143,41	29647,06
Nglanjaran	28993,80	21935,34	3242,65	347925,57	263224,08	38911,76
Ngangkruk	10015,36	10263,44	0,00	120184,35	123161,28	0,00
Total	54984,52	48615,90	5713,24	659814,26	583390,85	68558,82

*Rata-rata konsumsi BBM diperoleh dari hasil bagi antara konsumsi BBM per bulan terhadap jumlah pengguna BBM, kemudian dikali dengan total rumah di dusun tersebut.

**Gambar 4.2** Diagram Persentase Total Penggunaan BBM

Berdasarkan data di atas, maka dapat diketahui bahwa penggunaan masing-masing jenis BBM pertamax, pertalite dan solar secara berturut-turut di Dusun Candirejo mencapai sebesar 134000,00 L/tahun (10,22%); 129862,08 L/tahun (9,90%); 0 L/tahun (0%), di Dusun Bonjotan mencapai sebesar 57704,35 L/tahun (4,40%); 67143,41 L/tahun (5,12%); 29647,06 L/tahun (2,26%), di Dusun Nglanjaran mencapai sebesar 3479,25 L/tahun (26,52%); 263224,08 L/tahun (20,07%); 38911,76 L/tahun (2,97%) L/tahun, serta di Dusun Ngangkruk 120184,35 L/tahun (9,16%); 123161,28 L/tahun (9,39%) L/tahun; 0 L/tahun (0%).

Hasil survei menunjukkan bahwa pertamax merupakan jenis BBM yang paling banyak digunakan di tiap dusun dengan total konsumsi yang mencapai 659814,26 L/tahun. Berdasarkan keterangan dari responden, hal ini dikarenakan kandungan oktan yang lebih tinggi pada pertamax dapat memberikan performa mesin yang lebih baik dibandingkan penggunaan pertalite.

Contoh perhitungan total konsumsi BBM Pertamina dalam 1 tahun di Dusun Ngalanjaran:

Total rumah = 147 rumah

Pengguna pertamax = 4 rumah

Konsumsi pertamax = 28993,80 L/bulan

Total konsumsi pertamax = Rata – rata konsumsi pertamax (L/bulan) × 12 bulan

Total konsumsi pertamax = $\left(\frac{28993,80 \text{ L/bulan}}{4 \text{ rumah}} \times 147 \text{ rumah} \right) \times 12 \text{ bulan}$

Total konsumsi pertamax = 347925,57 L/tahun

4.2.3 Data Penggunaan Energi Listrik

A. Klasifikasi Daya Listrik (VA)

Data jumlah rumah berdasarkan klasifikasi daya listrik (VA) di Padukuhan Candirejo dapat dilihat pada **Tabel 4.9**.

Tabel 4.9 Klasifikasi Daya Listrik (VA)

Dusun	Frekuensi (rumah)					Total kWh Meter (Unit)
	450 VA	900 VA	1300 VA	2200 VA	3500 VA	
Candirejo	1	11	6	2	-	20
Bonjotan	1	8	5	8	2	24
Ngalanjaran	1	11	11	1	1	25
Ngangkruk	1	16	1	1	1	20
Total	4	46	23	12	4	89

Berdasarkan data di atas, maka dapat diketahui bahwa jumlah rumah berdasarkan masing-masing daya listrik 450 VA, 900 VA, 1300 VA, 2200 VA dan 3500 VA secara berturut-turut di Dusun Candirejo mencapai sebesar 1 rumah; 11 rumah; 6 rumah; 2 rumah; 0 rumah, di Dusun Bonjotan mencapai sebesar 1 rumah;

8 rumah; 5 rumah; 8 rumah; 2 rumah, serta di Dusun Nglanjaran mencapai sebesar 1 rumah; 11 rumah; 11 rumah; 1 rumah; 1 rumah.

Hasil survei juga menunjukkan bahwa dari total 20 rumah yang menjadi responden dalam penelitian, terdapat 2 dusun yang memiliki lebih dari 20 kWh meter yaitu Dusun Bonjotan dan Dusun Nglanjaran. Hal ini dikarenakan pada kedua dusun tersebut didominasi oleh jenis bangunan hunian berupa kost yang menyediakan berbagai jenis kamar dengan fasilitas yang berbeda, sehingga menyebabkan adanya perbedaan akan kebutuhan kWh-meter di tiap jenis kamar yang disediakan.

B. Jumlah Daya Listrik (kWh)

Data jumlah rumah berdasarkan klasifikasi daya listrik (kWh) di Padukuhan Candirejo dapat dilihat pada **Tabel 4.10**.

Tabel 4.10 Jumlah Daya Listrik (kWh/bulan)

Dusun	Frekuensi (kWh/bulan)
Candirejo	7219,37
Bonjotan	18565,54
Nglanjaran	24342,44
Ngangkruk	18485,21
Total	68612,56

Berdasarkan data di atas, maka dapat diketahui bahwa jumlah daya listrik di Dusun Candirejo mencapai 7219,37 kWh/bulan, di Dusun Bonjotan mencapai 18565,54 kWh/bulan, di Dusun Nglanjaran mencapai 24342,44 kWh/bulan, serta di Dusun Ngangkruk mencapai 18485,21 kWh/bulan.

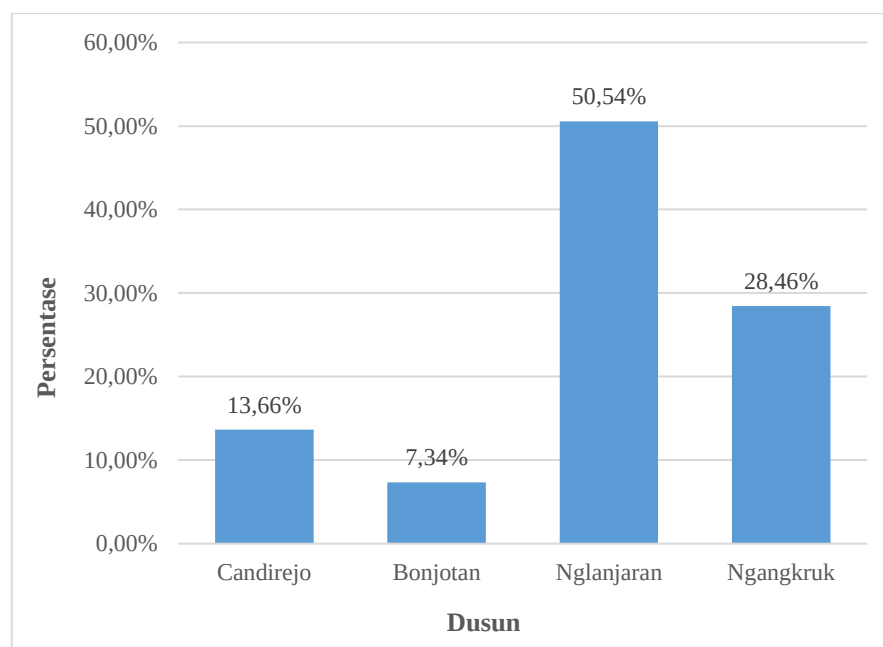
C. Total Penggunaan Daya Listrik (kWh)

Data jumlah rumah berdasarkan klasifikasi daya listrik (kWh) di Padukuhan Candirejo dapat dilihat pada **Tabel 4.11** serta diagram persentase total penggunaan listrik dapat dilihat pada **Gambar 4.3**

Tabel 4.11 Total Penggunaan Daya Listrik (kWh)

Dusun	Rata-Rata Konsumsi Daya Listrik* (kWh/bulan)	Total Konsumsi Daya Listrik (kWh/tahun)
Candirejo	48369,78	580437,32
Bonjotan	25991,75	311901,04
Nglanjaran	178916,93	2147003,19
Ngangkruk	100744,41	1208932,93
Total	354022,87	4248274,48

*Rata-rata konsumsi daya listrik diperoleh dari hasil bagi antara konsumsi daya listrik per bulan terhadap jumlah pengguna energi listrik, kemudian dikali dengan total rumah di dusun tersebut.



Gambar 4.3 Diagram Persentase Total Penggunaan Listrik (kWh)

Berdasarkan data di atas, maka dapat diketahui bahwa total penggunaan listrik di Dusun Candirejo mencapai 580437,32 kWh/tahun (13,66%), di Dusun Bonjotan mencapai 311901,04 kWh/tahun (7,34%), di Dusun Nglanjaran mencapai 2147003,19 kWh/tahun (50,54%), serta di Dusun Ngangkruk mencapai 1208932,93 kWh/tahun (28,46%).

Contoh perhitungan total konsumsi energi listrik dalam 1 tahun di Dusun Nglanjaran:

$$\begin{aligned}
\text{Total rumah} &= 147 \text{ KK} \\
\text{Pengguna listrik} &= 20 \text{ KK} \\
\text{Daya listrik} &= 26642,86 \text{ kWh/bulan} \\
\text{Total konsumsi daya listrik} &= \text{Rata – rata konsumsi gas (kg/bulan)} \times 12 \text{ bulan} \\
\text{Total konsumsi daya listrik} &= \left(\frac{178916,93 \text{ kWh/bulan}}{20 \text{ rumah}} \times 147 \text{ rumah} \right) \times 12 \text{ bulan} \\
\text{Total konsumsi daya listrik} &= 2147003,19 \text{ kWh/tahun}
\end{aligned}$$

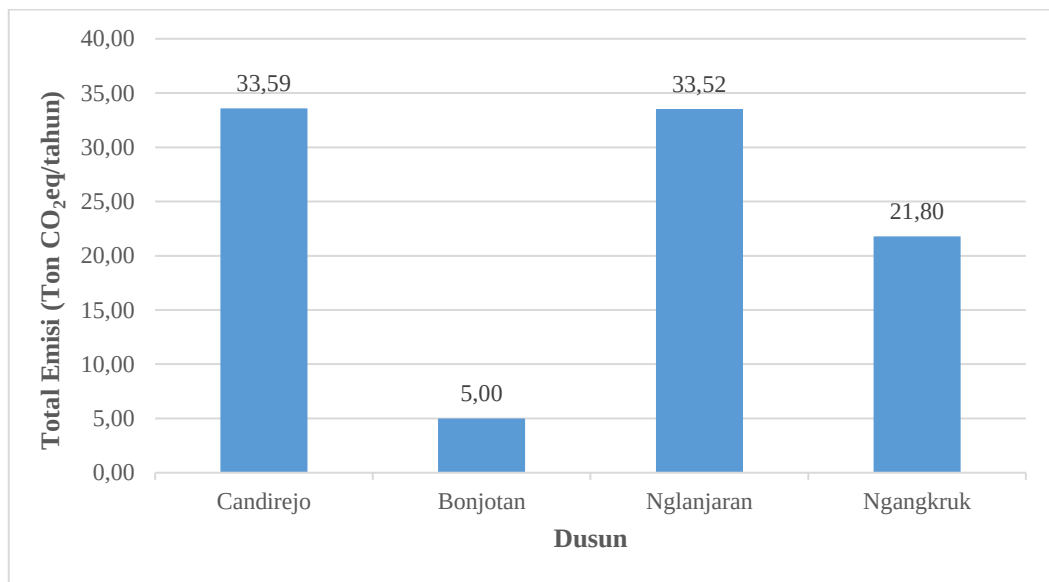
4.3 Perhitungan Jumlah Jejak Karbon

4.3.1 Jumlah Jejak Karbon Penggunaan LPG

Nilai emisi karbon dari aktivitas penggunaan LPG dihitung dari data jumlah konsumsi bahan bakar yang digunakan oleh masyarakat Padukuhan Candirejo selama satu tahun yang dikalikan dengan *Net Calorific Value* (NCV), faktor emisi dan nilai GWP. **Tabel 4.12** menyajikan hasil perhitungan emisi karbon dari kegiatan penggunaan energi serta **Gambar 4.4** menunjukkan diagram total emisi karbon penggunaan LPG. Perhitungan secara detail terkait jumlah emisi karbon dari penggunaan LPG dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 4.12 Jumlah Emisi Karbon Penggunaan LPG

No	Dusun	Total Konsumsi LPG (Kg/thn)	Total Emisi LPG (Kg CO ₂ eq/thn)	Total Emisi LPG (Ton CO ₂ eq/thn)
1	Candirejo	11256,00	33594,99	33,59
2	Bonjotan	1675,33	5000,25	5,00
3	Nglanjaran	10773,81	33524,17	33,52
4	Ngangkruk	7303,00	21796,75	21,79
Total		31466,6	93916,17	93,92



Gambar 4.4 Diagram Total Emisi Karbon Penggunaan LPG

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan nilai emisi karbon dari penggunaan LPG yaitu Dusun Candirejo sebesar 33,59 ton CO₂eq/tahun, Dusun Bonjotan sebesar 5,00 ton CO₂eq/tahun, Dusun Nglanjaran sebesar 33,52 ton CO₂eq/tahun, serta Dusun Ngangkruk sebesar 21,79 ton CO₂eq/tahun. Total emisi karbon yang disumbangkan dari penggunaan LPG di Padukuhan Candirejo yaitu 93,92 ton CO₂eq/tahun.

Pada **Gambar 4.4** dapat diketahui bahwa Dusun Candirejo merupakan penyumbang terbesar emisi karbon akibat penggunaan gas LPG di wilayah Padukuhan Candirejo. Hal ini disebabkan oleh dominasi anggota keluarga yang merupakan penduduk asli, sehingga kebutuhan akan bahan bakar memasak lebih tinggi dibandingkan dusun lain yang mayoritas dihuni oleh perantau yang kuliah di Kampus UII. Sebaliknya, Dusun Bonjotan tercatat sebagai dusun dengan emisi karbon terendah dari penggunaan LPG, karena didominasi oleh kos khusus laki-laki yang sehari-harinya jarang melakukan aktivitas memasak, sehingga penggunaan LPG sangat minim.

LPG adalah bahan bakar fosil yang bersih dan serbaguna, terutama terdiri dari propana dan butana, hasil samping dari penyulingan minyak dan gas alam. LPG disimpan dalam bentuk cair di bawah tekanan sedang dan bertransformasi menjadi gas saat dilepaskan. Karakteristik ini menjadikannya portabel dan mudah

digunakan, sehingga cocok untuk berbagai aplikasi seperti memasak, pemanas, dan transportasi.

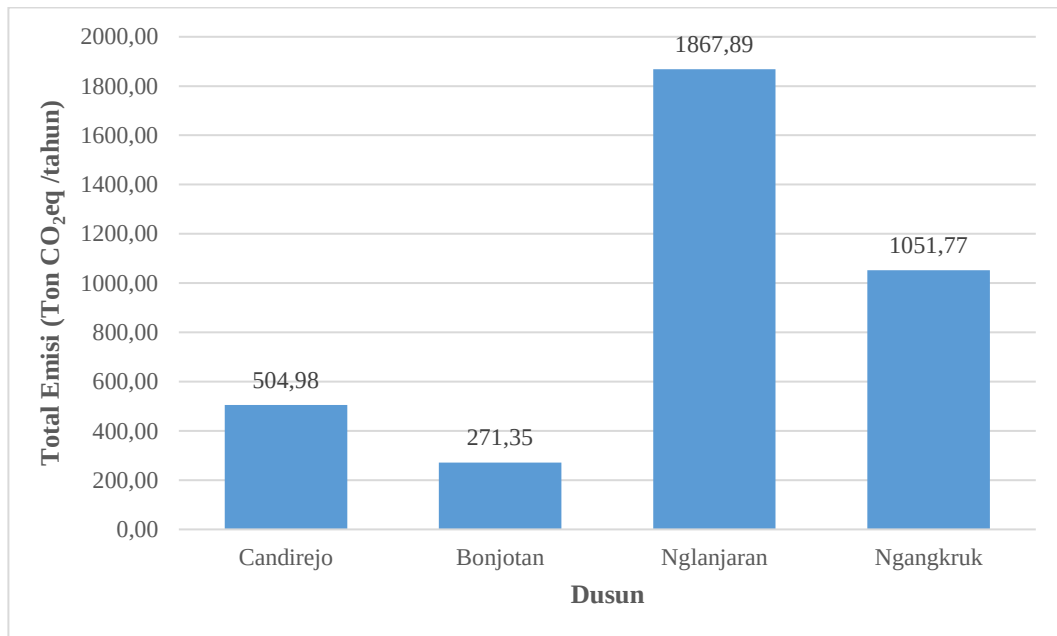
Salah satu keunggulan lingkungan LPG adalah emisi GRK yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar fosil lainnya. Saat dibakar, LPG menghasilkan CO₂ yang jauh lebih sedikit per unit energi dibandingkan batu bara atau diesel, sehingga dapat membantu mengurangi perubahan iklim dan jejak karbon. Selain emisi CO₂ yang rendah, pembakaran LPG juga menghasilkan polutan udara minimal. Hal ini berbeda dengan batu bara dan diesel yang memancarkan sulfur dioksida (SO₂), oksida nitrogen (NO_x), dan partikel, LPG terbakar lebih bersih, yang dapat meningkatkan kualitas udara dan mengurangi masalah kesehatan pernapasan di perkotaan maupun pedesaan. Penggunaan LPG dalam peralatan seperti kompor gas dan pemanas juga memberikan panas instan dan konsisten yang mudah dikontrol, sehingga mengurangi pemborosan energi dan menurunkan biaya energi bagi konsumen.

4.3.2 Jumlah Jejak Karbon Penggunaan Energi Listrik

Nilai emisi karbon dari aktivitas penggunaan energi listrik diperoleh dari data jumlah pemakaian daya listrik (kWh) dalam satu tahun oleh masyarakat Padukuhan Candirejo yang dikalikan dengan faktor emisi dan nilai GWP. **Tabel 4.13** menyajikan data hasil perhitungan emisi karbon pemakaian listrik serta **Gambar 4.5** menunjukkan diagram total emisi karbon penggunaan energi listrik. Perhitungan secara detail terkait jumlah emisi karbon dari penggunaan energi listrik dapat dilihat pada Lampiran 4.

Tabel 4.13 Jumlah Emisi Karbon Penggunaan Listrik

No	Dusun	Total Konsumsi Daya Listrik (kWh/thn)	Total Emisi Listrik (Kg CO ₂ eq /thn)	Total Emisi Listrik (Ton CO ₂ eq /thn)
1	Candirejo	580437,32	504980,47	504,98
2	Bonjotan	311901,04	271353,90	271,35
3	Nglanjaran	2147003,19	1867892,78	1867,89
4	Ngangkruk	1208932,93	1051771,65	1051,77
Total		3039341,55	3695998,80	3695,99



Gambar 4.5 Diagram Total Emisi Karbon Penggunaan Energi Listrik

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan nilai emisi karbon dari penggunaan energi listrik yaitu Dusun Candirejo sebesar 504,98 ton CO₂eq/tahun, Dusun Bonjotan sebesar 271,35 ton CO₂eq/tahun, Dusun Nglanjaran sebesar 1867,89 ton CO₂eq/tahun, serta Dusun Ngangkruk sebesar 1051,77 ton CO₂eq/tahun. Total emisi karbon yang disumbangkan dari pemakaian listrik di Padukuhan Candirejo yaitu 3695,99 ton CO₂eq/tahun.

Pada **Gambar 4.5** dapat diketahui bahwa Dusun Nglanjaran merupakan penyumbang terbesar emisi karbon akibat penggunaan energi listrik. Hal ini disebabkan oleh lokasi dusun yang strategis dekat Kampus Terpadu UII, menjadikannya pilihan utama sebagai tempat tinggal bagi mahasiswa UII. Sebaliknya, Dusun Bonjotan tercatat sebagai dusun dengan emisi karbon terendah dari penggunaan energi listrik, karena jumlah penghuni di dusun ini lebih sedikit dibandingkan dengan dusun lainnya. Hal ini mengakibatkan total penggunaan daya listrik di Dusun Bonjotan juga tergolong paling rendah di Padukuhan Candirejo.

Penggunaan listrik memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan karena mayoritas sumber listrik berasal dari pembakaran bahan bakar fosil. Proses ini menghasilkan CO₂ dan GRK lainnya, yang menyebabkan perubahan iklim dan

pemanasan global. Efek utama dari penggunaan listrik terhadap lingkungan adalah peningkatan emisi gas-gas kaca ke atmosfer. Gas-gas ini berkontribusi pada pemanasan global, yang berpotensi mengakibatkan cuaca ekstrem, risiko terhadap keanekaragaman hayati, deforestasi, asam laut, dan desertifikasi. Dampak-dampak lingkungan ini diperkirakan akan semakin buruk seiring dengan peningkatan emisi CO₂. Oleh karena itu, penting untuk meningkatkan kesadaran akan konsumsi listrik agar dapat mengurangi jejak karbon dan memberikan dampak positif bagi lingkungan.

Sebagian besar listrik di dunia masih bergantung pada pembakaran bahan bakar fosil, terutama batu bara. Pada tahun 2019, 37% dari listrik dunia dihasilkan melalui pembakaran batu bara (*International Energy Agency*, 2021). Pembakaran bahan bakar fosil dilakukan untuk menggerakkan turbin atau generator yang memanfaatkan panas untuk menghasilkan listrik. Aktivitas ini merupakan salah satu penyebab utama emisi GRK yang berasal dari aktivitas manusia.

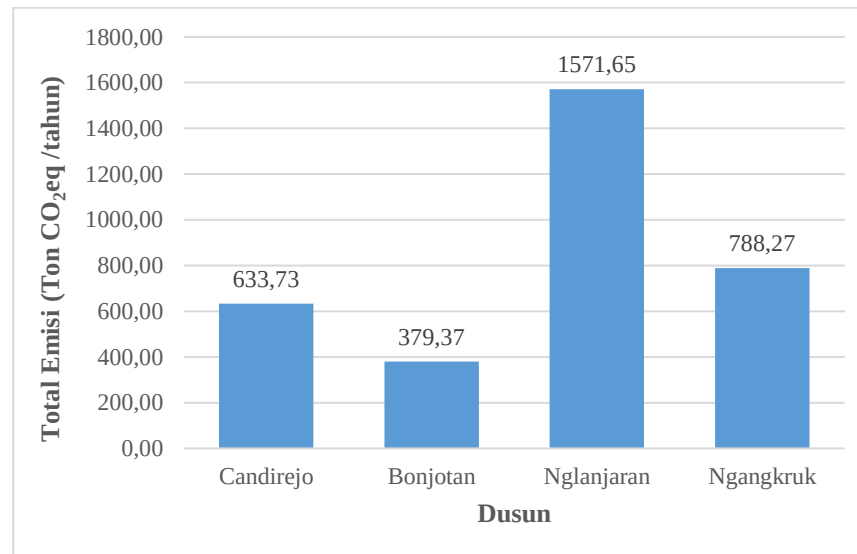
Penggunaan listrik memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan, mengingat sebagian besar energi yang digunakan berasal dari pembakaran bahan bakar fosil. Proses ini mengeluarkan CO₂ dan GRK lainnya yang menyebabkan perubahan iklim dan pemanasan global. Konsekuensi dari fenomena ini mencakup peningkatan frekuensi cuaca ekstrem, ancaman terhadap keanekaragaman hayati, deforestasi, pengasaman laut, dan penurunan jumlah penyerbukan. Semua dampak lingkungan ini diperkirakan akan semakin parah seiring dengan meningkatnya emisi CO₂.

4.3.3 Jumlah Jejak Karbon Penggunaan BBM

Nilai emisi karbon dari aktivitas penggunaan BBM diperoleh dari data jumlah kendaraan dan konsumsi BBM dalam satu tahun oleh masyarakat Padukuhan Candirejo yang dikalikan dengan *Net Calorific Value* (NCV), faktor emisi dan nilai GWP. **Tabel 4.14** menyajikan data hasil perhitungan emisi karbon penggunaan BBM serta **Gambar 4.6** menunjukkan diagram total emisi karbon penggunaan energi BBM. Perhitungan detail terkait jumlah emisi kaca penggunaan BBM dapat dilihat pada Lampiran 5.

Tabel 4.14 Jumlah Emisi Karbon Penggunaan BBM

No	Dusun	Total Konsumsi BBM (L/thn)			Total Emisi BBM (Kg CO ₂ /thn)			Total Emisi BBM (Kg CO ₂ eq/thn)	Total Emisi BBM (Ton CO ₂ eq/thn)
		Pertamax	Pertalite	Solar	Pertamax	Pertalite	Solar		
1	Candirejo	134000,00	129862,08	0,00	321037,20	312696,33	0,00	633733,53	633,73
2	Bonjotan	57704,35	67143,41	29647,06	138248,08	161675,36	79441,90	379365,34	379,37
3	Nglanjaran	347925,57	263224,08	38911,76	833560,07	633820,16	104267,50	1571647,72	1571,65
4	Ngangkruk	162083,48	166098,24	0,00	388319,60	399949,78	0,00	788269,38	788,27
Total		701713,39	626327,81	68558,82	1681164,94	1508141,62	183709,40	3373015,97	3373,02



Gambar 4.6 Diagram Total Emisi Karbon Penggunaan BBM

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan nilai emisi karbon dari penggunaan BBM yaitu Dusun Candirejo sebesar 633,73 ton CO₂eq/tahun, Dusun Bonjotan sebesar 379,37 ton CO₂eq/tahun, Dusun Nglanjaran sebesar 1571,65 ton CO₂eq/tahun, serta Dusun Ngangkruk sebesar 788,27 ton CO₂eq/tahun. Total emisi karbon yang disumbangkan dari pemakaian BBM di Padukuhan Candirejo yaitu 3373,02 ton CO₂eq/tahun.

Pada **Gambar 4.6** dapat diketahui bahwa Dusun Nglanjaran merupakan penyumbang terbesar emisi karbon akibat penggunaan BBM. Hal ini disebabkan oleh tingginya jumlah mahasiswa UII yang bertempat tinggal di dusun tersebut. Para mahasiswa tersebut kerap menggunakan kendaraan pribadi untuk aktivitas sehari-hari, termasuk perjalanan ke kampus, yang secara signifikan meningkatkan konsumsi bahan bakar. Sebaliknya, Dusun Bonjotan menunjukkan tingkat emisi karbon yang lebih rendah, yang disebabkan oleh jumlah rumah tangga yang lebih sedikit, sehingga konsumsi BBM di wilayah tersebut relatif rendah.

Perhitungan jejak karbon dari penggunaan BBM di Padukuhan Candirejo didasarkan pada konsumsi energi oleh setiap rumah tangga di wilayah tersebut. Namun, perhitungan ini tidak terbatas hanya pada kontribusi dari permukiman di sekitar UII. Dengan kata lain, mobilitas kendaraan yang diperhitungkan dalam jejak karbon dapat melampaui batasan geografis wilayah permukiman tersebut. Selain itu, jejak karbon di Padukuhan Candirejo juga dapat dipengaruhi oleh kendaraan milik individu yang tidak berdomisili di kawasan ini, tetapi melintasinya dalam aktivitas mobilitas harian. Hal ini mengindikasikan bahwa jejak karbon dari konsumsi BBM di wilayah ini berpotensi berasal dari berbagai sumber, termasuk kendaraan yang tidak memiliki keterkaitan langsung dengan Padukuhan tersebut.

Selain konsumsi BBM, karakteristik dari komposisi bahan bakar yang digunakan turut berperan dalam menentukan seberapa besar emisi yang dihasilkan, seperti bensin. Komposisi bensin dapat bervariasi berdasarkan beberapa faktor, seperti sumber minyak mentah, proses penyulingan, musim, usia produk, dan kondisi penyimpanan. Hal ini mengakibatkan densitas dan kandungan karbon dalam bensin juga bisa berbeda-beda. Selama proses pembakaran yang normal, beberapa hidrokarbon mungkin tidak terbakar sempurna dan keluar dari silinder

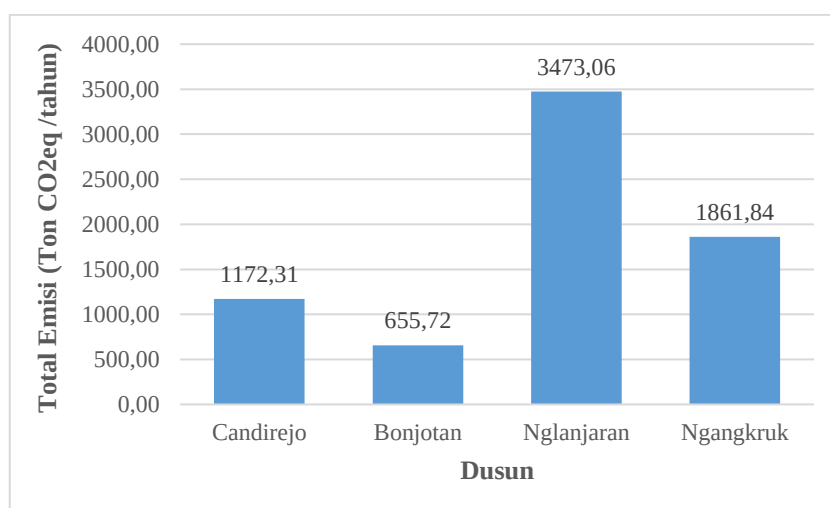
dalam bentuk senyawa organik yang mudah menguap. Selain itu, sebagian karbon juga berpotensi tidak teroksidasi secara penuh, sehingga menghasilkan CO.

4.3.4 Total Jejak Karbon dari Aktivitas Permukiman di Padukuhan Candirejo

Total emisi gas kaca dari aktivitas permukiman di Padukuhan Candirejo merupakan penjumlahan dari nilai emisi karbon yang dihasilkan oleh penggunaan LPG, listrik, dan kendaraan bermotor. Total emisi karbon di Padukuhan Candirejo yang dapat dilihat di **Tabel 4.15** serta **Gambar 4.7** menunjukkan diagram persentase total emisi karbon dari aktivitas permukiman di Padukuhan Candirejo. Perhitungan secara detail terkait total emisi karbon dari aktivitas permukiman Padukuhan Candirejo dapat dilihat pada Lampiran 6.

Tabel 4.15 Total Emisi Karbon dari Aktivitas Permukiman di Padukuhan Candirejo

Dusun	Total Emisi Karbon (ton CO ₂ eq/ tahun)			Total Emisi Karbon (ton CO ₂ eq/tahun)	Persentase
	LPG	Listrik	Transportasi		
Candirejo	33,59	504,98	633,73	1172,31	16,37%
Bonjotan	5,00	271,35	379,37	655,72	9,15%
Nglanjaran	33,52	1867,89	1571,65	3473,06	48,49%
Ngangkruk	21,80	1051,77	788,27	1861,84	25,99%
Total	93,92	3696,00	3373,02	7162,93	100,00%



Gambar 4.7 Diagram Persentase Total Emisi Karbon dari Aktivitas Permukiman

Berdasarkan hasil penjumlahan total emisi karbon, Dusun Candirejo menyumbang 16,37% dengan nilai 1172,31 ton CO₂eq/tahun, Dusun Bonjotan menyumbang 9,15% dengan nilai 655,72 ton CO₂eq/tahun, Dusun Nglanjaran menyumbang 48,49% dengan nilai 3473,06 ton CO₂eq/tahun, serta Dusun Ngangkruk menyumbang 25,99% dengan nilai 1861,84 ton CO₂eq/tahun. Total emisi karbon dari aktivitas permukiman di Padukuhan Candirejo yaitu 7162,93 ton CO₂eq/tahun. Pada **Gambar 4.7** dapat diketahui pula bahwa Dusun Nglanjaran menjadi penyumbang terbesar emisi karbon dari aktivitas permukiman di Padukuhan Candirejo, dengan penggunaan listrik sebagai sumber utama emisi karbon.

Jumlah penduduk di Padukuhan Candirejo saat ini mencapai 4.321 jiwa yang tersebar di empat dusun. Berdasarkan perhitungan, jejak karbon yang dihasilkan oleh setiap individu di Padukuhan Candirejo mencapai 1,66 ton CO₂eq/orang/tahun. Sebagai perbandingan, sebuah penelitian yang menganalisis jejak karbon per individu di wilayah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta menunjukkan nilai yang jauh lebih rendah, yakni 0,63 ton CO₂eq/orang/tahun (Mawardi *et al.*, 2023). Perbedaan yang signifikan ini menunjukkan bahwa jejak karbon per individu di Padukuhan Candirejo jauh lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata jejak karbon di tingkat provinsi. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti, salah satunya faktor ekonomi.

Dari segi ekonomi, tingginya jejak karbon di Padukuhan Candirejo dipengaruhi secara signifikan oleh adopsi gaya hidup modern oleh masyarakat setempat. Meskipun berlokasi di daerah semi pedesaan, penduduk Padukuhan Candirejo telah mengintegrasikan berbagai peralatan dan teknologi modern dalam kehidupan sehari-hari, yang berkontribusi pada peningkatan konsumsi energi listrik. Peralatan rumah tangga seperti pendingin udara, pemanas air, dan alat elektronik lainnya mencerminkan tingkat kesejahteraan ekonomi yang semakin baik, memungkinkan akses yang lebih besar terhadap barang-barang yang membutuhkan konsumsi listrik tinggi. Namun, penggunaan intensif perangkat ini menyebabkan lonjakan kebutuhan energi, berujung pada peningkatan emisi karbon yang signifikan.

Studi jejak karbon di Kecamatan Pademangan, Jakarta Utara, memberikan data relevan untuk perbandingan dengan Padukuhan Candirejo, karena kedua lokasi studi berdekatan dengan institusi pendidikan, yaitu Universitas Bunda Mulya dan Universitas Islam Indonesia. Di Pademangan, emisi karbon dari penggunaan bahan bakar memasak dan listrik rumah tangga mencapai 0,91 ton CO₂eq/orang/tahun (Astari, 2012). Apabila hanya memperhitungkan aktivitas serupa di Padukuhan Candirejo tanpa penggunaan BBM, emisi karbon mencapai 0,88 ton CO₂eq/orang/tahun.

Perbedaan kecil ini menunjukkan adanya kesamaan dalam pola konsumsi energi rumah tangga di kedua wilayah, meskipun terdapat perbedaan signifikan dalam karakteristik sosial-ekonomi dan tingkat urbanisasi. Di Kecamatan Pademangan, proses urbanisasi yang lebih maju memungkinkan adopsi teknologi yang lebih efisien dan infrastruktur energi yang lebih baik. Di sisi lain, Padukuhan Candirejo, meskipun merupakan daerah semi-pedesaan, telah mengalami pergeseran ke arah gaya hidup modern. Transformasi ini dipengaruhi oleh perubahan aspirasi masyarakat, di mana kenyamanan dan status sosial kini diukur melalui kepemilikan teknologi modern.

Gaya hidup tersebut mulai dianggap sebagai standar atau kebutuhan dasar, meskipun Padukuhan Candirejo berada di wilayah semi-pedesaan. Transformasi budaya dan ekonomi ini menunjukkan bahwa permintaan energi meningkat, bahkan di kalangan komunitas yang lebih kecil. Oleh karena itu, penting bagi masyarakat dan pemerintah setempat untuk mengedukasi penduduk mengenai pentingnya efisiensi energi serta mempromosikan penggunaan peralatan hemat energi dan teknologi terbarukan. Pendekatan ini dapat membantu mengendalikan konsumsi energi tanpa mengorbankan kenyamanan hidup yang diperoleh dari gaya hidup modern.

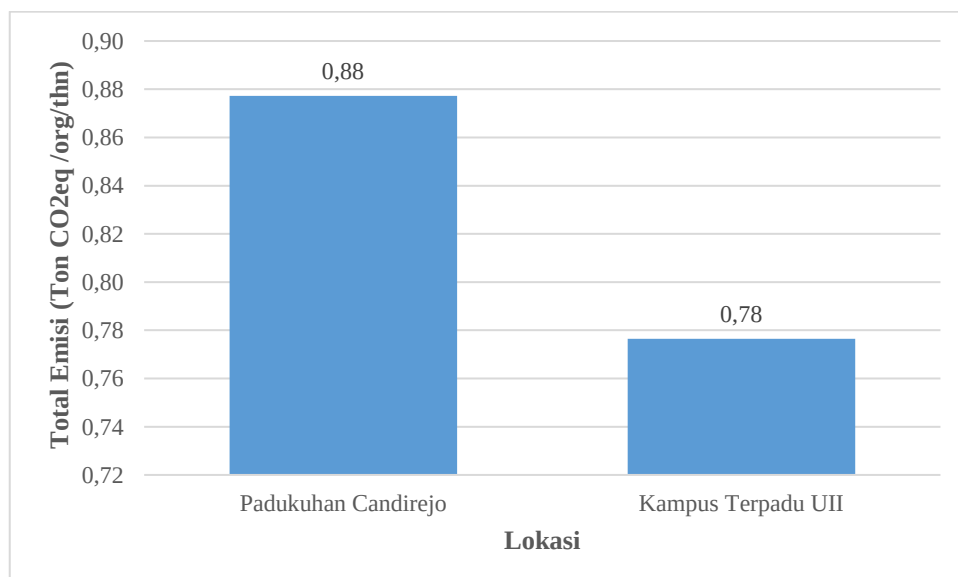
4.3.5 Analisis Perbandingan Nilai Jejak Karbon Padukuhan Candirejo Terhadap Nilai Jejak Karbon di Dalam Kampus UII

Padukuhan Candirejo, yang berlokasi dekat dengan Kampus Terpadu UII, memiliki interaksi yang erat dengan berbagai aktivitas kampus. Oleh karena itu,

analisis perbandingan jejak karbon di kedua lokasi ini sangat penting. Kedekatan geografis antara wilayah permukiman dan kampus menyebabkan adanya interaksi yang signifikan, terutama terkait mobilitas penduduk dan penggunaan energi. Aktivitas akademik dan non-akademik di kampus, seperti konsumsi listrik untuk operasional gedung serta transportasi mahasiswa dan staf, berkontribusi secara substansial terhadap emisi karbon di kawasan tersebut. Analisis perbandingan jejak karbon ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari kedua lokasi. Selain itu, analisis ini dapat membantu dalam mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat emisi karbon, baik di area kampus yang lebih berfokus pada aktivitas institusional, maupun di area permukiman yang berkaitan dengan kebutuhan rumah tangga dan transportasi sehari-hari. Hasil perbandingan total jejak karbon dapat dilihat pada **Tabel 4.15**, sedangkan **Gambar 4.8** menyajikan diagram yang memvisualisasikan perbedaan emisi karbon antara Kampus Terpadu UII dan Padukuhan Candirejo.

Tabel 4.16 Perbandingan Nilai Jejak Karbon

Lokasi	Nilai Total Jejak Karbon (ton CO ₂ eq/tahun)	
	Transportasi	Energi Listrik
Padukuhan Candirejo	3373,02	3696
Kampus Terpadu UII	61,06	21705



Gambar 4.8 Diagram Perbandingan Nilai Total Jejak Karbon per Individu

Berdasarkan data yang disajikan, dapat disimpulkan bahwa emisi karbon dari penggunaan listrik di Kampus Terpadu UII jauh lebih tinggi dibandingkan di Padukuhan Candirejo. Kampus Terpadu UII menghasilkan emisi karbon sebesar 21705 ton CO₂eq/tahun, sedangkan Padukuhan Candirejo menghasilkan emisi karbon sebesar 3696 ton CO₂eq/tahun. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor utama. Faktor pertama yaitu kampus sebagai institusi pendidikan yang besar memiliki kebutuhan energi listrik yang lebih besar untuk mendukung berbagai aktivitas akademik dan non-akademik, termasuk penerangan, pendingin udara, komputer, dan peralatan laboratorium yang beroperasi hampir sepanjang hari. Sebaliknya, Padukuhan Candirejo sebagai daerah permukiman memiliki kebutuhan listrik yang lebih rendah karena penggunaannya lebih terbatas pada kebutuhan rumah tangga seperti penerangan, peralatan rumah tangga, dan beberapa perangkat elektronik.

Di sisi lain, emisi karbon dari penggunaan transportasi di Kampus Terpadu UII sebesar 61,06 ton CO₂eq/tahun, jauh lebih rendah apabila dibandingkan dengan di Padukuhan Candirejo yang hanya sebesar 3373,02 ton CO₂eq/tahun. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh metode perhitungan yang digunakan dalam kedua studi tersebut. Di kampus, penggunaan bahan bakar dihitung berdasarkan pertimbangan jarak tertentu yang ditempuh oleh kendaraan dari titik awal ke titik akhir, yang kemudian dikalikan dengan konsumsi energi spesifik untuk mengetahui berapa liter bahan bakar yang dihabiskan. Dengan kata lain, konsumsi bahan bakar diukur dengan pendekatan yang lebih sistematis dan terfokus pada perjalanan tertentu. Sebaliknya, di Padukuhan Candirejo, emisi karbon dari transportasi dihitung berdasarkan konsumsi bahan bakar dalam satuan liter yang digunakan untuk mobilitas sehari-hari, mencakup berbagai aktivitas tanpa batasan jarak tertentu. Hal ini mengakibatkan penggunaan bahan bakar di padukuhan lebih tinggi karena mencerminkan kebutuhan transportasi yang lebih fleksibel dan luas untuk mendukung kehidupan sehari-hari penduduk.

Emisi karbon per orang di Padukuhan Candirejo mencapai 0,88 ton CO₂ per tahun, sedangkan di Kampus Terpadu UII tercatat lebih rendah, yaitu sekitar 0,78

ton CO₂ per orang per tahun. Perbedaan ini memperlihatkan dampak dari pola mobilitas dan kebutuhan energi yang berbeda antara komunitas kampus dan masyarakat padukuhan. Di Padukuhan Candirejo, kebutuhan akan kendaraan pribadi lebih tinggi, mengingat sebagian besar penduduk perlu melakukan perjalanan menuju kampus atau area sekitarnya. Hal ini menyebabkan sektor transportasi menjadi penyumbang utama emisi di wilayah tersebut. Sebaliknya, emisi per orang di UII cenderung lebih rendah karena kampus memiliki infrastruktur yang lebih terpusat dan teratur, yang memungkinkan pengurangan emisi dari transportasi melalui penggunaan moda transportasi bersama atau fasilitas dalam kampus.

Kehadiran kampus UII di sekitar Candirejo juga mendorong perubahan gaya hidup dan kebutuhan energi di padukuhan. Pertumbuhan penduduk, pembangunan perumahan, serta peningkatan aktivitas ekonomi dan layanan di sekitar kampus menyebabkan kenaikan konsumsi energi yang berkelanjutan, baik dari listrik maupun transportasi. Dampak dari perubahan ini terlihat pada peningkatan emisi karbon per orang di Padukuhan Candirejo, yang kini lebih tinggi daripada di lingkungan kampus.

Berdasarkan analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan antara skala dan fungsi suatu lokasi terhadap pola konsumsi energi dan emisi karbon yang dihasilkan. Sebagai langkah untuk mendukung keberlanjutan lingkungan, khususnya di Kampus Terpadu UII, diperlukan upaya yang lebih besar dalam mengelola dan mengurangi emisi karbon dari sektor energi listrik, yang merupakan kontributor utama emisi di kampus. Sementara itu, di Padukuhan Candirejo, upaya pengurangan emisi sebaiknya difokuskan pada sektor transportasi, dengan mempertimbangkan langkah-langkah untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar dan mengurangi ketergantungan pada kendaraan bermotor.

4.4 Pemetaan Jejak Karbon di Padukuhan Candirejo

Berdasarkan hasil data dan perhitungan emisi karbon di Padukuhan Candirejo, tahapan berikutnya adalah melakukan pemetaan emisi karbon menggunakan *software* QGIS. Pemetaan sektor energi dibuat menjadi 2 *range*, hal ini dilakukan

untuk mengetahui sebaran emisi karbon dari setiap dusun berdasarkan nilai emisi karbon yang dihasilkan dari aktivitas permukiman. Perhitungan interval pada aktivitas permukiman dilakukan dengan persamaan berikut.

$$C = \frac{X_n - X_1}{K}$$

$$C = \frac{3473,06 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun} - 655,72 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}}{2}$$

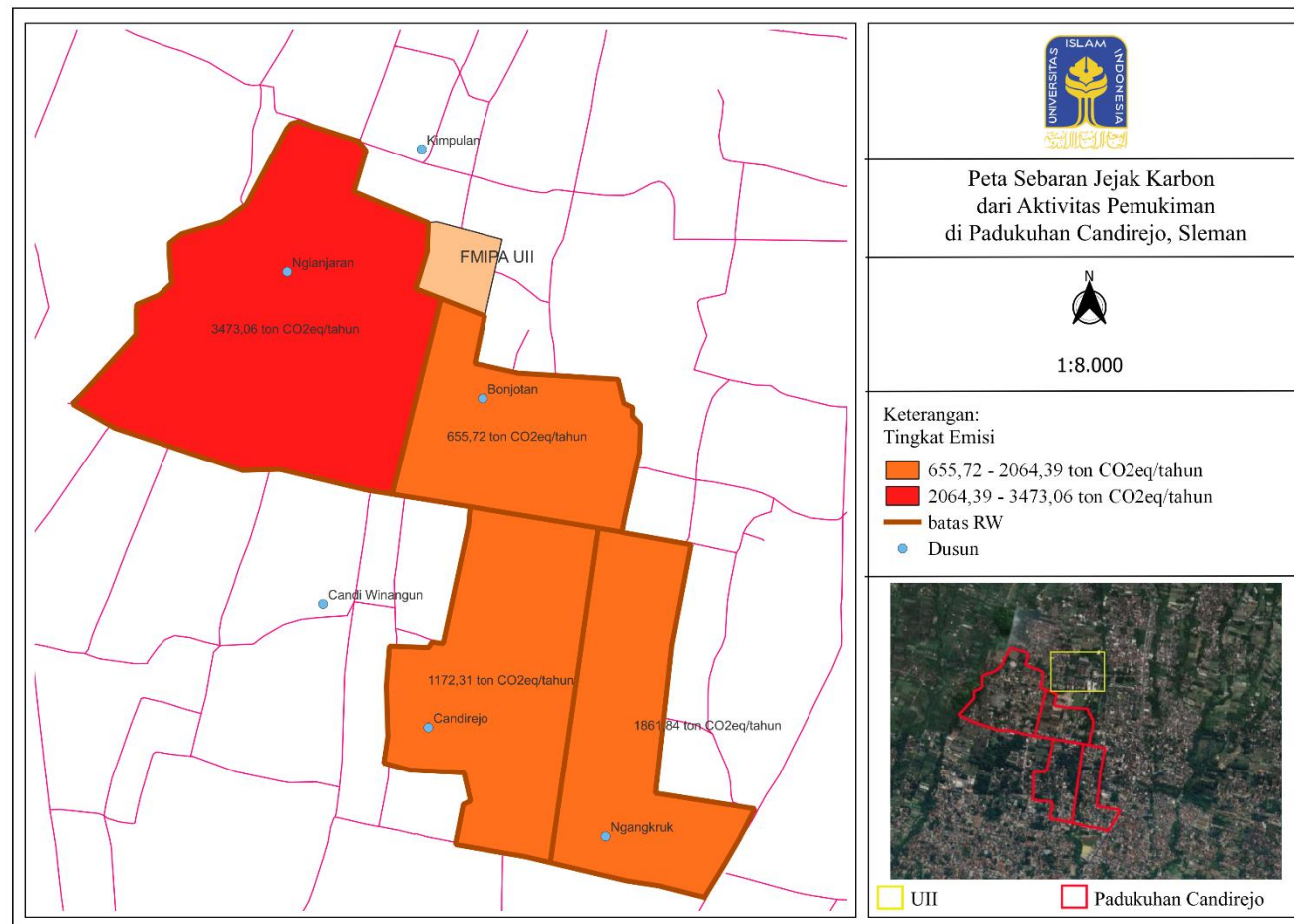
$$C = 1408,67 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

Pengelompokan jangkauan emisi pada sektor energi disajikan pada **Tabel 4.17**.

Tabel 4.17 Jangkauan Emisi dari Aktivitas Permukiman

Warna	Jangkauan Emisi (ton CO ₂ eq/tahun)
Oranye	655,72 – 2064,39
Merah	2064,39 – 3473,06

Berdasarkan perhitungan interval pada sektor energi, Dusun Candirejo, Dusun Ngangkruk dan Dusun Bonjotan dengan jangkauan emisi 655,72 – 2064,39 ton CO₂eq/tahun berada di wilayah yang ditandai dengan warna oranye dan Dusun Nglanjaran dengan jangkauan emisi 2064,39 – 3473,06 ton CO₂eq/tahun berada di wilayah yang ditandai dengan warna merah. Pemetaan sebaran emisi karbon pada sektor energi disajikan pada **Gambar 4.8**.



Gambar 4.9 Pemetaan Jejak Karbon pada Aktivitas Permukiman di Padukuhan Candirejo

Dusun Nglanjaran merupakan kontributor terbesar terhadap emisi karbon di wilayah tersebut, dengan penggunaan energi listrik sebagai aktivitas paling dominan. Posisi strategis dusun ini, yang dekat dengan kampus, menjadikannya pilihan utama bagi mahasiswa untuk tempat tinggal. Sebagian besar bangunan di Dusun Nglanjaran berfungsi sebagai kos-kosan yang menampung belasan hingga puluhan penghuni. Hal ini menyebabkan tingginya konsumsi energi karena penggunaan perangkat elektronik di masing-masing kamar. Kos-kosan di dusun ini terbagi menjadi dua kategori, yaitu kos reguler dan kos eksklusif, yang dibedakan berdasarkan fasilitas yang ditawarkan. Pada kos eksklusif, fasilitas yang disediakan lebih lengkap dan cenderung menggunakan peralatan elektronik seperti pendingin udara (AC), pemanas air, televisi, dan mesin cuci pribadi. Semakin baik kualitas dan kelengkapan fasilitas yang disediakan, semakin tinggi pula konsumsi listrik, yang secara langsung meningkatkan emisi karbon.

Faktor lain yang memperburuk jejak karbon di dusun ini adalah kurangnya kesadaran penghuni terhadap efisiensi energi. Penggunaan perangkat listrik seperti AC dan lampu sering kali tidak diawasi, dengan banyak perangkat dibiarkan menyala meskipun tidak sedang digunakan. Selain itu, mayoritas penghuni berasal dari latar belakang yang sudah terbiasa dengan gaya hidup modern, yang cenderung bergantung pada peralatan elektronik. Hal ini menyebabkan lonjakan konsumsi energi yang signifikan dibandingkan dusun lain dengan struktur demografis yang berbeda. Sebagai pusat hunian mahasiswa dengan fasilitas modern, Dusun Nglanjaran menjadi contoh nyata bagaimana perubahan sosial dan ekonomi memengaruhi peningkatan jejak karbon, terutama melalui konsumsi listrik yang terus meningkat.

4.5 Upaya Minimalisasi Jejak Karbon di Padukuhan Candirejo

Earth Hour merupakan sebuah inisiatif global yang terkoordinasi untuk meminimalisasi penggunaan listrik dengan menghentikan konsumsi energi selama satu jam dalam satu hari setiap tahunnya. Tujuan utama dari kegiatan ini adalah meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya aksi berkelanjutan untuk lingkungan, melalui penghematan listrik yang dilakukan secara sukarela oleh individu, sektor bisnis, pemerintah, dan komunitas. Gerakan ini lahir sebagai respons terhadap meningkatnya permintaan listrik global yang membebani jaringan

energi dan meningkatkan emisi gas rumah kaca (GRK) akibat pembakaran bahan bakar fosil. Pada tahun 2012, *Earth Hour* dilaksanakan secara serentak di 10 negara, termasuk Indonesia. Selama pelaksanaannya, Perusahaan Listrik Negara (PLN) mencatat adanya pengurangan permintaan listrik di Jakarta sebesar 2% jika dibandingkan dengan periode yang sama dua minggu sebelumnya (Olexsak & Meier, 2014).

Salah satu langkah strategis untuk mengurangi emisi karbon dari penggunaan bahan bakar fosil adalah dengan menyediakan transportasi yang ramah lingkungan, seperti layanan bus listrik yang beroperasi di lingkungan kampus. Dengan meningkatnya kesadaran terhadap dampak negatif transportasi konvensional pada lingkungan, solusi ini semakin relevan untuk diimplementasikan. Menurut penelitian, program transportasi berbasis listrik ini telah menunjukkan hasil yang signifikan dalam beberapa aspek (Irawan, 2020). Pertama, bus listrik mampu mengurangi polusi udara dan emisi gas rumah kaca, terutama di area dengan kepadatan penduduk tinggi, yang berkontribusi pada perbaikan kualitas udara dan kesehatan masyarakat setempat. Kedua, biaya operasional bus listrik pada umumnya lebih rendah dibandingkan dengan bus berbahan bakar fosil, sehingga mengurangi beban biaya bagi operator transportasi. Ketiga, penerapan teknologi ini mendorong perkembangan infrastruktur transportasi yang lebih berkelanjutan.

Penelitian menunjukkan bahwa peralihan ke kendaraan listrik berpotensi mengurangi emisi CO₂ hingga 50% dibandingkan dengan kendaraan berbahan bakar fosil (Aprilia, 2021). Dengan penurunan ini, emisi yang awalnya mencapai 3373,06 ton CO₂eq per tahun dapat ditekan hingga 1686,50 ton CO₂eq per tahun, sebuah langkah yang signifikan menuju target pengurangan emisi. Meskipun biaya awal untuk pengadaan bus listrik lebih tinggi, biaya operasional jangka panjang cenderung lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh minimnya komponen bergerak pada bus listrik dibandingkan dengan bus berbahan bakar diesel atau bensin, sehingga biaya perawatan menjadi lebih efisien. Selain itu, biaya energi per kilometer pada kendaraan listrik umumnya lebih rendah dibandingkan bahan bakar fosil, menjadikannya pilihan yang ekonomis dalam jangka panjang dan mendukung transisi menuju sistem transportasi yang lebih berkelanjutan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai jejak karbon dari aktivitas permukiman di Padukuhan Candirejo, Kabupaten Sleman dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai jejak karbon dari aktivitas permukiman di Padukuhan Candirejo dihitung berdasarkan beberapa sumber energi, yaitu penggunaan LPG sebesar 93,92 ton CO₂eq/tahun, penggunaan energi listrik sebesar 3696 ton CO₂eq/tahun, dan penggunaan BBM yang mencapai 3373,03 ton CO₂eq/tahun. Dengan demikian, total nilai jejak karbon di Padukuhan Candirejo mencapai 7162,93 ton CO₂eq/tahun. Emisi karbon tertinggi dihasilkan dari sektor rumah tangga, yang berasal terutama dari penggunaan energi listrik.
2. Pemetaan nilai jejak karbon dari aktivitas permukiman di Padukuhan Candirejo menunjukkan bahwa Dusun Nglanjaran memiliki jangkauan emisi tertinggi, yaitu antara 2064,39 – 3473,06 ton CO₂eq/tahun, yang ditandai dengan warna merah pada peta. Sementara, Dusun Candirejo, Dusun Ngangkruk, dan Dusun Bonjotan memiliki jangkauan emisi yang sama, yaitu antara 655,72 – 2064,39 ton CO₂eq/tahun, yang ditandai dengan warna oranye pada peta.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang bisa diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan metode *stratified sampling*. Metode ini memberikan representasi yang lebih akurat terhadap populasi yang diteliti, karena peneliti melakukan stratifikasi terlebih dahulu terhadap seluruh populasi sebelum menerapkan teknik pengambilan sampel acak. Dengan demikian, setiap subkelompok dalam populasi, dalam hal ini tingkatan tipe hunian yang ditempati, akan mendapatkan representasi yang proporsional

dalam sampel. Penggunaan *stratified sampling* memberikan cakupan yang lebih komprehensif terhadap populasi, karena peneliti memiliki kendali atas pemilihan subkelompok untuk menjamin bahwa semua kelompok dalam populasi terwakili dalam sampel penelitian.

2. Perencanaan penentuan jumlah sampel sebaiknya dilakukan dengan menggunakan metode Slovin di setiap area yang dikategorikan sebagai lokasi penelitian. Metode ini akan memastikan bahwa sampel yang diambil dapat lebih mewakili populasi secara akurat, sehingga hasil penelitian akan mencerminkan perhitungan yang sebenarnya dan memberikan informasi yang lebih valid untuk analisis lebih lanjut.
3. Disarankan agar penelitian selanjutnya mengikuti pembaruan terkini dari pemerintah mengenai faktor emisi untuk setiap jenis bahan bakar. Setiap jenis BBM kini memiliki faktor emisi yang berbeda-beda, dan pembaruan ini penting untuk memastikan perhitungan jejak karbon yang lebih akurat. Dengan memperhatikan faktor emisi terbaru, penelitian dapat menghasilkan data yang lebih relevan dan sesuai dengan kondisi terkini, sehingga mendukung upaya pengelolaan emisi karbon yang lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Admaja, W. K., Nasirudin, N., & Sriwinarno, H. (2020). Identifikasi Dan Analisis Jejak Karbon (Carbon Footprint) Dari Penggunaan Listrik Di Institut Teknologi Yogyakarta. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 18(2).
- Akmalina, D. (2021). *Analisis Jejak Karbon Pada Aktivitas Permukiman Di Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo*.
- Antarissubhi, H., Serang, R., Leda, J., Salamena, G. E., Pagoray, G. L., Gusty, S., Rachman, R. M., & Safar, A. (2023). *Krisis Iklim Global di Indonesia (Dampak dan Tantangan)*. TOHAR MEDIA.
- Aprilia, S. (2021). *Analisis Beban Emisi Karbon Dioksida (CO₂) Terhadap Rencana Konversi TransJakarta dari Bus Konvensional Menjadi Bus Listrik pada Koridor 1 (Blok M-Kota)*. Universitas Trisakti.
- Asian Development Bank. (2023). *Regional: Establishing a Platform for Climate-Resilient and Low-Carbon Urban Development Baguio City, Philippines: Carbon Footprint Assessment*. March, 1–73.
- Astari, R. G. (2012). *Studi Jejak Karbon dari Aktivitas Permukiman di Kecamatan Pademangan Kotamadya Jakarta Utara*. 63.
- Astra, I. M. (2010). Energi Dan Dampaknya Terhadap Lingkungan. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 11(2), 131–139.
- Azzahra, E. Z. (2022). *Transportasi di Jalan Khatib Sulaiman Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik - Universitas Andalas Padang*.
- Chi, G., & Stone, B. (2005). Sustainable transport planning: estimating the ecological footprint of vehicle travel in future years. *Journal of Urban Planning and Development*, 131(3), 170–180.
- Choirunisa, D. S., Khansa Cahyaningtyas, S., & Dwi Kurniawan, E. (2023). Dampak Pemanasan Global Terhadap Pembangunan Berkelanjutan Dalam Novel Dunia Anna Karya Jostein Gaarder. *Desember*, 1(6), 175–178.
- Cunningham, J. (2008). Ideas into action: Annual Report 2006–2007. *Professional Engineering*, 21(9), 27.
- Dewan Nasional Perubahan Iklim. (2011). *Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim Indonesia*.
- Ercin, E., & Hoekstra, A. Y. (2012). *Carbon and water footprints: Concepts, methodologies and policy responses*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO).

- Hairiah, K., & Rahayu, S. (2007). Pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan. In *World Agroforestry Centre - ICRAF*. SEA Regional Office.
- Harris, S., & Ernawati, A. (2013). Pengaruh keberadaan Kampus Universitas Indraprasta PGRI terhadap perkembangan wilayah Kecamatan Jagakarsa Jakarta Selatan. *Faktor Exacta*, 6(1), 51–69.
- Imura, H. (2013). *Understanding the Global Climate System*. Springer.
- Indra, O., Sasmita, A., & Asmura, J. (2017). Studi Carbon Footprint dari Aktivitas Rumah Tangga di Kelurahan Limbungan Baru Kecamatan Rumbai Pesisir Kota Pekanbaru. *JOM FTEKNIK*, 4(1), 1–5.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (1995). *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. In *Cambridge University Press*.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Mobile Combustion Vol 2 Chapter 3*. IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). *Climate Change 2007: Mitigation Contribution Of Working Group III To The Fourth Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change*. Cambridge University Press.
- International Energy Agency. (2021). *World Energy Balances: Overview*. IEA.Org.
- Irawan, A. (2020). *Perbandingan Kelayakan Ekonomi Sistem Kapasitor Super dan Sistem Baterai pada Bus Listrik Kota*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Irma, M. F., & Gusmira, E. (2024). Tingginya Kenaikan Suhu Akibat Peningkatan Emisi Gas Rumah Kaca Di Indonesia. *JSSIT: Jurnal Sains dan Sains Terapan*, II(1), 26–32.
- Kementerian ESDM. (2013). Kajian Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Energi. *Pusat Data Dan Teknologi Informasi Energi Dan Sumber Daya Mineral Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral*, 1–118.
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2012). *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Buku II (Volume I)*.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2017). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 73 Tahun 2017 Tentang Pedoman Penyelenggaraan dan Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. *KLHK*. 176–177.

- Kenedy, F. V., Maharani, M. V., Wiratama, I. G. N. M., Widyasari, N. L., & Darmayasa, I. G. O. (2024). Ruang Terbuka Hijau dan Jejak Karbon Primer pada Jasa Akomodasi Vila di Kabupaten Badung, Bali. *Envirotek : Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 16(1), 18–24.
- KLHK. (2017). *Peraturan Direktur Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim Nomor : P5/PPI/SET/KUM/12/17 Tentang Pedoman Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Untuk Aksi Mitigasi Perubahan Iklim Berbasis Masyarakat*, Jakarta.
- Mawardi, M. I., Winanti, W. S., Sudinda, T. W., Amru, K., Saraswati, A. A., Sachoemar, S. I., Arifin, Z., & Alimin, A. (2023). Analysis of net-zero emission index for several areas in Indonesia using individual carbon footprint and land use covered. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1201(1), 1–14.
- Muharrohman, R. W. E. (2023). *Pemetaan dan Analisis Jejak Karbon Berbasis Energi di Desa Kayen, Jawa Tengah Terhadap Ekonomi Hijau*. Universitas Gajah Mada.
- Mulyani, A. S. (2021). Antisipasi Terjadinya Pemanasan Global Dengan Deteksi Dini Suhu Permukaan Air Menggunakan Data Satelit. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Dan Lingkungan - CENTECH*, 2(1), 22–29.
- Olexsak, S. J., & Meier, A. (2014). The electricity impacts of Earth Hour: An international comparative analysis of energy-saving behavior. *Energy Research and Social Science*, 2, 159–182.
- Pratama, R. (2019). Efek Rumah Kaca Terhadap Bumi. *Cetak) Buletin Utama Teknik*, 14(2), 1410–4520.
- Prayogi, U., & Sugiono, R. (2022). *Analisis Global Warming Potential (GWP) dan Ozone Depletion Potential (ODP), pada Refrigeran R32, R290, R407C, R410A, sebagai Pengganti R22*. 11(1), 14–20.
- Prihatmaji, Y. P., Fauzy, A., Rais, S., & Firdaus, F. (2016). Analisis Carbon Footprint Gedung Perpustakaan Pusat, Rektorat, Dan Lab. Mipa Uii Berbasis Vegetasi Eksisting Sebagai Pereduksi Emisi Gas Rumah Kaca. *AJIE-Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 01(02), 2477–3824.
- Puslitbang Lemigas. (2017). *Surat Kepala Puslitbang Lemigas tentang Usulan Faktor Emisi Nasional Bahan Bakar Gas*. Badan Penelitian dan Pengembangan ESDM.
- Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara. (2016). *Perhitungan Faktor Emisi CO2 Nasional (Specific Country Tier 2) dari Batubara*. Badan Penelitian dan Pengembangan ESDM.

- Riyanto, R. (2007). Strategi Mengatasi Pemanasan Global (*Global Warming*). *Value Added: Majalah Ekonomi Dan Bisnis*, 3(2), 67–79.
- Romadhanti, Y. (2021). *Analisis Jejak Karbon dari Aktivitas Permukiman di Kecamatan Menganti Kabupaten Gresik* [UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA].
- Siagian, U. W. R., Yuwono, B. B., Fujimori, S., & Masui, T. (2017). Low-carbon energy development in Indonesia in alignment with Intended Nationally Determined Contribution (INDC) by 2030. *Energies*, 10(1).
- Suroso, D. S. A., Setiawan, B., Pradono, P., Iskandar, Z. S., & Hastari, M. A. (2022). Revisiting the role of international climate finance (ICF) towards achieving the nationally determined contribution (NDC) target: A case study of the Indonesian energy sector. *Environmental Science and Policy*, 131, 188–195.
- The Royal Society. (2010). *Climate change: A summary of the science*. The Royal Society Science Policy Centre.
- Triana, V. (2008). Pemanasan Global. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 2(2), 159–163.
- United Nations. (1998). *The adoption of the kyoto protocol of the united nations framework convention on climate change*.
- Vergel, K. B. N., Halil, J. U., Gomintong, C. L. C., & Marcelo, K. R. S. (2024). Estimation of local pollutant and carbon dioxide emissions of road and rail transportation in the Philippines. *Asian Transport Studies*, 10, 100–133.
- Wiratama, I. G. N. M., Sudarma, I. M., & Adhika, I. M. (2016). Jejak Karbon Konsumsi LPG Dan Listrik Pada Aktivitas Rumah Tangga Di Kota Denpasar, Bali. *ECOTROPHIC: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 10(1), 68–74.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kuisisioner Masyarakat

KUISISIONER ANALISIS JEJAK KARBON PADA AKTIVITAS PERMUKIMAN DI PADUKUHAN CANDIREJO

Dusun :

Alamat (RT/RW) :

Titik Koordinat :

A. BIODATA RESPONDEN

1. Nama :
2. Jenis Kelamin : Laki – Laki / Perempuan
3. Umur (tahun) :
4. Pekerjaan :
5. Jumlah penghuni tempat tinggal (orang) :
6. Status kepemilikan tempat tinggal :
 - a. Sendiri
 - b. Kontrak/Kost
 - c. Lainnya,
7. Luas bangunan tempat tinggal (m²):

B. SEKTOR TRANSPORTASI

11. Jenis kendaraan yang dimiliki :
 - a. Sepeda motor
 - b. Mobil
12. Jumlah motor dimiliki (unit) :
13. Jumlah mobil dimiliki (unit) :
14. Jenis bahan bakar digunakan :
 - a. Pertamax
 - b. Pertalite
 - c. Solar
15. Tarif pembelian bahan bakar dalam sekali pembelian (Rp.) :
16. Periode habis pemakaian bahan bakar dengan nominal tsb (hari/minggu) :

C. SEKTOR ENERGI

17. Bahan bakar yang digunakan untuk memasak :
 - a. LPG
 - b. Kayu bakar
 - c. Minyak tanah
18. Tipe berat gas LPG yang digunakan :
 - a. 3 kg
 - b. 5,5 kg
 - c. 12 kg
19. Periode habis pemakaian bahan bakar dengan berat tsb (hari/minggu) :

20. Daya listrik :
a. 450 VA b. 900 VA c. 1300 VA d. 2200 VA e. 4400 VA
21. Tipe listrik meteran*/token** :
- *a. Tagihan listrik per bulan (Rp.) :
 - **b. Nominal harga token listrik dalam sekali pembelian (Rp.) :
 - **c. Periode habis pemakaian token dengan nominal tsb (hari/minggu):

Lampiran 2. Data Hasil Survei

No	Desun	RT/RW	Nama	Jenis Kelamin (L/P)	Usia (Tahun)	Jenis Bangunan Hunian	Luas Bangunan (m ²)	Pekerjaan	Jumlah Penghuni Rumah (Orang)	Penggunaan Listrik		Penggunaan Kendaraan (Motor)			Penggunaan Kendaraan (Mobil)			Penggunaan Gas	
										Daya Listrik (kWh/bulan)	Jumlah Motor	BBM Pertamina (L/bulan)	BBM Pertamina (L/bulan)	Jumlah Mobil	BBM Pertamina (L/bulan)	BBM Pertamina (L/bulan)	BBM Solar (L/bulan)	Tipe	Penggunaan (Kg/Bulan)
1	Candirejo	"01/14"	Ghuran	L	21	Kontrak	100	Mahasiswa	5	110,95	5	14,5	48	2	-	80	-	-	-
2	Candirejo	"01/14"	Siti Darinah	P	65	Sendiri	100	IRT	8	295,86	5	-	60	-	-	-	-	LPG 3 KG	6
3	Candirejo	"01/14"	Riza	L	21	Sendiri	60	Wirasaha	5	109,83	2	-	30	-	-	-	-	LPG 3 KG	6
4	Candirejo	"01/14"	Suryono	L	56	Kost	108	Penjaga Kost	12	415,31	12	35	115	-	-	-	-	LPG 3 KG	6
5	Candirejo	"01/14"	Mandiyah	P	59	Sendiri	54	IRT	2	221,89	1	-	12	-	-	-	-	LPG 3 KG	6
6	Candirejo	"01/14"	Si Kewati	P	41	Sendiri	300	Wirasaha	4	73,96	2	-	24	-	-	-	-	LPG 3 KG	18
7	Candirejo	"01/14"	Nani	P	36	Sendiri	64	Wirasaha	3	69,22	1	-	9	-	-	-	-	LPG 3 KG	6
8	Candirejo	"01/14"	Maryono	L	42	Sendiri	140	Wirasaha	4	88,76	3	-	36	-	-	-	-	LPG 3 KG	12
9	Candirejo	"01/14"	Zakri	L	45	Sendiri	140	Wirasaha	4	258,88	2	-	24	1	-	60	-	LPG 3 KG	6
10	Candirejo	"01/14"	Petri	P	23	Kontrak	112	Mahasiswa	6	110,95	2	-	24	-	-	-	-	LPG 3 KG	3
11	Candirejo	"02/14"	Jumnah	P	52	Sendiri	63	Pekerja Serabutan	5	207,66	3	-	60	-	-	-	-	LPG 3 KG	9
12	Candirejo	"02/14"	Suryanto	L	34	Sendiri	121	Buruh	4	182,77	2	-	40	-	-	-	-	LPG 3 KG	9
13	Candirejo	"02/14"	Anis	P	35	Kontrak	110	IRT	6	276,87	1	-	10	1	-	90	-	LPG 3 KG	6
14	Candirejo	"02/14"	Iryan	P	21	Kontrak	110	Mahasiswa	7	138,44	7	-	84	-	-	-	-	LPG 3 KG	3
15	Candirejo	"02/14"	Chan	P	21	Kost	72	Mahasiswa	8	276,87	8	-	96	-	-	-	-	-	-
16	Candirejo	"02/14"	Ica	P	29	Kost	162	Wirasaha	18	665,68	18	52,2	173	-	-	-	-	-	-
17	Candirejo	"02/14"	Dhuda	P	22	Kost	240	Mahasiswa	20	2958,58	20	231,9	48	5	-	200	-	LPG 3 KG	3
18	Candirejo	"02/14"	Aan	L	22	Kost	80	Mahasiswa	5	184,91	4	-	80	1	-	40	-	-	-
19	Candirejo	"02/14"	Renni	L	59	Sendiri	200	Petani	6	346,09	4	-	80	1	-	20	-	LPG 3 KG	6
20	Candirejo	"02/14"	Ridho	L	21	Kost	96	Mahasiswa	6	221,89	6	-	72	-	-	-	-	-	-
21	Banjoran	"03/14"	Rais	L	23	Kost	288	Mahasiswa	18	1806,40	17	-	340	3	-	120	-	LPG 3 KG	1
22	Banjoran	"03/14"	Madarah	L	51	Kost	64	Penjaga Kost	4	166,12	4	-	48	-	-	-	-	LPG 3 KG	3
23	Banjoran	"03/14"	Mahajir	L	23	Kost	288	Mahasiswa	6	221,89	6	-	120	-	-	-	-	LPG 3 KG	3
24	Banjoran	"03/14"	Naufal	L	21	Kost	288	Mahasiswa	18	346,09	18	292	72	1	-	40	-	-	-
25	Banjoran	"03/14"	Rafli	L	29	Kost	208	Wirasaha	13	2249,60	13	-	260	-	-	-	-	-	-
26	Banjoran	"03/14"	Jumar	L	21	Kost	490	Mahasiswa	25	1294,38	25	-	500	8	-	200	88	LPG 3 KG	1
27	Banjoran	"03/14"	Bulan	P	48	Kost	288	Wirasaha	18	872,15	18	73	173	1	-	40	-	LPG 3 KG	3
28	Banjoran	"03/14"	Nafiz	L	21	Kost	320	Mahasiswa	20	949,06	20	116	320	3	-	120	-	LPG 3 KG	3
29	Banjoran	"03/14"	Rahadian	L	21	Kost	480	Mahasiswa	30	1553,25	30	174	480	2	-	80	-	LPG 3 KG	6
30	Banjoran	"03/14"	Ilan	L	42	Kost	96	Penjaga Kost	6	1038,28	6	-	120	-	-	-	-	LPG 3 KG	1
31	Banjoran	"03/14"	Akyah	P	59	Kost	496	IRT	31	988,86	19	-	228	-	-	-	-	LPG 3 KG	1
32	Banjoran	"03/14"	Rulco	L	23	Kost	180	Mahasiswa	6	406,80	3	-	60	3	-	120	-	LPG 3 KG	1
33	Banjoran	"03/14"	Mega	P	21	Kost	416	Mahasiswa	26	2884,62	20	232	48	5	-	20	-	LPG 3 KG	3
34	Banjoran	"03/14"	Putra	L	21	Kost	128	Mahasiswa	8	1972,77	5	101	-	3	-	120	-	LPG 3 KG	6
35	Banjoran	"03/14"	Rumi	L	32	Kost	135	Penjaga Kost	15	519,14	15	304	-	-	-	-	-	LPG 3 KG	3
36	Banjoran	"03/14"	Sukinam	L	45	Sendiri	120	Wirasaha	5	276,87	2	-	24	-	-	-	-	LPG 3 KG	12
37	Banjoran	"03/14"	Deni	L	30	Sendiri	144	Pensiunan	4	184,91	2	-	24	-	-	-	-	LPG 3 KG	18
38	Banjoran	"03/14"	Wadiah	P	65	Sendiri	54	IRT	2	0,67	2	-	24	-	-	-	-	LPG 3 KG	2,25
39	Banjoran	"03/14"	Fitri	P	26	Sendiri	60	IRT	4	120,48	3	-	36	-	-	-	-	LPG 3 KG	6
40	Banjoran	"03/14"	Purnami	P	51	Sendiri	300	Wirasaha	5	692,19	4	81	-	3	-	60	-	LPG 5,5 KG	16,5

No	Desum	RT/RW	Nama	Jenis Kelamin (L/P)	Usia (Tahun)	Jenis Bangunan Hunian	Luas Bangunan (m ²)	Pekerjaan	Jumlah Penghuni Rumah (Orang)	Penggunaan Listrik		Penggunaan Kendaraan (Motor)			Penggunaan Kendaraan (Mobil)				Penggunaan Gas	
										Daya Listrik (kWh/bulan)		Jumlah Motor	BBM Pertamina (L/bulan)	BBM Pertamina (L/bulan)	Jumlah Mobil	BBM Pertamina (L/bulan)	BBM Pertamina (L/bulan)	BBM Solar (L/bulan)	Tipe	Penggunaan (Kg/Bulan)
41	Nglasjaran	"616"	Supardi	L	54	Sendiri	148	Wirasaha	6	221,89		6	-	72	-	-	-	-	LPG 3 REG	6
42	Nglasjaran	"616"	Surani	L	56	Sendiri	100	Wirasaha	5	216,87		4	-	48	-	-	-	-	LPG 3 REG	12
43	Nglasjaran	"616"	Yim	P	33	Sendiri	148	IRT	7	214,77		7	-	100	-	-	-	-	LPG 3 REG	9
44	Nglasjaran	"616"	Ersa	P	24	Sendiri	112	IRT	4	415,31		1	-	10	2	-	20	22	LPG 3 REG	2,25
45	Nglasjaran	"616"	Reni	L	50	Kost	208	Wirasaha	13	177,61		9	-	108	-	-	-	-	LPG 3 REG	3
46	Nglasjaran	"616"	Heri	L	30	Kost	192	Wirasaha	12	822,12		11	-	132	12	-	480	-	LPG 3 REG	12
47	Nglasjaran	"716"	Umi	P	21	Kost	192	Mahasiswa	12	415,31		12	-	144	-	-	-	-	LPG 3 REG	3
48	Nglasjaran	"716"	Amariyah	P	55	Kost	144	IRT	9	166,42		9	-	108	-	-	-	-	LPG 3 REG	3
49	Nglasjaran	"716"	Maslahah	P	39	Sendiri	212	Wirasaha	7	702,66		1	-	12	1	-	20	-	LPG 3 REG	2,25
50	Nglasjaran	"817"	Hari	L	44	Sendiri	194	Wirasaha	9	622,97		8	-	84	-	-	-	-	LPG 3 REG	15
51	Nglasjaran	"817"	Bina	P	20	Kost	416	Mahasiswa	26	1211,32		14	12	134,4	-	-	-	-	LPG 3 REG	6
52	Nglasjaran	"817"	Ena	L	57	Sendiri	96	Mahasiswa	6	0,67		5	-	60	-	-	-	-	LPG 3 REG	2,1
53	Nglasjaran	"817"	Imam	L	17	Sendiri	120	Pelajar	6	276,87		3	-	36	1	-	20	-	LPG 3 REG	3
54	Nglasjaran	"817"	Sci	P	46	Kost	274	IRT	14	517,75		14	-	168	-	-	-	-	LPG 3 REG	3
55	Nglasjaran	"917"	Adit	L	54	Sendiri	112	Wirasaha	3	166,12		2	-	24	-	-	-	-	LPG 3 REG	6
56	Nglasjaran	"917"	Dno	L	50	Kost	128	Wirasaha	8	235,36		2	-	24	-	-	-	-	LPG 3 REG	9
57	Nglasjaran	"917"	Raga	L	23	Kost	1175	Penjaga Kost	47	7198,73		25	290	60	15	-	600	-	LPG 3 REG	24
58	Nglasjaran	"917"	Wangi	P	21	Kost	672	Mahasiswa	42	6952,66		25	290	60	7	-	280	-	LPG 3 REG	1,5
59	Nglasjaran	"917"	Sani	P	21	Kost	176	Mahasiswa	11	3391,71		5	-	60	-	-	-	-	LPG 3 REG	3
60	Nglasjaran	"917"	Intan	P	21	Kost	108	Mahasiswa	12	415,31		8	-	120	-	-	-	-	LPG 3 REG	2,25
61	Ngangkruk	"415"	Kartika	L	28	Kost	3650	Penjaga Kost	25	3460,93		15	174	36	10	-	400	-	LPG 3 REG	3
62	Ngangkruk	"415"	Fajar	L	25	Kost	84	Wiraswasta	5	88,76		2	-	24	-	-	-	-	LPG 3 REG	12
63	Ngangkruk	"415"	Dedek	L	32	Sendiri	100	IRT	4	110,54		2	-	24	-	-	-	-	LPG 3 REG	6
64	Ngangkruk	"415"	Numala	P	29	Kontrak	45	Guru	3	25,79		1	-	12	1	-	40	-	LPG 3 REG	6
65	Ngangkruk	"415"	Yoto	L	52	Sendiri	45	Wirasaha	4	110,54		2	-	24	2	-	80	-	LPG 3 REG	9
66	Ngangkruk	"415"	Rizky	L	22	Kost	198	Mahasiswa	22	3045,62		19	220	46	3	-	120	-	LPG 3 REG	1
67	Ngangkruk	"415"	Azro	L	50	Kost	48	Wirasaha	3	110,54		2	-	24	-	-	-	-	LPG 3 REG	1
68	Ngangkruk	"415"	Iman	P	34	Kost	108	Penjaga Kost	9	1326,46		7	81	17	-	-	-	-	LPG 3 REG	3
69	Ngangkruk	"415"	Sani	P	39	Kost	108	Penjaga Kost	9	1326,46		6	70	14	-	-	-	-	LPG 3 REG	3
70	Ngangkruk	"415"	Dedi	L	44	Kost	120	Mahasiswa	10	1473,84		8	93	19	-	-	-	-	LPG 3 REG	3
71	Ngangkruk	"515"	Castra	L	47	Kost	48	Penjaga Kost	4	147,38		4	-	48	-	-	-	-	LPG 3 REG	1
72	Ngangkruk	"515"	Adif	L	54	Kost	144	Petani	12	442,15		12	-	144	-	-	-	-	LPG 3 REG	9
73	Ngangkruk	"515"	Naufal	L	46	Kost	48	Wirasaha	4	147,38		4	-	48	-	-	-	-	LPG 3 REG	6
74	Ngangkruk	"515"	Nanda	P	20	Kost	144	Mahasiswa	12	1768,61		10	72	60	-	-	-	-	-	-
75	Ngangkruk	"515"	Laila	L	56	Kost	96	Petani	8	1179,07		8	93	19	-	-	-	-	LPG 3 REG	4,5
76	Ngangkruk	"515"	Tiara	P	21	Kost	120	Mahasiswa	10	1473,84		10	116	24	-	-	-	-	LPG 3 REG	6
77	Ngangkruk	"515"	Azmi	L	38	Kost	108	Penjaga Kost	9	331,61		9	-	108	-	-	-	-	-	-
78	Ngangkruk	"515"	Izmi	P	40	Kost	60	Penjaga Kost	5	147,10		3	-	36	-	-	-	-	LPG 3 REG	3
79	Ngangkruk	"515"	Clea	P	22	Kost	96	Mahasiswa	8	294,77		8	-	96	-	-	-	-	LPG 3 REG	6
80	Ngangkruk	"515"	Kanaya	P	20	Kost	480	Mahasiswa	40	1473,84		35	-	420	-	-	-	-	LPG 3 REG	18

Lampiran 3. Pehitungan Emisi LPG

Perhitungan Total Jejak Karbon Aktivitas Penggunaan LPG

No	Dusun	Total Konsumsi LPG (kg/thn)	Total Emisi LPG (kg CO ₂ eq/thn)	Total Emisi LPG (ton CO ₂ eq/thn)
1	Candirejo	11256,00	33594,99	33,59
2	Bonjotan	1675,33	5000,25	5,00
3	Nglanjaran	11232,27	33524,17	33,52
4	Ngangkruk	7303,00	21796,75	21,80
Total		31466,60	93916,168	93,92

1. Dusun Candirejo

Total konsumsi LPG = 11256,00 kg/tahun

Faktor emisi LPG = 63100 kg CO₂/TJ

NCV LPG = 0,0000473 TJ/kg

Emisi_{LPG} = KBB × NCV × FE × GWP

Emisi_{LPG} = $11256,00 \frac{\text{kg}}{\text{thn}} \times 0,0000473 \frac{\text{TJ}}{\text{kg}} \times 63100 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{TJ}} \times 1 \text{ CO}_2\text{eq}$

Emisi_{LPG} = 33594,99 kg CO₂eq/tahun

Emisi_{LPG} = 33,59 ton CO₂eq/tahun

2. Dusun Bonjotan

Total konsumsi LPG = 1675,33 kg/tahun

Faktor emisi LPG = 63100 kg CO₂/TJ

NCV LPG = 0,0000473 TJ/kg

Emisi_{LPG} = KBB × NCV × FE × GWP

Emisi_{LPG} = $1675,33 \frac{\text{kg}}{\text{thn}} \times 0,0000473 \frac{\text{TJ}}{\text{kg}} \times 63100 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{TJ}} \times 1 \text{ CO}_2\text{eq}$

Emisi_{LPG} = 5000,25 kg CO₂eq/tahun

Emisi_{LPG} = 5,00 ton CO₂eq/tahun

3. Dusun Nglanjaran

Total konsumsi LPG = 10773,81kg/tahun

Faktor emisi LPG = 63100 kg CO₂/TJ

NCV LPG = 0,0000473 TJ/kg

Emisi_{LPG} = KBB × NCV × FE × GWP

Emisi_{LPG} = $11232,27 \frac{\text{kg}}{\text{thn}} \times 0,0000473 \frac{\text{TJ}}{\text{kg}} \times 63100 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{TJ}} \times 1 \text{ CO}_2\text{eq}$

Emisi_{LPG} = 33524,17 kg CO₂eq/tahun

Emisi_{LPG} = 33,52 ton CO₂eq/tahun

4. Dusun Ngangkruk

Total konsumsi LPG = 7303,00 kg/tahun

Faktor emisi LPG = 63100 kg CO₂/TJ

NCV LPG = 0,0000473 TJ/kg

Emisi_{LPG} = KBB × NCV × FE × GWP

Emisi_{LPG} = 7303,00 kg_{/thn} × 0,0000473 TJ_{/kg} × 63100 kg CO₂_{/TJ} × 1 CO₂eq

Emisi_{LPG} = 21796,75 kg CO₂eq/tahun

Emisi_{LPG} = 21,80 ton CO₂eq/tahun

Lampiran 4. Pehitungan Emisi Energi Listrik

Perhitungan Total Jejak Karbon Aktivitas Penggunaan Energi Listrik

No	Dusun	Total Konsumsi Daya Listrik (kWh/thn)	Total Emisi Listrik (kg CO ₂ e/thn)	Total Emisi Listrik (ton CO ₂ e/thn)
1	Candirejo	580437,32	504980,47	504,98
2	Bonjotan	311901,04	271353,90	271,35
3	Nglanjaran	2147003,19	1867892,78	1867,89
4	Ngangkruk	1208932,93	1051771,65	1051,77
Total		6702131,31	3039341,55	3695998,80

1. Dusun Candirejo

Total konsumsi energi listrik = 580437,32 kWh/tahun

Faktor emisi CO₂ Listrik = 0,87 kg CO₂/kWh

Emisi_{Listrik} = KE × FE × GWP

Emisi_{Listrik} = 580437,32 kWh/thn × 0,87 kg CO₂/kWh × 1 CO₂e

Emisi_{Listrik} = 504980,47 kg CO₂e/tahun

Emisi_{Listrik} = 504,98 ton CO₂e/tahun

2. Dusun Bonjotan

Total konsumsi energi listrik = 311901,04 kWh/tahun

Faktor emisi CO₂ Listrik = 0,87 kg CO₂/kWh

Emisi_{Listrik} = KE × FE × GWP

Emisi_{Listrik} = 311901,04 kWh/thn × 0,87 kg CO₂/kWh × 1 CO₂e

Emisi_{Listrik} = 271353,90 kg CO₂e/tahun

Emisi_{Listrik} = 271,35 ton CO₂e/tahun

3. Dusun Nglanjaran

Total konsumsi energi listrik = 2147003,19 kWh/tahun

Faktor emisi CO₂ Listrik = 0,87 kg CO₂/kWh

Emisi_{Listrik} = KE × FE × GWP

Emisi_{Listrik} = 2147003,19 kWh/thn × 0,87 kg CO₂/kWh × 1 CO₂e

Emisi_{Listrik} = 1867892,78 kg CO₂e/tahun

Emisi_{Listrik} = 1867,89 ton CO₂e/tahun

4. Dusun Nglanjaran

Total konsumsi energi listrik = 1208932,93 kWh/tahun

Faktor emisi CO₂ Listrik = 0,87 kg CO₂/kWh

Emisi_{Listrik} = KE × FE × GWP

Emisi_{Listrik} = 1208932,93 kWh/thn × 0,87 kg CO₂/kWh × 1 CO₂eq

Emisi_{Listrik} = 1051771,65 kg CO₂eq/tahun

Emisi_{Listrik} = 1051,77 ton CO₂eq/tahun

Lampiran 5. Pehitungan Emisi Transportasi

Perhitungan Total Jejak Karbon Aktivitas Penggunaan Transportasi

No	Dusun	Total Konsumsi BBM (L/thn)			Total Emisi BBM (kg CO ₂ /thn)			Total Emisi BBM (kg CO ₂ eq/thn)	Total Emisi BBM (ton CO ₂ eq/thn)
		Pertamax	Pertalite	Solar	Pertamax	Pertalite	Solar		
1	Candirejo	134000,00	129862,08	0,00	321037,20	312696,33	0,00	633733,53	633,73
2	Bonjotan	57704,35	67143,41	29647,06	138248,08	161675,36	79441,90	379365,34	379,37
3	Nglanjaran	347925,57	263224,08	38911,76	833560,07	633820,16	104267,50	1571647,72	1571,65
4	Ngangkruk	162083,48	166098,24	0,00	388319,60	399949,78	0,00	788269,38	788,27
Total		934240,70	701713,39	626327,81	68558,82	1681164,94	1508141,62	183709,40	3373015,97

1. Dusun Candirejo

- Total konsumsi pertamax = 134000,00 L/tahun
 NCV pertamax = 0,000033 Tj/L
 Faktor emisi CO₂ pertamax = 72600 kg CO₂/TJ
 Emisi_{pertamax} = KBB × NCV × FE × GWP
 Emisi_{pertamax} = 134000,00 L/tahun × 0,000033 Tj/L × 72600 CO₂/TJ × 1 CO₂eq
 Emisi_{pertamax} = 321037,20 kg CO₂eq/tahun
 Emisi_{pertamax} = 321,04 ton CO₂eq/tahun

- Total konsumsi pertalite = 129862,08 L/tahun
 NCV pertalite = 0,000033 Tj/L
 Faktor emisi CO₂ pertalite = 72967 kg CO₂/TJ
 Emisi_{pertalite} = KBB × NCV × FE × GWP
 Emisi_{pertalite} = 129862,08 L/tahun × 0,000033 Tj/L × 72967 CO₂/TJ × 1 CO₂eq
 Emisi_{pertalite} = 312696,33 kg CO₂eq/tahun
 Emisi_{pertalite} = 312,70 ton CO₂eq/tahun

- Total konsumsi solar = 0 L/tahun
 Faktor emisi CO₂ solar = 74433 kg CO₂/TJ
 NCV solar = 0,000036 Tj/L
 Emisi_{solar} = KBB × NCV × FE × GWP
 Emisi_{solar} = 0 L/tahun × 0,000036 Tj/L × 74433 CO₂/TJ × 1 CO₂eq
 Emisi_{solar} = 0 kg CO₂eq/tahun
 Emisi_{solar} = 0 ton CO₂eq/tahun

- Emisi_{BBM} = Emisi_{pertamax} + Emisi_{pertalite} + Emisi_{solar}
 Emisi_{BBM} = 321,04 ton CO₂eq/tahun + 312,70 ton CO₂eq/tahun + 0 ton CO₂eq/tahun
 Emisi_{BBM} = 633,73 ton CO₂eq/tahun

2. Dusun Bonjotan

- Total konsumsi pertamax = 57704,35 L/tahun
 NCV pertamax = 0,000033 Tj/L
 Faktor emisi CO₂ pertamax = 72600 kg CO₂/TJ

$$\text{Emisi}_{\text{pertamax}} = \text{KBB} \times \text{NCV} \times \text{FE} \times \text{GWP}$$

$$\text{Emisi}_{\text{pertamax}} = 57704,35 \text{ L/tahun} \times 0,000033 \text{ Tj/L} \times 72600 \text{ CO}_2/\text{TJ} \times 1 \text{ CO}_2\text{eq}$$

$$\text{Emisi}_{\text{pertamax}} = 138248,08 \text{ kg CO}_2\text{eq/tahun}$$

$$\text{Emisi}_{\text{pertamax}} = 138,25 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

- Total konsumsi pertalite = 67143,41 L/tahun
 NCV pertalite = 0,000033 Tj/L
 Faktor emisi CO₂ pertalite = 72967 kg CO₂/TJ

$$\text{Emisi}_{\text{pertalite}} = \text{KBB} \times \text{NCV} \times \text{FE} \times \text{GWP}$$

$$\text{Emisi}_{\text{pertalite}} = 67143,41 \text{ L/tahun} \times 0,000033 \text{ Tj/L} \times 72967 \text{ CO}_2/\text{TJ} \times 1 \text{ CO}_2\text{eq}$$

$$\text{Emisi}_{\text{pertalite}} = 161675,36 \text{ kg CO}_2\text{eq/tahun}$$

$$\text{Emisi}_{\text{pertalite}} = 161,68 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

- Total konsumsi solar = 29647,06 L/tahun
 Faktor emisi CO₂ solar = 74433 kg CO₂/TJ
 NCV solar = 0,000036 Tj/L

$$\text{Emisi}_{\text{solar}} = \text{KBB} \times \text{NCV} \times \text{FE} \times \text{GWP}$$

$$\text{Emisi}_{\text{solar}} = 29647,06 \text{ L/tahun} \times 0,000036 \text{ Tj/L} \times 74433 \text{ CO}_2/\text{TJ} \times 1 \text{ CO}_2\text{eq}$$

$$\text{Emisi}_{\text{solar}} = 79441,90 \text{ kg CO}_2\text{eq/tahun}$$

$$\text{Emisi}_{\text{solar}} = 79,44 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

- $$\text{Emisi}_{\text{BBM}} = \text{Emisi}_{\text{pertamax}} + \text{Emisi}_{\text{pertalite}} + \text{Emisi}_{\text{solar}}$$

$$\text{Emisi}_{\text{BBM}} = 194,36 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun} + 171,69 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun} + 79,44 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

$$\text{Emisi}_{\text{BBM}} = 379,37 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

3. Dusun Nglanjaran

- Total konsumsi pertamax = 347925,57 L/tahun
 NCV pertamax = 0,000033 Tj/L
 Faktor emisi CO₂ pertamax = 72600 kg CO₂/TJ

$$\text{Emisi}_{\text{pertamax}} = \text{KBB} \times \text{NCV} \times \text{FE} \times \text{GWP}$$

$$\text{Emisi}_{\text{pertamax}} = 347925,57 \text{ L/tahun} \times 0,000033 \text{ Tj/L} \times 72600 \text{ CO}_2/\text{TJ} \times 1 \text{ CO}_2\text{eq}$$

$$\text{Emisi}_{\text{pertamax}} = 833560,07 \text{ kg CO}_2\text{eq/tahun}$$

$$\text{Emisi}_{\text{pertamax}} = 833,56 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

- Total konsumsi pertalite = 263224,08 L/tahun
 NCV pertalite = 0,000033 Tj/L
 Faktor emisi CO₂ pertalite = 72967 kg CO₂/TJ

$$\text{Emisi}_{\text{pertalite}} = \text{KBB} \times \text{NCV} \times \text{FE} \times \text{GWP}$$

$$\text{Emisi}_{\text{pertalite}} = 263224,08 \text{ L/tahun} \times 0,000033 \text{ Tj/L} \times 72967 \text{ CO}_2/\text{TJ} \times 1 \text{ CO}_2\text{eq}$$

$$\text{Emisi}_{\text{pertalite}} = 633820,16 \text{ kg CO}_2\text{eq/tahun}$$

$$\text{Emisi}_{\text{pertalite}} = 633,82 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

- Total konsumsi solar = 38911,76 L/tahun
 NCV solar = 0,000036 Tj/L
 Faktor emisi CO₂ solar = 74433 kg CO₂/TJ

$$\text{Emisi}_{\text{solar}} = \text{KBB} \times \text{NCV} \times \text{FE} \times \text{GWP}$$

$$\text{Emisi}_{\text{solar}} = 38911,76 \text{ L/tahun} \times 0,000036 \text{ Tj/L} \times 74433 \text{ CO}_2/\text{TJ} \times 1 \text{ CO}_2\text{eq}$$

$$\text{Emisi}_{\text{solar}} = 104267,50 \text{ kg CO}_2\text{eq/tahun}$$

$$\text{Emisi}_{\text{solar}} = 104,27 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

- Emisi BBM = Emisi_{pertamax} + Emisi_{pertalite} + Emisi_{solar}

$$\text{Emisi}_{\text{BBM}} = 833,56 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun} + 633,82 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun} + 104,27 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

$$\text{Emisi}_{\text{BBM}} = 1571,65 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

4. Dusun Ngangkruk

- Total konsumsi pertamax = 162083,48 L/tahun
 NCV pertamax = 0,000033 Tj/L
 Faktor emisi CO₂ pertamax = 72600 kg CO₂/TJ

$$\text{Emisi}_{\text{pertamax}} = \text{KBB} \times \text{NCV} \times \text{FE} \times \text{GWP}$$

$$\text{Emisi}_{\text{pertamax}} = 162083,48 \text{ L/tahun} \times 0,000033 \text{ Tj/L} \times 72600 \text{ CO}_2/\text{TJ} \times 1 \text{ CO}_2\text{eq}$$

$$\text{Emisi}_{\text{pertamax}} = 388319,60 \text{ kg CO}_2\text{eq/tahun}$$

$$\text{Emisi}_{\text{pertamax}} = 388,32 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

- Total konsumsi pertalite = 166098,24 L/tahun
 Faktor emisi CO₂ pertalite = 72967 kg CO₂/TJ
 NCV pertalite = 0,000033 Tj/L

$$\text{Emisi}_{\text{pertalite}} = \text{KBB} \times \text{NCV} \times \text{FE} \times \text{GWP}$$

$$\text{Emisi}_{\text{pertalite}} = 166098,24 \text{ L/tahun} \times 0,000033 \text{ Tj/L} \times 72967 \text{ CO}_2/\text{TJ} \times 1 \text{ CO}_2\text{eq}$$

$$\text{Emisi}_{\text{pertalite}} = 399949,78 \text{ kg CO}_2\text{eq/tahun}$$

$$\text{Emisi}_{\text{pertalite}} = 399,95 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

- Total konsumsi solar = 0 L/tahun
 Faktor emisi CO₂ solar = 74433 kg CO₂/TJ
 NCV solar = 0,000036 Tj/L

$$\text{Emisi}_{\text{solar}} = \text{KBB} \times \text{NCV} \times \text{FE} \times \text{GWP}$$

$$\text{Emisi}_{\text{solar}} = 0 \text{ L/tahun} \times 0,000036 \text{ Tj/L} \times 74433 \text{ CO}_2/\text{TJ} \times 1 \text{ CO}_2\text{eq}$$

$$\text{Emisi}_{\text{solar}} = 0 \text{ kg CO}_2\text{eq/tahun}$$

$$\text{Emisi}_{\text{solar}} = 0 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

- $$\text{Emisi}_{\text{BBM}} = \text{Emisi}_{\text{pertamax}} + \text{Emisi}_{\text{pertalite}} + \text{Emisi}_{\text{solar}}$$

$$\text{Emisi}_{\text{BBM}} = 388,32 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun} + 399,95 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun} + 0 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

$$\text{Emisi}_{\text{BBM}} = 788,27 \text{ CO}_2\text{eq/tahun}$$

Lampiran 6. Pehitungan Total Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Permukiman

Perhitungan Total Emisi Gas Rumah Kaca dari Aktivitas Permukiman

Dusun	Total Emisi Karbon (ton CO ₂ eq/ tahun)			Total Emisi Karbon (ton CO ₂ eq/tahun)
	LPG	Listrik	Transportasi	
Candirejo	33,59	504,98	633,73	1172,31
Bonjotan	5,00	271,35	379,37	655,72
Nglanjaran	33,52	1867,89	1571,65	3473,06
Ngangkruk	21,80	1051,77	788,27	1861,84
Total	93,92	3696,00	3373,02	7162,93

1. Dusun Candirejo

$$TE_{GRK} = TE_{LPG} + TE_{BBM} + TE_{ENERGI\ LISTRIK}$$

$$TE_{GRK} = 33,59 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun} + 504,98 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun} + 633,73 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

$$TE_{GRK} = 1172,31 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

2. Dusun Bonjotan

$$TE_{GRK} = TE_{LPG} + TE_{BBM} + TE_{ENERGI\ LISTRIK}$$

$$TE_{GRK} = 5,00 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun} + 271,35 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun} + 379,37 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

$$TE_{GRK} = 655,72 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

3. Dusun Nglanjaran

$$TE_{GRK} = TE_{LPG} + TE_{BBM} + TE_{ENERGI\ LISTRIK}$$

$$TE_{GRK} = 33,52 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun} + 1867,89 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun} + 1571,65 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

$$TE_{GRK} = 3473,06 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

4. Dusun Ngangkruk

$$TE_{GRK} = TE_{LPG} + TE_{BBM} + TE_{ENERGI\ LISTRIK}$$

$$TE_{GRK} = 21,80 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun} + 1051,77 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun} + 788,27 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

$$TE_{GRK} = 1861,84 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

• Total Emisi Gas Rumah Kaca

$$TE_{GRK} = TE_{GRK} \text{ Dusun Candirejo} + TE_{GRK} \text{ Dusun Bonjotan} + TE_{GRK} \text{ Dusun Nglanjaran} + TE_{GRK} \text{ Dusun Ngangkruk}$$

$$TE_{GRK} = 1172,31 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun} + 655,72 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun} + 3473,06 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun} + 1861,84 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

$$TE_{GRK} = 7162,93 \text{ ton CO}_2\text{eq/tahun}$$

Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian

