

**ANALISIS EMISI GAS RUMAH KACA KARBONDIOKSIDA DAN
PEMETAAN ZONA EMISI MENGGUNAKAN *GEOGRAPHIC
INFORMATION SYSTEM***

(Studi Kasus Aktivitas Rumah Tangga di Kabupaten Bojonegoro)

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk melengkapi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T)
pada Program Studi Teknik Lingkungan



Disusun Oleh

AMELIA ZUMROTIN

NIM. H75218020

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2022

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Oleh,

NAMA : AMELIA ZUMROTIN

NIM : H75218020

JUDUL : ANALISIS EMISI GAS RUMAH KACA KARBONDIOKSIDA
DAN PEMETAAN ZONA EMISI MENGGUNAKAN
GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM : (Studi Kasus
Aktivitas Rumah Tangga di Kabupaten Bojonegoro)

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 21 Juni 2022

Dosen Pembimbing I



Rr Diah Nugraheni Setyowati, M.T
NIP. 198205012014032001

Dosen Pembimbing II



Dyah Ratri Nurmaningsih, M.T
NIP. 198503222014032003

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Oleh,

Nama : Amelia Zumrotin

NIM : H75218020

Judul : Analisis Emisi Gas Rumah Kaca Karbondioksida dan Pemetaan Zona Emisi Menggunakan *Geographic Information System* : (Studi Kasus Aktivitas Rumah Tangga di Kabupaten Bojonegoro

Telah dipertahankan di depan tim penguji skripsi
Surabaya, 11 Juli 2022

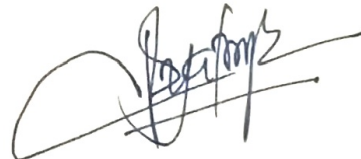
Mengetahui,
Dosen Penguji,

Dosen Penguji I



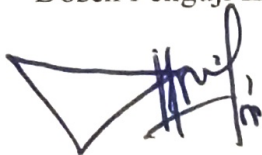
Rr Diah Nugraheni Setyowati, M.T
NIP. 198205012014032001

Dosen Penguji II



Dyah Ratri Nurmaningsih, M.T
NIP. 198503222014032003

Dosen Penguji III



Ida Munfarida, M.Si, M.T
NIP. 198411302015032001

Dosen Penguji IV



Sulistiya Nengse, M.T
NIP. 199010092020122019

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. A. Saepu Hamdani, M.Pd.
NIP. 196507312000031002

PERNYATAAN KEASLIAN

Nama : Amelia Zumrotin

NIM : H75218020

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2018

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul “Analisis Emisi Gas Rumah Kaca Karbondioksida dan Pemetaan Zona Emisi Menggunakan *Geographic Information System*: (Studi Kasus Aktivitas Rumah Tangga Kabupaten Bojonegoro)”.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila suatu saat nanti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan

Surabaya, Juli 2022

Yang menyatakan,



(Amelia Zumrotin)
NIM. H75218020



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Amelia Zumrotin
NIM : H75218020
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Lingkungan
E-mail address : amelia.zn02@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Sekripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

ANALISIS EMISI GAS RUMAH KACA KARBONDIOKSIDA DAN PEMETAAN

ZONA EMISI MENGGUNAKAN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM :

(STUDI KASUS AKTIVITAS RUMAH TANGGA DI KABUPATEN BOJONEGORO)

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 15 Juli 2022

Penulis

(Amelia Zumrotin)

ABSTRAK

Sektor energi dari aktivitas rumah tangga merupakan salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca karbondioksida. Peningkatan jumlah penduduk merupakan faktor yang dapat meningkatkan emisi gas rumah kaca. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai emisi gas rumah kaca dan melakukan pemetaan zona emisi gas rumah kaca. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif. Metode pengambilan sampel adalah *simple random sampling* dan pemetaan zona emisi menggunakan ArcMap 10.6. Data dalam penelitian ini diperoleh dengan menggunakan kuesioner dan wawancara langsung kepada responden. Sumber emisi yang dianalisis dalam penelitian ini berasal dari konsumsi dan jenis bahan bakar kendaraan bermotor, konsumsi dan jenis bahan bakar memasak, serta konsumsi energi listrik. Nilai emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga di Kabupaten Bojonegoro yang tertinggi adalah Kecamatan Balen dengan nilai emisi 139,048 ton/tahun. Sedangkan emisi gas rumah kaca terendah adalah Kecamatan Sekar dengan nilai emisi 22,725 ton/tahun. Total emisi dari aktivitas rumah tangga di Kabupaten Bojonegoro adalah 2048,355 ton/tahun. Pemetaan zona emisi dipetakan menjadi 10 zona. Kecamatan Balen merupakan kecamatan yang memiliki nilai emisi CO₂ tertinggi dengan nilai emisi 139,048 ton/tahun. Kecamatan Sekar, Kecamatan Kasiman, dan Kecamatan Kedewan tergolong dalam kecamatan yang memiliki nilai emisi CO₂ rendah dengan nilai emisi 22,725 ton/tahun, 32,041 ton/tahun, dan 28,498 ton/tahun.

Kata Kunci: gas rumah kaca, aktivitas rumah tangga, IPCC

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

ABSTRACT

The energy sector from household activities is one of the contributors to carbon dioxide greenhouse gas emissions. The increase in population is a factor that can increase greenhouse gas emissions. This study aims to determine the value of greenhouse gas emissions and to map greenhouse gas emission zones. This research is a quantitative descriptive. The sampling method is simple random sampling and emission zone mapping using ArcMap 10.6. The data in this study were obtained by using questionnaires and direct interviews with respondents. The emission sources analyzed in this study come from the consumption and type of motor vehicle fuel, the consumption and type of cooking fuel, and the consumption of electrical energy. The highest value of greenhouse gas emissions resulting from household activities in Bojonegoro Regency is Balen District with an emission value of 139,048 tons/year. Meanwhile, the lowest greenhouse gas emission is Sekar District with an emission value of 22.725 tons/year. The total emission from household activities in Bojonegoro Regency is 2048,355 tons/year. Emission zone mapping is mapped into 10 zones. Balen sub-district is a sub-district that has the highest CO₂ emission value with an emission value of 139,048 tons/year. Sekar, Kasiman, and Kedewan sub-districts are classified as sub-districts that have low CO₂ emission values with emission values of 22,725 tons/year, 32,041 tons/year, and 28,498 tons/year.

Keywords: *greenhouse gases, household activities, IPCC*

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG AKHIR	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	x
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR RUMUS	xv
DAFTAR SINGKATAN DAN ISTILAH	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
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 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Udara	6
2.2 Efek Gas Rumah Kaca	7
2.3 Karbondioksida (CO ₂).....	11
2.4 Sumber Emisi Gas Rumah Kaca dari Sektor Energi.....	12
2.4.1 Pembakaran dari Sumber Tidak Bergerak	13
2.4.2 Pembakaran dari Sumber Bergerak.....	14
2.5 Inventarisasi Gas Rumah Kaca.....	15
2.6 <i>Geographic Information System (GIS)</i>	18
2.7 Penentuan Zona Emisi.....	22
2.8 Integrasi Keilmuan	22
2.9 Penelitian Terdahulu.....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1 Metode Penelitian.....	29
3.2 Waktu Penelitian	29

3.3	Lokasi Penelitian	30
3.4	Kerangka Pikir.....	32
3.5	Tahapan dan Metode Penelitian	32
3.5.1	Tahap Persiapan Penelitian	35
3.5.2	Tahap Pelaksanaan Penelitian.....	35
3.5.3	Tahap Analisa Data	36
3.5.4	Tahap Pelaporan.....	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		56
4.1	Gambaran Umum Wilayah Studi	56
4.2	Karakteristik Responden	63
4.2.1	Responden Berdasarkan Usia.....	63
4.2.2	Responden Berdasarkan Jenis Kelamin	64
4.3	Uji Kuesioner	65
4.3.1	Uji Validitas	66
4.3.2	Uji Reliabilitas	67
4.4	Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca CO ₂	68
4.5	Pemetaan Zona Emisi Gas Rumah Kaca	83
BAB V PENUTUP.....		96
5.1	Kesimpulan.....	96
5.2	Saran.....	96
DAFTAR PUSTAKA		97



 UIN SUNAN AMPEL
 S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

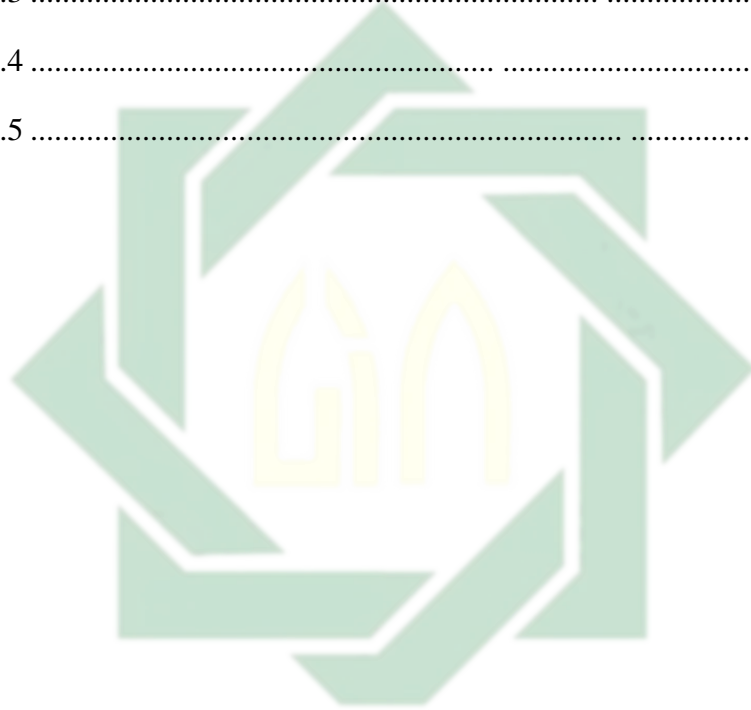
Tabel 2.1 Nilai Kalor Jenis Bahan Bakar	13
Tabel 2.2 Faktor Emisi Bahan Bakar	13
Tabel 2.3 Faktor Emisi Sektor Transportasi	14
Tabel 2.4 NCV Sektor Transportasi.....	15
Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu	24
Tabel 3.1 Data Primer	35
Tabel 3.2 Data Sekunder	36
Tabel 3.3 Jumlah Sampel Penelitian Berdasarkan Kecamatan	37
Tabel 3.4 Jumlah Sampel Tiap Desa.....	37
Tabel 4.1 Responden Berdasarkan Usia.....	63
Tabel 4.2 Responden Berdasarkan Jenis Kelamin	64
Tabel 4.3 Perbandingan r hitung dengan r tabel	67
Tabel 4.4 Emisi Gas Rumah Kaca CO ₂ dari Penggunaan Kendaraan Bermotor ..	70
Tabel 4.5 Emisi Gas Rumah Kaca CO ₂ dari Kegiatan Memasak	75
Tabel 4.6 Emisi Gas Rumah Kaca CO ₂ dari Konsumsi Listrik	78
Tabel 4.7 Total Emisi Gas Rumah Kaca CO ₂ Kabupaten Bojonegoro.....	80
Tabel 4.8 Zona Emisi dari Penggunaan Kendaraan Bermotor.....	84
Tabel 4.9 Zona Emisi dari Kegiatan Memasak.....	87
Tabel 4.10 Zona Emisi dari Penggunaan Listrik.....	90
Tabel 4.11 Interval Emisi dan Warna Pemetaan Zona Emisi	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gas Rumah Kaca di Atmosfer.....	7
Gambar 2.2 Lapisan Atmosfer Bumi	8
Gambar 2.3 Komponen GIS.....	19
Gambar 2.4 Model Data Spasial	20
Gambar 2.5 Contoh Model Data Vector	21
Gambar 2.6 Contoh Model Data Raster.....	22
Gambar 3.1 Peta Administrasi Kabupaten Bojonegoro	31
Gambar 3.2 Diagram Kerangka Pikir Penelitian.....	32
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 4.1 Variable View Program SPSS.....	65
Gambar 4.2 Data View Program SPSS	66
Gambar 4.3 Output Uji Validitas	67
Gambar 4.4 Reliability Statistics	68
Gambar 4.5 Emisi CO ₂ dari Penggunaan Kendaraan Bermotor	72
Gambar 4.6 Emisi CO ₂ dari Kegiatan Memasak	76
Gambar 4.7 Emisi CO ₂ dari Konsumsi Listrik	79
Gambar 4.8 Total Emisi CO ₂ Kabupaten Bojonegoro.....	82
Gambar 4.9 Pemetaan Zona Emisi dari Penggunaan Kendaraan Bermotor	85
Gambar 4.10 Pemetaan Zona Emisi dari Kegiatan Memasak.....	88
Gambar 4.11 Pemetaan Zona Emisi dari Penggunaan Listrik	91
Gambar 4.12 Pemetaan Zona Emisi Gas Rumah Kaca CO ₂ Kabupaten Bojonegoro	94

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1	22
Rumus 2.2	22
Rumus 3.1	36
Rumus 3.2	50
Rumus 3.3	50
Rumus 3.4	50
Rumus 3.5	50



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR SINGKATAN DAN ISTILAH

CH ₄	: Metana
CO ₂	: Karbondioksida
COP	: <i>Conference of the Parties</i>
CPU	: <i>Central Processing Unit</i>
CRF	: <i>Common Reporting Format</i>
Gg	: Giga
GIS	: <i>Geographic Information System</i>
GJ	: Giga Joule
GRK	: Gas Rumah Kaca
H ₂ O	: Uap Air
ILWS	: <i>The Integrated Land and Water Information System</i>
IPCC	: <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
ISPA	: Infeksi Saluran Pernapasan Akut
LHV	: <i>Lower Heating Value</i>
N ₂ O	: Nitrous Oksida
NCV	: <i>Net Caloric Volume</i>
ppmv	: <i>parts per million by volume</i>
TJ	: Ton Joule
UNFCCC	: <i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Dokumentasi Penelitian.....	I-1
Lampiran II Kuesioner Penelitian	II-1
Lampiran III Rekapitulasi Responden	III-1



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri dan pesatnya aktivitas ekonomi dapat menimbulkan kerusakan lingkungan walaupun dengan dalih memenuhi pola konsumsi manusia itu sendiri (Hudha dkk., 2019). Kerusakan lingkungan disebabkan oleh kurangnya kesadaran manusia terhadap keberadaan alam sebagai anugerah yang diciptakan oleh Allah SWT, seperti firman Allah dalam QS. Ar-Rum ayat 41.

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: “Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia. (Melalui hal itu) Allah membuat mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”. Berdasarkan ayat di atas, manusia tidak hanya memanfaatkan sumber daya alam namun juga merusak lingkungan tersebut. Hal tersebut mengakibatkan lingkungan menjadi tidak seimbang dan berkurangnya manfaat sehingga mengganggu kehidupan manusia (Marinda, 2021). Lingkungan yang dimaksud adalah bumi, air, serta atmosfer (Ratnasari & Chodijah, 2020).

Atmosfer berfungsi untuk menahan dan menyimpan panas sinar matahari yang diterima bumi (Arrohman, 2020). Lapisan ozon di atmosfer dapat melindungi kehidupan di bumi dari pancaran sinar ultraviolet B (Maryani & Nainggolan, 2019). Namun, gas karbondioksida (CO₂) di atmosfer dapat memerangkap radiasi inframerah sehingga panas akan tersimpan di permukaan bumi sebagai efek gas rumah kaca (GRK) (Mukono, 2020). Emisi GRK global telah meningkat sejak masa pra-industri, dengan peningkatan 70% antara tahun 1970 hingga 2004 yang disebabkan oleh aktivitas manusia (IPCC, 2007). Gas CO₂ menyumbang 95% emisi sektor energi dan sebanyak 70% nya dari kegiatan pembakaran stasioner (IPCC, 2006). Emisi gas metana (CH₄) meningkat sekitar 40% dari tahun 1970, sedangkan emisi gas nitrous oksida (N₂O) meningkat sekitar 50% (IPCC, 2007).

Sektor yang memiliki kontribusi dalam pencemaran udara antara lain 60% dari sektor transportasi; 25% dari sektor industri; 10% dari sektor rumah tangga; dan 5% dari sektor sampah (Kusumawardani & Navastara, 2018). Sektor energi merupakan sektor terpenting dalam inventarisasi gas rumah kaca. Aktivitas rumah tangga adalah salah satu sektor sumber peningkatan emisi gas rumah kaca (Nursetiyani, 2021). Peningkatan jumlah penduduk dapat mengakibatkan meningkatnya emisi gas rumah kaca khususnya CO₂ (Rachmawati dkk., 2014).

Berdasarkan Badan Pusat Statistik Kabupaten Bojonegoro, hingga tahun 2020 jumlah penduduk di Kabupaten Bojonegoro sebanyak 1.301.635 jiwa dengan laju pertumbuhan sebesar 1,01%. Luas wilayah kabupaten ini adalah 2307,06 km² dengan kepadatan penduduk sebesar 205.90 km² dengan kategori kepadatan tinggi berdasarkan SNI 03-1733-2004. Laju pertumbuhan di Kabupaten Bojonegoro termasuk dalam kategori sedang, sehingga jumlah penduduk tiap tahunnya akan mengalami kenaikan. Hal tersebut membuat jumlah aktivitas rumah tangga akan meningkat pula.

Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, cara melakukan inventarisasi gas rumah kaca adalah dengan menghitung emisi dan serapan gas rumah kaca termasuk simpanan karbon. Sumber emisi yang memiliki simpanan karbon dapat berasal dari sektor energi yang mencakup transportasi dan rumah tangga. Untuk mengetahui kegiatan yang menghasilkan perubahan emisi gas rumah kaca di suatu wilayah, diperlukan pelaporan inventarisasi gas rumah kaca pada masing-masing sektor di setiap tahunnya. Kabupaten Bojonegoro menjadi salah satu kabupaten yang belum memiliki dokumen pelaporan inventarisasi gas rumah kaca. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk dilakukan dengan mengangkat judul “Analisis Emisi Gas Rumah Kaca Karbondioksida dan Pemetaan Zona Emisi Menggunakan *Geographic Information System*: (Studi Kasus Aktivitas Rumah Tangga di Kabupaten Bojonegoro)”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa jumlah nilai emisi gas rumah kaca karbondioksida dari aktivitas rumah tangga di Kabupaten Bojonegoro?
2. Bagaimana pemetaan zona emisi gas rumah kaca karbondioksida dari aktivitas rumah tangga di Kabupaten Bojonegoro?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung jumlah emisi gas rumah kaca karbondioksida dari aktivitas rumah tangga di Kabupaten Bojonegoro.
2. Memetakan zona emisi gas rumah kaca karbondioksida dari aktivitas rumah tangga di Kabupaten Bojonegoro.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Civitas Akademik

Penelitian ini dapat dijadikan referensi, bahan pembelajaran, dan pengembangan ilmu pengetahuan.

2. Bagi Instansi Terkait

Penelitian ini dapat dijadikan laporan inventarisasi gas rumah kaca sektor energi pada aktivitas rumah tangga oleh Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro.

3. Bagi Masyarakat Sekitar

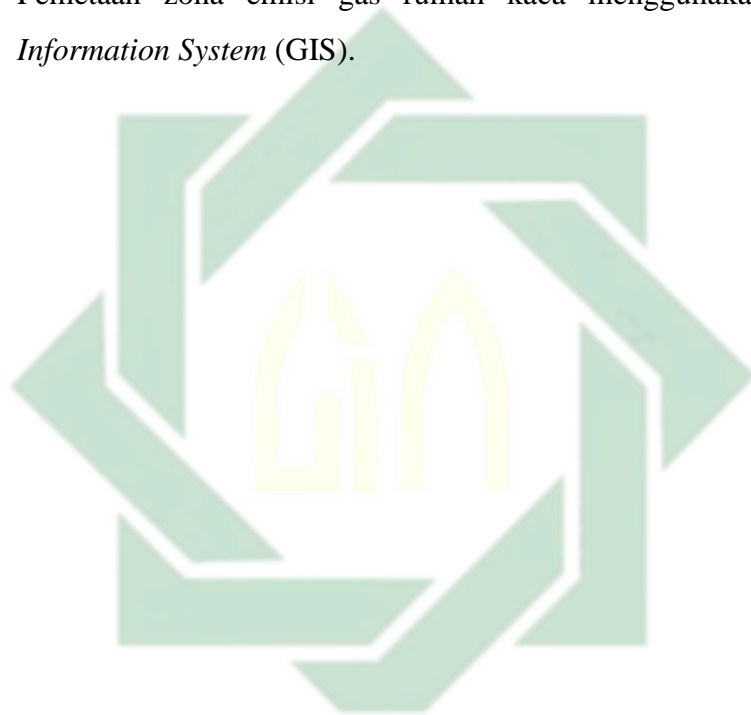
Penelitian ini dapat menjadi informasi bagi masyarakat Bojonegoro tentang emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di 28 kecamatan yang ada di Kabupaten Bojonegoro.
2. Pengambilan data dilakukan menggunakan kuesioner.

3. Pengambilan data dilakukan di tempat tinggal masyarakat Kabupaten Bojonegoro.
4. Perhitungan jumlah emisi gas rumah kaca didapatkan dari aktivitas rumah tangga.
5. Emisi gas rumah kaca parameter CO₂ berasal dari sektor energi antara lain konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor, konsumsi bahan bakar memasak, dan konsumsi energi listrik.
6. Pemetaan zona emisi gas rumah kaca menggunakan *Geographic Information System (GIS)*.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Udara

Udara adalah komponen penyusun atmosfer bumi yang meliputi gas, uap air, dan partikel padat yang melayang (Cahyo, 2017). Udara adalah campuran gas yang terdapat di atmosfer, dimana komposisi udara tersebut tidak selalu konstan (Hadi & Nurjaman, 2021). Udara bersih merupakan kebutuhan semua makhluk hidup agar dapat bertahan hidup. Komposisi udara normal yang mendukung kehidupan manusia terdiri dari 78% nitrogen, 21% oksigen, 1% argon, 0,035% karbondioksida, dan sisanya neon, helium, metana, serta gas lainnya. Kondisi udara tersebut di atmosfer tidak dalam keadaan bersih, namun telah tercampur dengan partikulat dan gas-gas pencemar udara (Sumampouw, 2019).

Udara dalam lingkungan hidup dibedakan menjadi dua, yaitu udara ambien dan udara emisi. Pengertian udara ambien menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer yang berada pada wilayah yuridiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan berpengaruh terhadap kesehatan manusia, makhluk hidup serta unsur lingkungan hidup lainnya. Sedangkan, udara emisi adalah pencemar udara yang dihasilkan dari kegiatan manusia yang masuk dan/atau dimasukkannya ke dalam udara, mempunyai dan/atau tidak mempunyai potensi pencemaran udara.

Kualitas udara ambien yang buruk dapat mengganggu kesehatan manusia, seperti iritasi mata, radang saluran pernapasan, bronkitis menahun, sembab paru, emfisema, dan kelainan paru menahun lainnya (Mukono, 2011). Adanya perkembangan transportasi dapat meningkatkan kebutuhan jumlah bahan bakar fosil, sehingga dapat menyumbang karbon di lingkungan. Kemampuan udara untuk mengurangi polutan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kualitas udara itu sendiri serta densitas polutan. Dengan

bertambahnya pencemaran udara, kemampuan udara untuk mengurangi polutan semakin kecil (Machdar, 2018).

2.2 Efek Gas Rumah Kaca

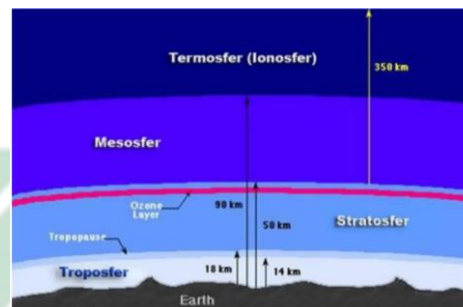
Pemanasan global adalah proses peningkatan suhu rata-rata atmosfer, lautan, dan bumi. Pemanasan global dapat mempengaruhi keadaan iklim di bumi. Perubahan iklim adalah perubahan morfologi dan intensitas faktor iklim dalam jangka waktu yang sangat lama. Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, perubahan iklim merupakan berubahnya iklim yang diakibatkan oleh aktivitas manusia secara langsung atau tidak langsung sehingga menyebabkan perubahan komposisi atmosfer secara global dan perubahan variabilitas iklim alamiah yang teramati pada kurun waktu yang dapat dibandingkan. Perubahan iklim dan pemanasan global erat kaitannya dengan efek gas rumah kaca. Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca, gas rumah kaca merupakan gas yang terkandung dalam atmosfer baik alami maupun antropogenik, yang menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah.



Gambar 2.1 Gas Rumah Kaca di Atmosfer
 Sumber: (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

Sebagaimana pada Gambar 2.1, atmosfer bumi digambarkan seperti kaca di rumah kaca. Atmosfer bumi memungkinkan sinar matahari untuk mencapai dan menghangatkan permukaan bumi, memungkinkan bumi untuk dihuni makhluk hidup. Tanpa atmosfer, bumi akan menjadi dingin. Hal tersebut terjadi karena adanya gas di atmosfer yang mampu menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

Atmosfer merupakan lapisan campuran gas yang mengelilingi permukaan bumi dan berperan sebagai pelindung bagi semua makhluk hidup di bumi (Juwita & Suryadhi, 2018). Atmosfer berfungsi untuk melindungi manusia dari paparan berlebih sinar matahari serta melindungi dari meteor-meteor yang menuju bumi. Atmosfer bumi memiliki beberapa lapisan yang berada di ketinggian 0 km di atas permukaan tanah hingga sekitar 560 km di atas permukaan bumi (Prabowo & Muslim, 2018).



Gambar 2.2 Lapisan Atmosfer Bumi
Sumber: (Prabowo & Muslim, 2018)

Lapisan atmosfer bumi terdiri dari lapisan troposfer, stratosfer, mesosfer, termosfer, dan eksosfer seperti yang tersaji pada Gambar 2.2. Karakteristik lapisan atmosfer tersebut berbeda-beda yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Troposfer

Troposfer merupakan lapisan atmosfer yang paling dekat dengan permukaan bumi dan lapisan paling tipis daripada lapisan atmosfer lainnya. Ketinggian lapisan ini rata-rata 11 km dan memiliki campuran gas yang ideal untuk menopang kehidupan di bumi. Lapisan ini yang melindungi manusia dari radiasi benda-benda langit. Troposfer merupakan tempat terjadinya peristiwa cuaca dan iklim iklim di bumi seperti hujan, kemarau, salju, angin, dan lain sebagainya. Pada lapisan ini terdapat gas-gas rumah kaca yang mengakibatkan pemanasan global (Prabowo & Muslim, 2018).

Troposfer memiliki beberapa lapisan yaitu lapisan planetair yang berada pada ketinggian 0-1 km, lapisan konveksi pada ketinggian 1-8 km, dan lapisan tropopause pada ketinggian 8-12 km. Lapisan tropopause merupakan lapisan yang berada diantara troposfer dan stratosfer. Pada

lapisan tropopause, kegiatan udara secara vertikal terhenti (Prabowo & Muslim, 2018).

2. Stratosfer

Stratosfer merupakan lapisan atmosfer yang berada di atas lapisan troposfer. Ketinggian lapisan ini rata-rata 11-50 km dan berada pada ketinggian 18-49 km di atas permukaan bumi. Pada lapisan ini terjadi proses inversi suhu, yaitu kenaikan suhu udara seiring dengan kenaikan ketinggian dari permukaan bumi dan kenaikan tersebut mulai terhenti ketika berada pada lapisan stratopause dengan suhu udara sekitar 0°C. Stratopause merupakan lapisan yang berada di antara stratosfer dan mesosfer yang berada pada ketinggian 50-60 km di atas permukaan bumi (Prabowo & Muslim, 2018).

Stratosfer memiliki beberapa lapisan yaitu lapisan isotermis, lapisan panas, dan lapisan campuran teratas. Pada stratosfer terjadi penyerapan sinar ultraviolet oleh lapisan ozon, sehingga terjadi kenaikan suhu. Lapisan ozon berada pada ketinggian 15-35 km di atas permukaan bumi yang berfungsi untuk melindungi bumi dari radiasi sinar ultra violet (Prabowo & Muslim, 2018).

3. Mesosfer

Mesosfer merupakan lapisan atmosfer yang berada di atas lapisan stratosfer. Mesosfer berfungsi untuk melindungi bumi dari meteor atau jatuhnya benda-benda langit lain. Meteor yang akan jatuh ke bumi akan terbakar di lapisan ini. Mesosfer berada pada ketinggian 50-85 km di atas permukaan bumi dan terjadi penurunan suhu rata-rata sebesar 0,4°C tiap seratus meter. Penurunan suhu tersebut terjadi karena mesosfer memiliki kesetimbangan radioaktif yang negatif. Suhu terendah pada mesosfer adalah kurang dari -81°C dan pada mesopause diperkirakan memiliki suhu -100°C. Mesopause merupakan lapisan yang berada di antara mesosfer dan termosfer (Prabowo & Muslim, 2018).

4. Termosfer

Termosfer merupakan lapisan atmosfer yang berada di atas lapisan mesosfer. Termosfer biasa disebut dengan lapisan ionosfer karena lapisan

ini berfungsi sebagai tempat terjadinya ionisasi partikel-partikel yang dapat menyebabkan efek pada perambatan gelombang radio. Lapisan ini berada pada ketinggian 85-500 km di atas permukaan bumi dan dapat terjadi kenaikan suhu hingga 1200°C. Kenaikan suhu tersebut karena terjadi penyerapan radiasi dengan panjang gelombang <200 nm dan jenis gas-gas penyusun termosfer (Prabowo & Muslim, 2018).

5. Eksosfer

Eksosfer merupakan lapisan atmosfer yang berada di atas lapisan termosfer. Lapisan ini berada pada ketinggian 800-1000 km di atas permukaan bumi dan tempat terjadinya gerakan atom-atom secara tidak beraturan. Eksosfer merupakan lapisan paling panas dan molekul udara dapat meninggalkan atmosfer hingga pada ketinggian 3150 km di atas permukaan bumi. Lapisan ini biasa disebut dengan ruang antar planet dan geostasioner. Eksosfer merupakan lapisan yang sangat berbahaya karena meteor yang menuju ke bumi hancur pada lapisan ini (Prabowo & Muslim, 2018).

Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011, emisi gas rumah kaca merupakan lepasnya gas rumah kaca ke atmosfer pada suatu area tertentu dalam jangka waktu tertentu. *Green house effect* atau efek rumah kaca merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang sumbernya berasal dari aktivitas manusia secara langsung maupun tidak langsung. Salah satu faktor terjadinya kerusakan lingkungan adalah penggunaan energi komersial (Machdar, 2018). Bahan bakar fosil merupakan bahan bakar yang digunakan manusia sumber energi utama. Namun, penggunaan bahan bakar fosil berkontribusi besar terhadap perubahan iklim dan pemanasan global (Priyotamtama, 2021). Gas CO₂ menyumbang 95% dari emisi sektor energi dan sebanyak 70% nya dari kegiatan pembakaran stasioner (IPCC, 2006). Emisi CH₄ meningkat sekitar 40% dari tahun 1970, sedangkan emisi N₂O meningkat sekitar 50%. Dalam sektor transportasi, emisi CH₄ menyumbang emisi gas rumah kaca sebesar 0,1-0,3% dan N₂O sebesar 2,0-2,8% (IPCC, 2007).

2.3 Karbondioksida (CO₂)

Karbondioksida (CO₂) merupakan senyawa kimia yang terdiri dari 1 atom karbon (C) yang berikatan kovalen dengan 2 atom oksigen (O₂). Di atmosfer, gas ini berbentuk gas pada suhu dan tekanan standar. CO₂ tidak berbentuk cair pada tekanan di bawah 5,1 atm namun menjadi padat di bawah suhu -78°C (Zid & Hardi, 2019). Konsentrasi gas CO₂ di atmosfer sebelum masa revolusi industri adalah sebesar 280 ppmv (*parts per million by volume*), karena tenaga yang digunakan untuk melakukan berbagai aktivitas adalah tenaga manusia dan mulai menggunakan energi air sebagai energi terbarukan untuk memudahkan aktivitas sehari-hari. Namun, pada saat dimulainya revolusi industri konsentrasi CO₂ di atmosfer meningkat dan hingga tahun 1992, konsentrasinya naik menjadi 335 ppmv. Sehingga, terdapat kenaikan sebesar 30% dari sebelum adanya revolusi industri. Emisi CO₂ meningkat sebesar 2,5% setiap tahun dan diperkirakan akan meningkat sebesar tiga kali lipat dari keadaan saat ini. Pada pertengahan abad 21, kenaikan konsentrasi CO₂ diperkirakan mencapai 500 hingga 600 ppmv (Prabowo & Muslim, 2018).

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2012 tentang Pedoman Identifikasi Faktor Risiko Kesehatan Akibat Perubahan Iklim, dampak peningkatan gas CO₂ terhadap kesehatan manusia akibat adanya perubahan iklim adalah penyakit ISPA (Infeksi Saluran Pernapasan Akut) dan dapat memperburuk penyakit ISPA pada orang-orang yang rentan. Pada konsentrasi CO₂ sebesar 1% lebih tinggi dari baku mutu dapat mengakibatkan kantuk, konsentrasi 7% hingga 10% dapat mengakibatkan pusing, gangguan mata, sakit kepala, mual, dan kehilangan kesadaran (Izzah, 2018).

Karbondioksida merupakan gas rumah kaca penyebab pemanasan global yang terperangkap di atmosfer akibat aktivitas manusia. Bahan bakar fosil yang digunakan dalam aktivitas manusia seperti minyak, gas, batu bara, solar akan mengeluarkan gas CO₂ (Mukono, 2020). Pada aktivitas rumah tangga, emisi gas CO₂ diklasifikasikan menjadi jejak karbon primer dan sekunder. Jejak karbon primer adalah emisi gas CO₂ yang berasal dari proses

pembakaran bahan bakar fosil seperti transportasi dan kegiatan memasak. Sedangkan jejak karbon sekunder adalah emisi gas CO₂ yang berasal dari pemakaian alat elektronik rumah tangga yang menggunakan daya listrik (Nursetiyani, 2021).

Jumlah gas karbondioksida yang melimpah di atmosfer menyebabkan pendinginan di lapisan stratosfer sehingga memicu terjadinya percepatan lubang pada lapisan ozon (Rusbiantoro, 2008). Bahan pencemar gas CO₂ sebesar 80% berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dan 20% sisanya berasal dari proses penggundulan maupun kebakaran hutan. Gas CO₂ juga dihasilkan dari bahan bakar kendaraan bermotor serta pembangkit tenaga listrik. Kegiatan manusia (antropogenik) dapat menyebabkan peningkatan jumlah gas CO₂ sebesar 30% dan gas tersebut terperangkap di atmosfer selama 500 tahun (Mukono, 2018).

2.4 Sumber Emisi Gas Rumah Kaca dari Sektor Energi

Gas rumah kaca memerangkap panas dan membuat suhu bumi semakin meningkat (Pratama, 2019). Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 71 Tahun 2011, inventarisasi gas rumah kaca dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat, status, dan kecenderungan perubahan emisi dan serapan gas rumah kaca termasuk simpanan karbon di tingkat nasional, provinsi dan kabupaten kota. Hal tersebut bertujuan juga untuk merencanakan aksi mitigasi perubahan iklim nasional.

Sistem energi untuk sebagian besar ekonomi didorong oleh pembakaran bahan bakar fosil. Selama pembakaran, karbon dan hidrogen dari bahan bakar fosil diubah menjadi karbondioksida (CO₂) dan uap air (H₂O), serta melepaskan energi panas. Pada umumnya, panas hasil pembakaran digunakan secara langsung untuk menghasilkan energi mekanik dan dapat juga digunakan untuk menghasilkan listrik atau untuk transportasi. Sektor energi merupakan sektor terpenting dalam inventarisasi gas rumah kaca dengan menyumbang lebih dari 90% emisi karbondioksida dan 75% dari total emisi gas rumah kaca di negara maju. Sektor energi berasal dari beberapa sumber antara lain: (IPCC, 2006)

- a. Eksplorasi dan eksploitasi sumber energi primer.

- b. Konversi sumber energi primer menjadi bentuk energi yang dapat digunakan di kilang dan pembangkit listrik.
- c. Transmisi dan distribusi bahan bakar.
- d. Penggunaan bahan bakar dalam aplikasi stasioner dan seluler.

Sumber karbon dari sektor energi yang perlu dilakukan inventarisasi adalah sebagai berikut: (IPCC, 2006)

2.4.1 Pembakaran dari Sumber Tidak Bergerak

Secara umum, emisi setiap gas rumah kaca dari sumber tidak bergerak dihitung dengan mengalikan konsumsi bahan bakar dengan faktor emisi yang sesuai. Perhitungan emisi gas rumah kaca menggunakan *Tier 1* memerlukan dua hal berikut untuk setiap kategori sumber dan bahan bakar: (IPCC, 2006)

- a) Data jumlah bahan bakar yang dibakar dalam kategori sumber.
- b) Faktor emisi

Nilai kalor adalah salah satu parameter penting dari kualitas bahan bakar. Nilai kalor artinya jumlah energi yang dilepaskan saat suatu bahan bakar dibakar secara sempurna pada suatu proses yang konstan (Kaddihani, 2017). Nilai kalor tiap jenis bahan bakar tersaji dalam Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Nilai Kalor Jenis Bahan Bakar

Jenis Bahan Bakar	NCV (TJ/Gg)
Minyak tanah	43,8
LPG	47,3
Kayu Bakar	15,6

Sumber: (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

Perhitungan total emisi gas dari sumber energi dapat dihitung dengan menjumlahkan seluruh emisi dari tiap jenis bahan bakar (IPCC, 2006). Nilai faktor emisi berdasarkan jenis bahan bakar pada kategori komersial tersaji dalam Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Faktor Emisi Bahan Bakar

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

Sumber: (IPCC, 2006)

Konsumsi energi listrik merupakan salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca dari sumber tidak bergerak. Perhitungan emisi dari penggunaan

listrik dihitung berdasarkan konsumsi energi dikali dengan faktor emisi. Nilai faktor emisi CO₂ untuk penggunaan energi listrik adalah 0,000725 ton/KWh (Kementerian ESDM, 2014).

Konsumsi energi sektor rumah tangga berasal dari teknologi memasak dan peralatan listrik. Sebagian besar masyarakat Indonesia khususnya di perdesaan masih menggunakan biomassa seperti arang dan kayu sebagai bahan bakar memasak. Di perkotaan, kompor minyak tanah dan LPG umum digunakan untuk memasak, meskipun dengan adanya program substitusi bahan bakar yang dicanangkan pemerintah, masyarakat mulai beralih dari penggunaan minyak tanah ke LPG. Substitusi dengan LPG dapat menghemat konsumsi energi sebesar 25%. Penggunaan listrik pada kompor listrik untuk memasak masih sangat sedikit. Peralatan rumah tangga lainnya yang menggunakan listrik adalah lampu, TV, AC, dan peralatan elektronik lainnya (Kementerian ESDM, 2015).

2.4.2 Pembakaran dari Sumber Bergerak

Pembakaran dari sumber bergerak secara langsung menghasilkan emisi gas rumah kaca dari pembakaran bahan bakar. Emisi yang dihasilkan adalah karbondioksida, metana, nitrous oksida, karbon monoksida, sulfur dioksida, partikulat, dan oksida nitrat. Emisi gas rumah kaca dari pembakaran sumber bergerak paling mudah diperkirakan oleh aktivitas transportasi utama, yaitu jalan raya, udara, kereta api, dan lain sebagainya (IPCC, 2006). Kategori sumber emisi dari sektor transportasi jalan raya adalah mobil pribadi, kendaraan niaga, dan sepeda motor (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

Nilai Faktor emisi dari sektor transportasi jalan raya berdasarkan tipe bahan bakar tersaji dalam Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Faktor Emisi Sektor Transportasi

Jenis Bahan Bakar	Faktor Emisi (kg/TJ)
Bensin	69.300
Solar	74.100

Sumber: (IPCC, 2006)

Nilai kalor dari sektor transportasi jalan raya berdasarkan tipe bahan bakar tersaji dalam Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.4 NCV Sektor Transportasi

Jenis Bahan Bakar	NCV (TJ/L)
Bensin	33×10^{-6}
Solar	36×10^{-6}

Sumber: (IPCC, 2006)

Teknologi transportasi saat ini masih didominasi mesin yang menggunakan bahan bakar premium dan minyak solar, khususnya transportasi darat. Sektor transportasi merupakan pemakai BBM terbesar dibanding dengan sektor lainnya. Menurut Pertamina dalam Kementerian ESDM (2015), angkutan jalan raya merupakan konsumen BBM sebesar 88%, diikuti dengan angkutan laut sebesar 7%, angkutan udara sebesar 4%, dan kereta api dan lainnya sebesar 1%. Dari angkutan jalan raya terbagi menjadi 34% untuk mobil pribadi, 32% untuk angkutan barang (truk), bus 9% dan sepeda motor 13%.

2.5 Inventarisasi Gas Rumah Kaca

Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011, inventarisasi gas rumah kaca didefinisikan sebagai kegiatan untuk mendapatkan data serta informasi tentang tingkat, status, dan kecenderungan perubahan emisi gas rumah kaca secara berkala dari berbagai sumber emisi serta penyerapannya termasuk simpanan karbon. Tujuan dilakukan inventarisasi gas rumah kaca antara lain:

- a. Informasi secara berkala tentang tingkat, status, dan kecenderungan perubahan emisi gas rumah kaca secara berkala dari berbagai sumber emisi serta penyerapannya termasuk simpanan karbon di tingkat nasional, provinsi, dan kabupaten/kota.
- b. Informasi pencapaian penurunan emisi gas rumah kaca dari kegiatan mitigasi perubahan iklim nasional.

Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011, inventarisasi gas rumah kaca dapat dilakukan dengan cara berikut:

- a. Pemantauan dan pengumpulan data aktivitas sumber emisi serta serapan gas rumah kaca termasuk simpanan karbon, serta penentuan faktor emisi dan faktor serapan gas rumah kaca.

- b. Perhitungan emisi serta serapan gas rumah kaca termasuk simpanan karbon.
- c. Hasil dari perhitungan emisi serta serapan gas rumah kaca termasuk simpanan karbon dilaporkan dalam bentuk tingkat dan status emisi gas rumah kaca.

Manfaat inventarisasi gas rumah kaca nasional adalah sebagai berikut:

(Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

- a. Pembentukan mekanisme kelembagaan yang lebih baik untuk pengumpulan data dan sistem untuk memantau serta mengevaluasi perubahan tingkat emisi yang diperlukan untuk menentukan tingkat pengurangan emisi yang direncanakan dalam aksi mitigasi di tingkat nasional dan regional.
- b. Ketersediaan informasi yang diperlukan untuk menyusun dokumen Laporan Dua tahunan dan Komunikasi Nasional dalam kerangka konvensi perubahan iklim yang akan dilaporkan secara berkala kepada UNFCCC.
- c. Meningkatkan kualitas data berbagai kegiatan pembangunan termasuk penyusunan rencana aksi mitigasi perubahan iklim pada tingkat nasional dan regional.

Prinsip dasar dalam melakukan inventarisasi gas rumah kaca agar berkualitas dan terverifikasi adalah sebagai berikut: (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

- a. *Transparency* (Transparansi)

Dokumen dan sumber data yang digunakan dalam pelaksanaan inventarisasi gas rumah kaca harus diarsipkan dan didokumentasikan dengan baik sehingga pihak lain yang tidak terlibat dalam pelaksanaan inventarisasi dapat memahaminya. Dalam hal ini, metodologi, sumber data, faktor emisi, asumsi yang digunakan untuk memperkirakan data kegiatan tertentu dari data lain yang tersedia dan referensi yang digunakan dalam hal ini, proses persiapan inventarisasi gas rumah kaca harus dicatat agar dapat disampaikan secara transparan (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

b. *Accuracy* (Akurasi)

Perhitungan estimasi emisi atau serapan gas rumah kaca harus diupayakan untuk tidak menghasilkan emisi yang terlalu tinggi atau terlalu rendah. Oleh karena itu, segala sesuatu harus dilakukan untuk mengurangi bias sehingga hasil inventarisasi gas rumah kaca secara akurat mencerminkan emisi yang sebenarnya dan *margin of error* yang rendah. Semua upaya yang dilakukan untuk meningkatkan akurasi perhitungan estimasi serapan gas rumah kaca juga harus didokumentasikan dan diarsipkan dengan baik untuk memenuhi prinsip transparansi (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

c. *Completeness* (Kelengkapan)

Perhitungan estimasi emisi atau serapan gas rumah kaca dilaporkan secara lengkap dan jika ada yang tidak diduga alasannya harus dijelaskan. Selain itu, inventarisasi gas rumah kaca harus secara jelas menunjukkan batas yang digunakan untuk menghindari adanya perhitungan ganda atau emisi yang tidak dilaporkan (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

d. *Consistency* (Konsistensi)

Perhitungan estimasi emisi atau serapan gas rumah kaca dari sumber untuk semua tahun inventarisasi harus menggunakan metode yang sama untuk sumber yang sama, sehingga perbedaan emisi antar tahun lebih akurat. Jika terjadi perubahan pada tahun inventarisasi tertentu, seperti perubahan metodologi atau perubahan faktor emisi default IPCC dengan faktor emisi lokal, maka diperlukan perhitungan ulang untuk inventarisasi tahun yang lainnya agar pelaporan kembali konsisten (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

e. *Comparability* (Komparabel)

Inventarisasi gas rumah kaca harus dilaporkan sedemikian rupa sehingga dapat dibandingkan dengan inventarisasi di wilayah lain. Inventarisasi gas rumah kaca harus dilaporkan sesuai dengan format yang telah disepakati oleh COP (*Conference of the Parties*) dan seluruh kategori sumber dilaporkan sesuai dengan CRF (*Common Reporting Format*) (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

2.6 *Geographic Information System (GIS)*

Geographic Information System (GIS) adalah sebuah sistem yang digunakan untuk menangkap, menyimpan, menganalisa, memanipulasi, mengatur serta menampilkan seluruh jenis data geografis (Irwansyah, 2013). Dalam pengertian lain, GIS merupakan komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis, dan sumber daya manusia yang bekerja sama secara efektif untuk memasukkan, menyimpan, memperbaiki, memperbarui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisis, serta menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis (Adil, 2017).

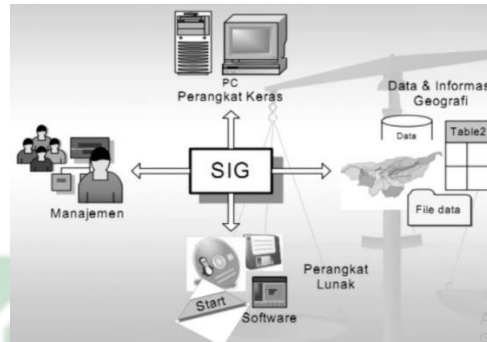
GIS pertama kali dikembangkan pada tahun 1960 oleh Tomlinson yang digunakan untuk menyimpan, memanipulasi, serta menganalisis data yang dikumpulkan untuk *Canada Land Inventory*. Pada tahun 1970, lembaga kartografi terbesar melakukan pengembangan proses pemetaan terkomputerisasi hingga tingkatan tertentu dan pada tahun 1980 GIS mulai dimanfaatkan. Tercetusnya istilah "*Geographic Information System*" oleh *General Assembly* dari *International Geographical Union* di Ottawa, Kanada pada tahun 1967. Sejak itu, GIS berkembang di Benua Asia, Amerika, Australia, dan Eropa (Adil, 2017).

Fungsi utama GIS adalah menganalisis data dan informasi yang bereferensi spasial. Untuk melakukan analisis tersebut memerlukan perangkat lunak yang dapat melakukan banyak tugas lain, seperti input, pengeditan, pengambilan, dan output. Terdapat banyak cara untuk mengklasifikasikan kemampuan analitis dan pemodelan GIS karena banyak dari kemampuan ini berhubungan. Perangkat lunak pasti berisi algoritma dan kode komputer yang dirancang khusus untuk: (DeMers, 2008)

- a. Mengatur data geografis dalam sistem referensi yang sesuai.
- b. Menggabungkan data.
- c. Menghitung dan mengukur objek.
- d. Mengklasifikasikan dan mengklasifikasi ulang objek berdasarkan properti yang ditentukan pengguna.
- e. *Overlay* data peta tematik terkait.

- f. Menggabungkan dan mensimulasikan beberapa aktivitas alami atau antropogenik.

Komponen GIS merupakan satu kesatuan yang dapat menganalisis dan menampilkan data informasi geografis (Adil, 2017). Komponen-komponen dalam GIS dapat terlihat pada Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Komponen GIS

Sumber: (Adil, 2017)

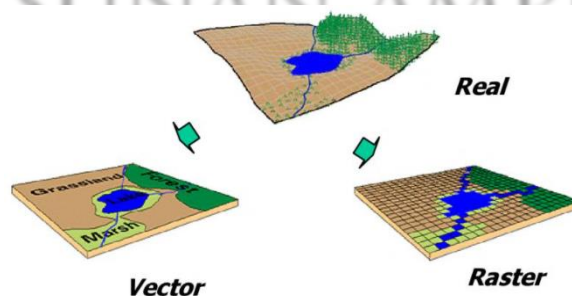
1. *User* merupakan pengguna yang mengoperasikan sistem GIS.
2. Aplikasi merupakan langkah-langkah dalam pengolahan data menjadi informasi.
3. *Database*, terdiri dari data grafis dan data atribut:
 - a. Data grafis/koordinat/spasial adalah representasi keadaan permukaan bumi yang memiliki koordinat lazim berupa citra, satelit, peta, foto udara, dan lain sebagainya atau hasil interpretasi data.
 - b. Data atribut/non spasial adalah representasi aspek-aspek deskriptif dari fenomena yang dimodelkan. Contohnya data sensus penduduk atau data statistik lainnya.
4. *Software* merupakan perangkat lunak GIS yang berupa program aplikasi dengan kemampuan mengelola, menyimpan, menganalisis, dan menampilkan data spasial. Contohnya ArcView, ILWIS, Idrisi, dan lain sebagainya.
5. *Hardware* merupakan perangkat keras GIS yang digunakan untuk mengoperasikan sistem. Contohnya CPU (*Central Processing Unit*), *scanner*, *printer*, dan perangkat pendukung lainnya.

Data spasial adalah salah satu informasi yang didalamnya terdapat informasi tentang bumi, antara lain permukaan bumi, perairan, lautan, dan

bawah atmosfer (Irwansyah, 2013). Tipe data spasial terdiri dari data dua dimensi (geografis, koordinat Cartesian, jaringan, dan arah) dan data tiga dimensi (cuaca, koordinat Cartesian, topologi, citra satelit). Pemrosesan data spasial dapat dilakukan dengan teknik *geoprocessing*, antara lain sebagai berikut: (Adil, 2017)

- a. *Overlay* merupakan perpaduan dua *layer* data spasial.
- b. *Clip* merupakan perpotongan suatu daerah berdasarkan daerah lain sebagai referensi.
- c. *Intersection* merupakan perpotongan dua daerah yang mempunyai kesamaan karakteristik.
- d. *Buffer* merupakan penambahan daerah pada sekitar objek spasial tertentu.
- e. *Query* merupakan seleksi data berdasarkan kriteria tertentu.
- f. *Union* merupakan penggabungan dua daerah spasial menjadi satu dengan atributnya yang berbeda.
- g. *Merge* merupakan penggabungan dua data yang berbeda terhadap *feature* spasial.
- h. *Dissolve* merupakan penggabungan beberapa nilai yang berbeda berdasarkan atribut tertentu.

GIS menggambarkan *real world* dengan menggunakan data spasial yang dapat menampilkan informasi dengan dua model data yaitu model data *raster* dan *vector* (Irwansyah, 2013). Perbedaan kedua model tersebut tersaji pada Gambar 2.4 berikut.

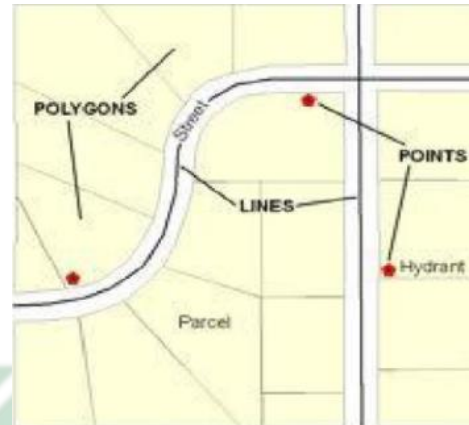


Gambar 2.4 Model Data Spasial
 Sumber: (Irwansyah, 2013)

1. Model data *Vector*

Model data *vector* adalah model data yang paling banyak digunakan. Dalam model ini berbasis pada titik (*points*) dengan nilai koordinat (x,y)

untuk membangun objek spasialnya. Kelebihan dalam model ini adalah tingkat presisi representasi titik, batasan, dan garis lurus (Irwansyah, 2013). Contoh model data *vector* tersaji pada Gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 Contoh Model Data Vector

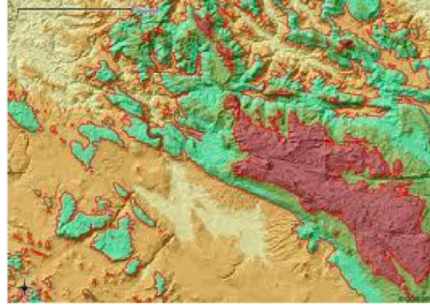
Sumber: (Irwansyah, 2013)

Objek spasial dalam model data *vector* terdiri dari titik, garis, dan area (Lintangrino, 2016).

- a. Bentuk titik (*point*), adalah suatu kenampakan tunggal dari sepasang koordinat x,y yang menunjukkan suatu objek berupa ketinggian, lokasi kota, dan lain sebagainya.
- b. Bentuk garis (*line*), adalah sekumpulan titik-titik yang membentuk suatu kenampakan memanjang, contohnya sungai, jalan, dan lain sebagainya.
- c. Bentuk area (*polygon*), adalah suatu kenampakan yang dibatasi oleh suatu garis yang membentuk suatu ruang homogen, contohnya batas daerah, batas penggunaan lahan, dan lain sebagainya.

2. Model data Raster

Model data *raster* merupakan data yang dihasilkan dari sistem penginderaan jarak jauh. Dalam data ini, objek geografis direpresentasikan sebagai struktur sel *grid* yang disebut *picture element* (*pixel*). Kekurangan dalam model ini adalah ukuran *file* yang besar karena semakin besar *grid*-nya maka semakin besar pula ukuran *filenya* (Irwansyah, 2013). Contoh model data *raster* tersaji pada Gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6 Contoh Model Data Raster
 Sumber: (Irwansyah, 2013)

2.7 Penentuan Zona Emisi

Penentuan zona emisi gas rumah kaca berdasarkan nilai interval emisi (Hardiyanti, 2021). Data skala interval memiliki sifat-sifat data skala nominal dan ordinal. Data skala nominal hanya dapat menyatakan perbedaan antar sub kategori, sedangkan data skala ordinal dapat menyatakan satu sub kategori memiliki tingkat lebih tinggi atau lebih rendah daripada sub kategori lain. Namun pada data interval, tingkatan tersebut dinyatakan dengan angka sehingga memiliki sifat kuantitatif. Untuk menentukan banyaknya kelompok dalam penentuan zona emisi menggunakan rumus Sturges (Budiarto, 2001).

- a. Menentukan banyaknya kelompok

$$m = 1 + 3,3 \log n \dots\dots\dots \text{Rumus 2.1}$$

Sumber: (Budiarto, 2001)

dengan m adalah jumlah kelompok dan n adalah jumlah pengamatan.

- b. Menentukan interval

$$i = \frac{R}{m} \dots\dots\dots \text{Rumus 2.2}$$

Sumber: (Budiarto, 2001)

dengan R adalah rentang antara nilai terbesar dan nilai terkecil.

2.8 Integrasi Keilmuan

Allah menjadikan manusia sebagai *khalifah fil ard* atau pemimpin di muka bumi untuk menjaga lingkungan dan tidak membuat kerusakan di muka bumi seperti dalam QS. Asy-Syu'ara ayat 150-152.

فَاتَّقُوا اللَّهَ وَأَطِيعُوا عَمَّ وَلَا تُطِيعُوا أَمْرَ الْمُسْرِفِينَ ۚ الَّذِينَ يُفْسِدُونَ فِي الْأَرْضِ وَلَا يُصْلِحُونَ

Artinya:

“Maka, bertakwalah kepada Allah dan taatlah kepadaku. Janganlah mengikuti perintah orang-orang yang melampaui batas. (Mereka) yang berbuat kerusakan di bumi dan tidak melakukan perbaikan”.

Kata *الْمُسْرِفِينَ* diambil dari kata *سَرَفَ* yang berarti pelampauan batas.

Yang dimaksud melampaui batas pada ayat 151 adalah kaum kafir yang membangkang dan durhaka kepada Nabi Shalih as. Kata *يُفْسِدُونَ* pada ayat tersebut berfungsi sebagai penjelasan pelampauan batas yang dilakukan kaum kafir tersebut. Kata tersebut berbentuk kata kerja *mudhari'* (masa kini dan datang) untuk menyiratkan kesinambungan perusakan. Manusia tidak akan dinamai sebagai perusak kecuali jika melakukan perusakan yang berulang-ulang dan menjadi terbiasa dalam kehidupannya. Perusakan merupakan kegiatan yang mengakibatkan sesuatu kehilangan sebagian atau seluruh nilai baik dan manfaat yang dimilikinya. Kata *لَا يُصْلِحُونَ* artinya membiarkan yang rusak tetap rusak, yang dapat dimaknai bahwa manusia yang melakukan kerusakan tersebut tidak memperbaiki kerusakan yang telah dilakukan (Shihab, 2002).

Pemanasan global dan perubahan iklim merupakan isu perbincangan di kancah internasional karena mempengaruhi kelangsungan hidup manusia manusia. Meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca merupakan salah satu penyebab pemanasan global yang berdampak pada perubahan iklim. Menurut para ahli, ancaman utama terhadap lingkungan adalah perubahan iklim yang disebabkan oleh pemanasan atmosfer secara antropogenik, sebagai akibat dari meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca, terutama CO₂ (Gołasa dkk., 2021).

Bumi memiliki atmosfer yang memberikan perlindungan dan mengatur suhunya agar ekosistemnya seimbang dan berfungsi untuk mendukung kehidupan semua makhluk hidup di bumi. Allah SWT juga menyatakan bahwa langit atau atmosfer adalah atap bumi. Seperti fungsi atap rumah,

langit dan atmosfer bumi melindungi makhluk hidup yang ada di permukaan bumi dari berbagai bahaya (Hilabi, 2020).

وَجَعَلْنَا السَّمَاءَ سَفْفًا مَّحْفُوظًا وَهُمْ عَنْ آيَاتِهَا مُعْرَضُونَ

Artinya:

“Kami menjadikan langit sebagai atap yang terpelihara, tetapi mereka tetap berpaling dari tanda-tandanya (yang menunjukkan kebesaran Allah, seperti matahari dan bulan)” (QS. Al-Anbiya’: 32).

Kata سَفْفٌ memiliki arti atap. Kata tersebut biasanya digunakan untuk bangunan yang memiliki dinding. Namun langit tidak memiliki dinding dan seharusnya bagian atas langit tidak disebut *saqf*. Berdasarkan hal tersebut, kata *saqf* pada ayat di atas dimaknai dengan “sebagai” atap. Kata السَّمَاءَ dari segi bahasa berarti segala sesuatu yang berada di atas Anda. Oleh karena itu, kata yang digunakan dalam Al-Qur’an ini dapat mencakup banyak hal seperti benda-benda langit. Allah menjadikan benda-benda tersebut berada di atas makhluk hidup dan dalam saat yang sama Allah memeliharanya sehingga ia tidak jatuh menimpa makhluk bumi. Atmosfer merupakan salah satu ciptaan Allah yang sangat memiliki peran terhadap bumi. Tanpa adanya atmosfer, yang dipertahankan oleh bumi melalui daya gravitasi, kehidupan di bumi tidak akan berjalan dengan baik. Kata آيَاتِهَا berarti bukti-bukti kebesaran dan kekuasaan Allah yang terbentang di alam raya dan dapat dilihat oleh mata kepala atau mata hati (Shihab, 2002).

2.9 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian yang dijadikan acuan dalam penelitian ini tersaji dalam Tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu

No.	Nama Penulis	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Hemant Bherwani, Moorthy Nair, Amol Niwalkar,	2022	<i>Application of Circular Economy Framework for</i>	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak strategi perputaran ekonomi di kota Delhi akan membantu mengurangi

No.	Nama Penulis	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
	Dhanya Balachandran, Rakesh Kumar		<i>Reducing the Impacts of Climate Change: A Case Study from India on the Evaluation of Carbon and Materials Footprint Nexus</i>	perubahan iklim dan pengaruhnya terhadap jejak karbon dan material. Penelitian ini juga bertujuan untuk meningkatkan kesadaran tentang jenis data yang harus ditargetkan oleh pembuat kebijakan untuk memahami kebutuhan kota dengan lebih baik dan mendorong langkah-langkah yang dapat ditindaklanjuti berdasarkan data yang kuat. Sektor pertanian, industri, konstruksi, kelistrikan, dan transportasi merupakan sektor-sektor yang akan diteliti. Penelitian ini menggunakan metode <i>input-output</i> .
2.	Yury Trofimenko, Vladimir Komkov, & Konstantin Trofimenko (Trofimenko, 2020)	2020	<i>Forecast of Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions by Road Transport in Russia up to 2050</i>	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengembangan transportasi jalan yang dapat menimbulkan emisi gas rumah kaca. Hipotesis pada penelitian ini adalah diasumsikan bahwa dalam periode sampai dengan tahun 2030, pelaksanaan pengembangan transportasi mempengaruhi struktur kendaraan dalam hal unit daya dan jenis bahan bakar. Selain menilai volume konsumsi berbagai jenis bahan bakar dan energi, emisi gas rumah kaca dari sumber transportasi hingga 2050 diperkirakan akan dikembangkan tentang ukuran dan struktur mobil penumpang, truk, dan bus berdasarkan jenis bahan bakar yang digunakan dan jarak tempuh tahunan.
3.	Indra Wirana Jaya Gobel, Linda Tandobala, & Rieneke L. E Sela	2019	Sebaran Spasial Emisi Gas Karbon Dioksida (CO ₂) pada Kawasan Permukiman di Kecamatan Singkil Kota Manado	Penelitian ini bertujuan untuk menentukan faktor emisi spesifik (FES) dan jejak karbon untuk mengetahui tingkat emisi di Kecamatan Singkil Kota Manado. Penelitian ini merupakan analisis kuantitatif dengan perhitungan metode IPCC. Variabel pada penelitian ini adalah volume penggunaan bahan bakar memasak tiap tahunnya dan jenis

No.	Nama Penulis	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
				<p>bahan bakar yang digunakan untuk memasak. Data primer dalam penelitian ini adalah volume penggunaan bahan bakar memasak dan jenis bahan bakar tersebut. Data tersebut didapatkan dari survei lapangan melalui wawancara. Sedangkan data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini adalah jumlah rumah tangga serta peta di Kecamatan Singkil. Data tersebut didapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Manado.</p>
4.	<p>Arfi Nandasari Silalahi (Silalahi, 2019)</p>	2019	<p>Studi Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂) dari Konsumsi Energi Skala Rumah Tangga di Daerah Urban (Perkotaan) Medan</p>	<p>Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui emisi gas rumah kaca dari konsumsi energi listrik dan LPG skala rumah tangga serta mengetahui pengaruh pola pemakaian energi tersebut. Penelitian ini melakukan analisa data secara kuantitatif dan komparatif. Penelitian ini menggunakan pendekatan <i>Tier 2</i> karena disesuaikan dengan tingkat kesiapan data yang dimiliki. Data primer dalam penelitian ini adalah pola pemakaian energi skala rumah tangga yang diperoleh dari hasil kuesioner. Data sekunder dalam penelitian ini adalah jumlah penduduk yang didapatkan dari BPS Kota Medan, peta administrasi, dan faktor emisi CO₂. Metode pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan rumus slovin dengan tingkat kesalahan yang ditolerir sebesar 5%.</p>
5.	<p>Noel Thomas, Rugvendi Wankhade, Tammay Jade, Amruta Shinde, & Sumeet Khirade</p>	2019	<p><i>Techno-economic Feasibility Report to Reduce Carbon Footprint of JSPM Campus</i></p>	<p>Penelitian ini bertujuan untuk mengaudit karbon. Langkah-langkah untuk audit karbon adalah: (i) menentukan berbagai elemen jejak karbon dari yang ada di kampus; (ii) mengukur emisi berbagai gas dalam hal ekuivalen karbonnya; (iii) meninjau penggunaan energi yang berasal dari AC, kipas angin, penerangan dan berbagai</p>

No.	Nama Penulis	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
				peralatan listrik; (iv) menemukan solusi alternatif yang dapat mengurangi emisi karbon.
6.	Affan Irfan Fauziawan	2018	Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Energi dari Permukiman (<i>Residential</i>) di Kabupaten Karangasem	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui estimasi emisi gas rumah kaca dari sektor energi di perumahan Kabupaten Karangasem. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari hasil survei lapangan dan kuesioner yang dilakukan pada masyarakat di Kabupaten Karangasem. Selain itu, data jumlah penduduk diambil dari BPS Karangasem. Penentuan jumlah sampel menggunakan <i>stratified sampling</i> dan rumus yang digunakan adalah rumus Slovin. Jumlah sampel yang diambil berdasarkan analisis Tipologi Klassen, yaitu membagi wilayah berdasarkan 2 indikator utama yaitu pertumbuhan ekonomi dan pendapatan perkapita.
7.	Gendes Ayuning Puspitasari, Kartika Eka Sari, Dadang Meru Utomo	2018	Jejak Karbon dari Sumber Tidak Bergerak pada Perumahan Kecamatan Kabupaten Sidoarjo	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai emisi karbondioksida yang dihasilkan pada perumahan dengan sumber tidak bergerak yaitu dalam penggunaan bahan bakar memasak dan energi listrik sekaligus persebaran spasial emisi karbondioksida di Kecamatan Waru. Penentuan sampel pada penelitian ini menggunakan metode <i>Stratified Sampling</i> yaitu metode pemilihan sampel dengan cara membagi populasi ke dalam kelompok-kelompok yang homogen (strata), kemudian sampel diambil secara acak dari tiap strata tersebut. Data primer dalam penelitian ini adalah konsumsi bahan bakar rumah tangga dan energi listrik yang didapatkan dengan survei menggunakan kuesioner. Sedangkan data sekunder dalam

No.	Nama Penulis	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
				penelitian ini didapatkan dari instansi pemerintahan maupun survei literatur.
8.	Sayam Aroonsrimorakota	2018	<i>Carbon Footprint of Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Salaya Campus, Thailand in Year 2010-2012</i>	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jejak karbon selama tahun 2010-2012. Fakultas Ilmu Lingkungan dan Sumber Daya, Universitas Mahidol kampus salaya dipilih untuk memperkirakan jejak karbon dengan sumber emisi antara lain penyediaan air, listrik, kertas, bahan bakar diesel dan bensin. Semua sumber emisi gas rumah kaca baik sumber langsung maupun tidak langsung diidentifikasi dan dibagi menjadi 3 ruang lingkup antara lain: (i) perjalanan dalam hal konsumsi bahan bakar dan jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan dari proses pengolahan limbah; (ii) emisi dari energi dan pembelian utilitas seperti listrik dan air; (iii) emisi gas rumah kaca sumber tidak langsung, seperti penggunaan kertas, timbulan sampah, jumlah bahan kimia yang digunakan di laboratorium, dan penggunaan pelengkapan laboratorium. Data primer dalam penelitian ini adalah timbulan sampah. Sedangkan data sekunder antara lain listrik dan pasokan air; kuantitas dan kualitas air limbah; konsumsi bahan bakar; penggunaan kertas; dan penggunaan bahan kimia. Emisi gas rumah kaca diperkirakan dengan mengalikan pengukur terukur dengan faktor emisinya yang sesuai dengan pedoman IPCC.
9.	Qorry Nugrahayu, Nabila Khumaira Nurjannah, & Luqman Hakim	2017	Estimasi Emisi Karbondioksida dari Sektor Permukiman di Kota Yogyakarta	Penelitian ini bertujuan untuk inventarisasi emisi gas rumah kaca (karbondioksida) di Kota Yogyakarta menggunakan metode IPCC serta melakukan pemetaan terhadap wilayah studi berdasarkan tapak karbon. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis

No.	Nama Penulis	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
			Menggunakan <i>IPCC Guidelines</i>	beban emisi karbon melalui pendekatan nilai faktor emisi yang terdapat pada <i>IPCC Guidelines 2006</i> . Data primer dalam penelitian ini adalah penggunaan bahan bakar untuk memasak dan volume penggunaannya. Data tersebut didapatkan dari survei lapangan dan pembagian kuesioner. Sedangkan data sekunder dalam penelitian ini adalah jumlah kepala keluarga dan peta Kota Yogyakarta. Metode sampling dalam penelitian ini adalah metode sampling stratifikasi menggunakan rumus Krejcie dan Morgan (1970).
10.	Diana Ivanova, Gibran Vita, Kjartan Steen-Olsen, Konstantin Stadler, Patricia C Melo, Richard Wood, & Edgar G Hertwich Ivanova dkk.,	2017	<i>Mapping the Carbon Footprint of EU Regions</i>	Penelitian ini melakukan analisis input-output multiregional yang diperluas secara lingkungan dan intensitas karbon produk dari database EXIOBASE 2.3. EXIOBASE 2.3 memberikan intensitas karbon nasional di 200 sektor produk dan dirinci secara bilateral berdasarkan tempat asal. Penelitian ini menggunakan model regresi untuk mengeksplorasi hubungan antara emisi rumah tangga dan faktor sosial ekonomi, geografis dan teknis di tingkat regional. Penelitian ini menggunakan kesalahan <i>cluster robust</i> untuk memperhitungkan potensi korelasi antara pengamatan regional milik negara yang sama karena berbagi fitur nasional.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian dengan judul “Analisis Emisi Gas Rumah Kaca Karbondioksida dan Pemetaan Zona Emisi Menggunakan *Geographic Information System*: (Studi Kasus Aktivitas Rumah Tangga di Kabupaten Bojonegoro)” merupakan jenis penelitian deskriptif kuantitatif. Metode penelitian deskriptif merupakan metode yang digunakan untuk memberikan deskripsi atau gambaran yang sistematis dan faktual mengenai fakta-fakta serta hubungan antar fenomena yang diteliti (Rukajat, 2018). Sedangkan metode penelitian kuantitatif adalah metode penelitian yang berdasarkan pada filsafat positivisme yang digunakan untuk meneliti populasi atau sampel tertentu, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisa data bersifat kuantitatif/statistik yang bertujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan (Sugiyono, 2019).

Metode pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan *probability sampling*, yaitu teknik pengambilan sampel yang memberikan peluang yang sama bagi setiap anggota populasi untuk dipilih menjadi anggota sampel. Teknik yang digunakan dalam penelitian ini adalah *simple random sampling*, yaitu pengambilan anggota sampel dari populasi yang dilakukan secara acak tanpa memperhatikan strata yang ada dalam populasi tersebut (Sugiyono, 2019).

3.2 Waktu Penelitian

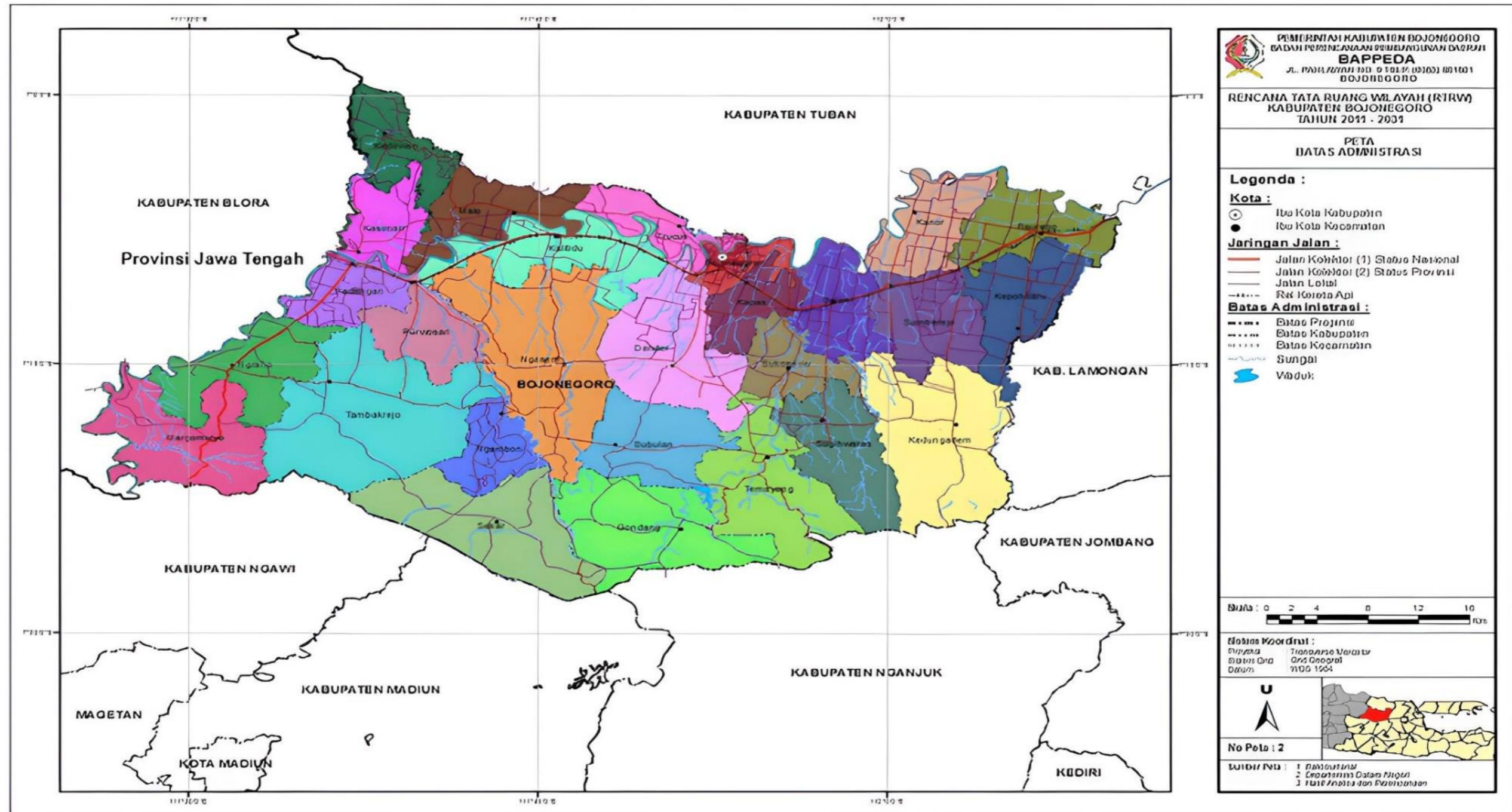
Penelitian dengan judul “Analisis Emisi Gas Rumah Kaca Karbondioksida dan Pemetaan Zona Emisi Menggunakan *Geographic Information System*: (Studi Kasus Aktivitas Rumah Tangga di Kabupaten Bojonegoro)” dilaksanakan dari bulan Mei hingga bulan Juni 2022.

3.3 Lokasi Penelitian

Penelitian dengan judul “Analisis Emisi Gas Rumah Kaca Karbondioksida dan Pemetaan Zona Emisi Menggunakan *Geographic Information System*: (Studi Kasus Aktivitas Rumah Tangga di Kabupaten Bojonegoro)” akan dilaksanakan di Kabupaten Bojonegoro. Kabupaten Bojonegoro memiliki 28 kecamatan antara lain Kecamatan Margomulyo, Ngraho, Tambakrejo, Ngambon, Sekar, Bubulan, Gondang, Temayang, Sugihwaras, Kedungadem, Kepohbaru, Baureno, Kanor, Sumberrejo, Balen, Sukosewu, Kapas, Bojonegoro, Trucuk, Dander, Ngasem, Gayam, Kalitidu, Malo, Purwosari, Padangan, Kasiman, dan Kedewan. Peta administrasi Kabupaten Bojonegoro tersaji pada Gambar 3.1 berikut.



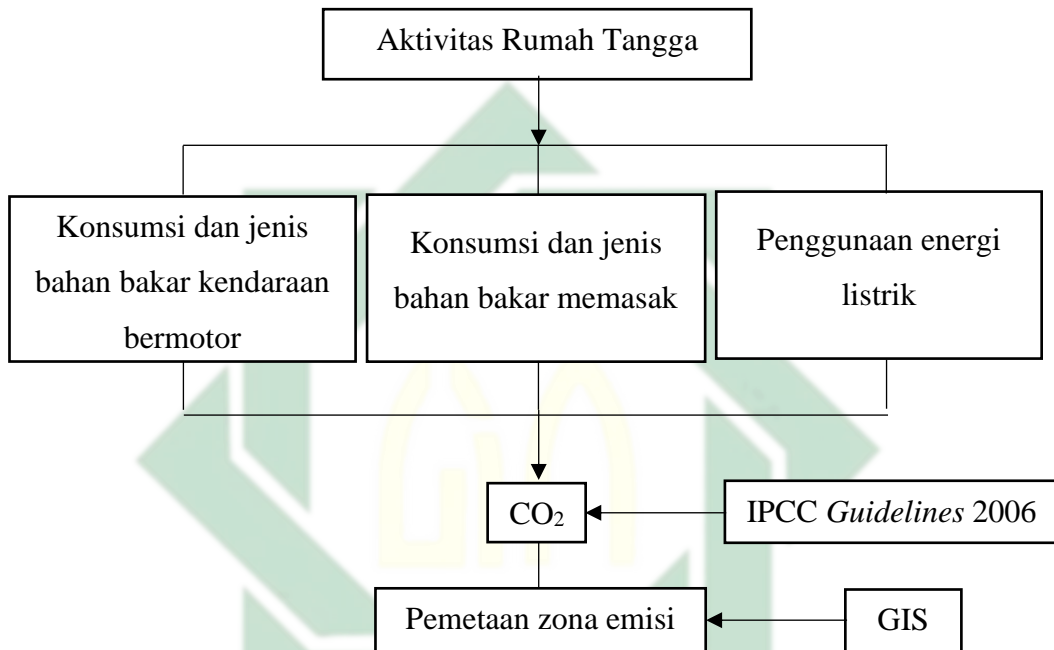
UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 3.1 Peta Administrasi Kabupaten Bojonegoro
 Sumber: Website Resmi Pemkab Bojonegoro

3.4 Kerangka Pikir

Kerangka pikir adalah model konseptual tentang hubungan antara teori dengan berbagai faktor yang telah diidentifikasi sebagai masalah yang penting. Kerangka pikir yang baik akan menjelaskan hubungan yang teoritis antar variabel yang akan diteliti (Sugiyono, 2019). Adapun diagram kerangka pikir dalam penelitian ini tersaji pada Gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.2 Diagram Kerangka Pikir Penelitian

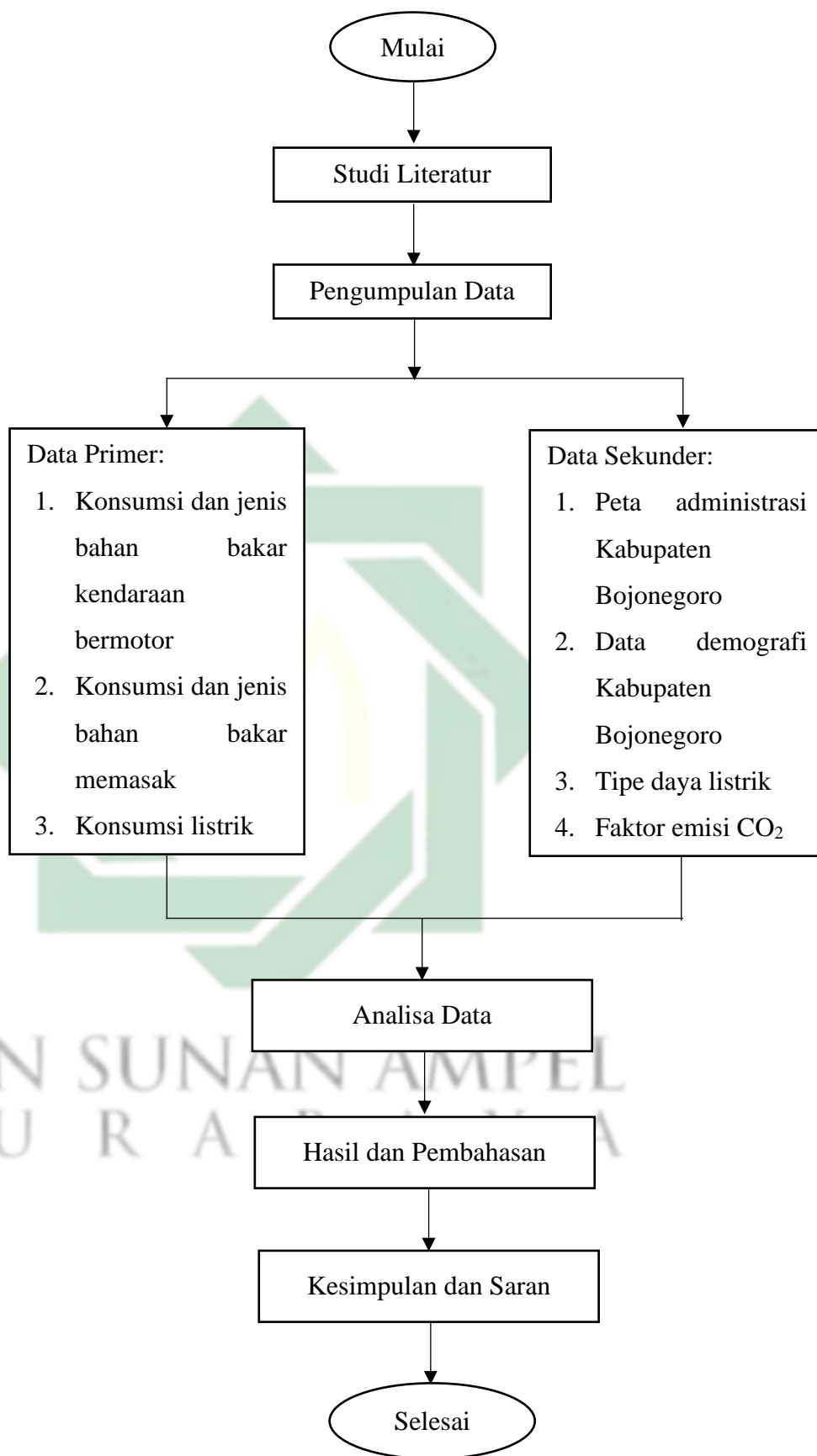
Penelitian ini melakukan analisis emisi gas rumah kaca dari sektor energi yaitu dari aktivitas rumah tangga. Data-data yang digunakan untuk mendapatkan emisi CO₂ berasal dari konsumsi dan jenis bahan bakar kendaraan bermotor; konsumsi dan jenis bahan bakar memasak; serta penggunaan energi listrik. Emisi CO₂ dihasilkan dengan menghitung konsumsi energi dikalikan faktor emisi CO₂. Perhitungan tersebut didasarkan pada *IPCC Guidelines 2006*, setelah itu dilakukan pemetaan zona emisi gas rumah kaca di Kabupaten Bojonegoro.

3.5 Tahapan dan Metode Penelitian

Tahapan penelitian merupakan sistematika kegiatan penelitian. Penelitian ini dimulai dengan studi literatur terkait “Analisis Emisi Gas Rumah Kaca Karbondioksida dan Pemetaan Zona Emisi Menggunakan

Geographic Information System: (Studi Kasus Aktivitas Rumah Tangga di Kabupaten Bojonegoro)”, lalu dilanjutkan dengan pengumpulan data-data (primer dan sekunder), kemudian dilakukan analisis data dan pembahasan hasil penelitian, serta memberikan kesimpulan dan saran. Diagram alir penelitian ini tersaji pada Gambar 3.3 berikut.





Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

3.5.1 Tahap Persiapan Penelitian

Tahap persiapan penelitian dilakukan studi literatur terkait dengan analisis emisi gas rumah kaca CO₂ yang berasal dari aktivitas rumah tangga dengan menggunakan pedoman IPCC *Guidelines* 2006 dan Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Tahun 2012. Sumber yang digunakan untuk menunjang penelitian ini berasal dari buku, tugas akhir, tesis, prosiding, jurnal nasional, serta jurnal internasional.

3.5.2 Tahap Pelaksanaan Penelitian

Tahap pelaksanaan penelitian dilakukan pengumpulan data-data yang dibutuhkan pada penelitian ini. Data-data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder.

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang dikumpulkan secara langsung oleh peneliti terhadap sasaran. Keuntungan data primer adalah pengumpulan data dilakukan oleh peneliti secara langsung hingga data yang didapatkan sesuai dengan kebutuhan. Namun, kekurangan data primer adalah apabila data yang dikumpulkan banyak dan sasarannya masyarakat maka akan memerlukan waktu, tenaga, dan biaya yang cukup besar (Budiarto, 2001). Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini tersaji pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Data Primer

No.	Data Primer	Metode	Sumber
1.	Konsumsi dan jenis bahan bakar kendaraan bermotor	a. Penyebaran kuesioner b. Wawancara dan observasi	a. (Hardiyanti, 2021) b. (Gołasa dkk., 2021)
2.	Konsumsi dan jenis bahan bakar memasak	a. Penyebaran kuesioner b. Wawancara dan observasi	a. (Hardiyanti, 2021) b. (Gołasa dkk., 2021)
3.	Konsumsi listrik	a. Penyebaran kuesioner b. Wawancara dan observasi	a. (Hardiyanti, 2021) b. (Gołasa dkk., 2021)

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang dikumpulkan peneliti dari dokumen atau orang lain terkait penelitiannya (Sugiyono, 2019). Keuntungan data sekunder adalah meminimalisir waktu, tenaga, dan biaya. Namun kekurangan data sekunder adalah seringkali data yang diperlukan peneliti tidak lengkap atau bahkan tidak ada (Budiarto, 2001). Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini tersaji pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Data Sekunder

No.	Data Sekunder	Sumber
1.	Peta administrasi Kabupaten Bojonegoro	Website resmi Pemerintah Kabupaten Bojonegoro
2.	Data demografi Kabupaten Bojonegoro	Badan Pusat Statistik Bojonegoro Tahun 2021
3.	Tipe daya listrik	Website resmi Perusahaan Listrik Negara
4.	Faktor emisi CO ₂	IPCC <i>Guidelines</i> 2006

3.5.3 Tahap Analisa Data

Analisa data dilakukan untuk mengetahui emisi CO₂ dari aktivitas rumah tangga di Kabupaten Bojonegoro. Tahap analisa data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Penentuan Sampel

Penentuan sampel penelitian menggunakan rumus Yamane dengan rumus sebagai berikut:

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

Sumber: (Sugiyono, 2019)

Keterangan:

n = Jumlah sampel penelitian

N = Jumlah populasi

e = *Sampling error* (biasanya 5%, artinya tingkat kepercayaan 95%)

Berdasarkan rumus di atas, jumlah responden pada penelitian ini dapat dihitung sebagai berikut:

$$n = \frac{440233}{1+(440233 \times 0,05^2)}$$

$n = 399,636$ dibulatkan menjadi 400 responden

Rumus 3.1 di atas juga digunakan untuk penentuan jumlah responden tiap kecamatan. Nilai $n = 400$ adalah minimal sampel yang harus diambil di wilayah penelitian. Maka jumlah sampel penelitian tiap kecamatan di Kabupaten Bojonegoro adalah sebagai berikut:

Tabel 3.3 Jumlah Sampel Penelitian Berdasarkan Kecamatan

No.	Kecamatan	Jumlah KK	Jumlah Sampel (Orang)
1.	Margomulyo	15798	14
2.	Ngraho	19095	17
3.	Tambakrejo	4078	4
4.	Ngambon	20938	19
5.	Sekar	5375	5
6.	Bubulan	27574	25
7.	Gondang	15340	14
8.	Temayang	27773	25
9.	Sugihwaras	20704	19
10.	Kedungadem	24819	23
11.	Kepohbaru	20145	18
12.	Baureno	24682	22
13.	Kanor	22761	21
14.	Sumberrejo	18298	17
15.	Balen	28256	26
16.	Sukosewu	16991	16
17.	Kapas	10222	9
18.	Bojonegoro	9959	9
19.	Trucuk	14453	13
20.	Dander	10323	9
21.	Ngasem	12684	12
22.	Gayam	7997	7
23.	Kalitidu	12926	12
24.	Malo	14709	13
25.	Purwosari	4355	4
26.	Padangan	8774	8
27.	Kasiman	9952	9
28.	Kedewan	11072	10
Total		440233	400

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan Rumus 3.1 di atas, jumlah 400 sampel adalah minimal jumlah responden tiap kecamatan. Untuk mengetahui jumlah sampel di suatu kecamatan diperlukan perhitungan jumlah sampel tiap desa, sehingga jumlah sampel tiap desa adalah sebagai berikut:

Tabel 3.4 Jumlah Sampel Tiap Desa

No.	Desa	Jumlah KK	Jumlah Sampel (Orang)
Kecamatan Margomulyo			16
1	Ngelo	367	2

No.	Desa	Jumlah KK	Jumlah Sampel (Orang)
2	Kalangan	538	2
3	Margomulyo	1807	4
4	Sumberjo	2098	4
5	Meduri	1536	2
6	Geneng	791	2
Kecamatan Ngraho			17
1	Luwihaji	864	1
2	Sugihwaras	712	1
3	Sumberagung	867	1
4	Mojorejo	866	1
5	Ngraho	608	1
6	Blimbinggede	583	1
7	Jumok	1224	1
8	Nganti	1986	2
9	Pandan	678	1
10	Tanggungan	1082	1
11	Kalirejo	1051	1
12	Tapelan	752	1
13	Sumberarum	1123	1
14	Payaman	916	1
15	Bancer	764	1
16	Klempun	558	1
Kecamatan Tambakrejo			17
1	Jatimulyo	1135	1
2	Napis	2681	2
3	Ngrancang	1003	1
4	Turi	1022	1
5	Mulyorejo	1499	1
6	Kacangan	670	1
7	Sendangrejo	467	1
8	Dolokgede	559	1
9	Malingmati	1484	1
10	Tambakrejo	1018	1
11	Bakalan	982	1
12	Jawik	736	1
13	Sukorejo	1617	1
14	Gading	566	1
15	Pengkol	426	1
16	Tanjung	559	1
17	Gamongan	1062	1
18	Kalisumber	935	1
Kecamatan Ngambon			19
1	Nglampin	821	4
2	Karangmangu	515	2
3	Ngambon	842	4
4	Sengon	984	5
5	Bondol	740	4
Kecamatan Sekar			7
1	Miyono	1248	1
2	Sekar	1422	1
3	Klino	1208	1
4	Deling	1329	1
5	Bareng	1640	1
6	Bobol	2552	2

No.	Desa	Jumlah KK	Jumlah Sampel (Orang)
Kecamatan Bubulan			25
1	Bubulan	1336	5
2	Cancung	1020	5
3	Clebung	849	5
4	Sumberbendo	800	5
5	Ngorogunung	890	5
Kecamatan Gondang			14
1	Krondonan	926	2
2	Sambongrejo	1643	2
3	Pajeng	1319	2
4	Gondang	1174	2
5	Jari	753	2
6	Senganten	1645	2
7	Pragelan	879	2
Kecamatan Temayang			25
1	Kedungsumber	870	2
2	Soko	598	1
3	Papringan	676	2
4	Kedungsari	517	1
5	Bakulan	912	2
6	Temayang	1028	2
7	Pandantoyo	1214	3
8	Belun	1415	4
9	Jono	1037	2
10	Ngujung	829	2
11	Pancur	790	2
12	Buntalan	679	2
Kecamatan Sugihwaras			19
1	Drenges	632	1
2	Bareng	1372	2
3	Alasgung	1257	1
4	Panunggalan	1034	1
5	Wedoro	1020	1
6	Bulu	1149	1
7	Siwalan	1286	1
8	Glagahan	536	1
9	Panemon	912	1
10	Sugihwaras	1668	2
11	Trate	1052	1
12	Nglajang	363	1
13	Kedungdowo	435	1
14	Glagahwangi	1143	1
15	Jatitengah	599	1
16	Balongrejo	860	1
17	Genjor	839	1
Kecamatan Kedungadem			29
1	Babad	1123	1
2	Pejuk	887	1
3	Dayukidul	657	1
4	Panjang	987	1
5	Tondomulo	1728	2
6	Kesongo	1094	1
7	Kendung	1312	1
8	Mlideg	712	1

No.	Desa	Jumlah KK	Jumlah Sampel (Orang)
9	Tumbrasanom	734	1
10	Kedungadem	4287	4
11	Duwel	409	1
12	Kepohkidul	1440	1
13	Geger	749	1
14	Kedungrejo	1014	1
15	Megale	1984	2
16	Sidorejo	1360	1
17	Drokilo	926	1
18	Mojorejo	578	1
19	Jamberejo	1816	2
20	Sidomulyo	1140	1
21	Tlogoagung	1221	1
22	Ngrandu	1534	1
23	Balongcabe	938	1
Kecamatan Kepohbaru			26
1	Pejok	1714	2
2	Cengkir	662	1
3	Kepoh	853	1
4	Sidomukti	1169	1
5	Simorejo	631	1
6	Brangkal	809	1
7	Balongdowo	520	1
8	Mojosari	380	1
9	Nglumber	995	1
10	Krangkong	759	1
11	Jipo	627	1
12	Bumirejo	1049	1
13	Woro	791	1
14	Sumberagung	880	1
15	Turigede	651	1
16	Sumberoto	443	1
17	Pohwates	680	1
18	Bayemgede	699	1
19	Tlogorejo	694	1
20	Sumbergede	515	1
21	Betet	506	1
22	Mudung	539	1
23	Ngranggonanyar	319	1
24	Karangan	1037	1
25	Sugihwaras	1126	1
Kecamatan Baureno			25
1	Banjaranyar	1	1
2	Ngemplak	2	1
3	Sraturejo	3	1
4	Blongsong	4	1
5	Baureno	5	1
6	Trojalu	6	1
7	Tulungagung	7	1
8	Selorejo	8	1
9	Tlogoagung	9	1
10	Sumuragung	10	1
11	Gajah	11	1
12	Gunungsari	12	1

No.	Desa	Jumlah KK	Jumlah Sampel (Orang)
13	Kalisari	13	1
14	Tanggungan	14	1
15	Lebaksari	15	1
16	Bumiayu	16	1
17	Kauman	17	1
18	Pasinan	18	1
19	Banjaran	19	1
20	Drajat	20	1
21	Sembunglor	21	1
22	Pomahan	22	1
23	Karangdayu	23	1
24	Kadungrejo	24	1
25	Pucangarum	25	1
Kecamatan Kanor			25
1	Sarangan	355	1
2	Tejo	669	1
3	Pesen	366	1
4	Samberan	804	1
5	Nglarangan	1090	1
6	Sroyo	506	1
7	Bakung	1271	1
8	Palembon	870	1
9	Simbatan	733	1
10	Canga'an	690	1
11	Kabalan	747	1
12	Piyak	376	1
13	Caruban	517	1
14	Sedeng	905	1
15	Bungur	1441	1
16	Simorejo	1226	1
17	Sumberwangi	747	1
18	Tambahrejo	950	1
19	Kanor	1025	1
20	Prigi	1023	1
21	Temu	1250	1
22	Kedungprimpen	856	1
23	Gedongarum	825	1
24	Pilang	599	1
25	Semambung	742	1
Kecamatan Sumberrejo			27
1	Tlogohaji	1327	1
2	Ngampal	1222	1
3	Kedungrejo	569	1
4	Mlijeng	1258	1
5	Sumberhajo	1191	1
6	Banjarjo	978	1
7	Kayulemah	1938	2
8	Teleng	953	1
9	Wotan	609	1
10	Sambongrejo	1021	1
11	Sendangagung	501	1
12	Deru	383	1
13	Pekuwon	1500	1
14	Karangdowo	841	1

No.	Desa	Jumlah KK	Jumlah Sampel (Orang)
15	Pejambon	706	1
16	Tulungrejo	725	1
17	Karangdinoyo	988	1
18	Butoh	774	1
19	Margoagung	804	1
20	Jatigede	821	1
21	Bogangin	486	1
22	Sumuragung	1752	2
23	Sumberrejo	1637	1
24	Talun	498	1
25	Prayungan	915	1
26	Mejuwet	759	1
Kecamatan Balen			26
1	Sidobandung	1449	1
2	Mayangkawis	1337	1
3	Kenep	1069	1
4	Pohbogo	937	1
5	Penganten	1793	2
6	Bulaklo	1099	1
7	Bulu	1068	1
8	Kemamang	1154	1
9	Ngadiluhur	1406	1
10	Kabunan	1088	1
11	Suwaloh	1491	1
12	Sobontoro	1153	1
13	Balenrejo	1014	1
14	Margomulyo	1853	2
15	Kedungbondo	1789	2
16	Pilanggede	968	1
17	Kedungdowo	879	1
18	Lengkong	901	1
19	Prambatan	1052	1
20	Mulyoagung	1077	1
21	Sekaran	709	1
22	Mulyorejo	967	1
23	Sarirejo	982	1
Kecamatan Sukosewu			16
1	Kalicilik	925	1
2	Semawot	364	1
3	Klepek	1211	1
4	Tegalkodo	672	1
5	Sitiaji	1287	1
6	Purwosari	1257	1
7	Pacing	815	1
8	Duyungan	937	1
9	Jumput	446	1
10	Semenkidul	452	1
11	Sukosewu	1316	1
12	Sumberjokidul	1371	2
13	Sidorejo	410	1
14	Sidodadi	1435	2
Kecamatan Kapas			21
1	Bendo	809	1
2	Kumpulrejo	445	1

No.	Desa	Jumlah KK	Jumlah Sampel (Orang)
3	Padangmentoyo	587	1
4	Tapelan	694	1
5	Bangilan	948	1
6	Sembung	661	1
7	Tanjungharjo	1348	1
8	Wedi	1207	1
9	Kalianyar	1059	1
10	Ngampel	820	1
11	Sambiroto	1112	1
12	Tikusan	672	1
13	Sukowati	1065	1
14	Klampok	387	1
15	Mojodeso	949	1
16	Plesungan	1208	1
17	Kedaton	1268	1
18	Kapas	1386	1
19	Semenpinggir	1316	1
20	Bogo	563	1
21	Bakalan	863	1
Kecamatan Bojonegoro			20
1	Jetak	621	1
2	Pacul	1284	1
3	Sukorejo	2234	2
4	Sumbang	1330	1
5	Klangon	1013	1
6	Kepatihan	557	1
7	Mojokampung	874	1
8	Kadipaten	933	1
9	Ngrowo	1220	1
10	Karagpacar	1123	1
11	Campurejo	1261	1
12	Semanding	351	1
13	Kalirejo	649	1
14	Mulyoagung	806	1
15	Banjarjo	1528	1
16	Ledokwetan	1130	1
17	Kauman	782	1
18	Ledok Kulon	1909	2
Kecamatan Trucuk			13
1	Kandangan	1140	1
2	Sumbang Timun	856	1
3	Kanten	922	1
4	Pagerwesi	696	1
5	Padang	1571	1
6	Sumberjo	627	1
7	Mori	1018	1
8	Tulungrejo	977	1
9	Trucuk	1022	1
10	Guyangan	660	1
11	Sranak	444	1
12	Banjarsari	2256	2
Kecamatan Dander			16
1	Ngunut	1068	1
2	Dander	1481	1

No.	Desa	Jumlah KK	Jumlah Sampel (Orang)
3	Growok	1024	1
4	Sumberarum	1224	1
5	Kunci	1202	1
6	Jatiblimbing	1165	1
7	Ngraseh	1083	1
8	Mojoranu	1044	1
9	Sumodikaran	982	1
10	Sendangrejo	998	1
11	Karangsono	1220	1
12	Sumberagung	1127	1
13	Ngumpakdalem	1338	1
14	Sumbertlaseh	1023	1
15	Ngulanan	846	1
16	Ngablak	928	1
Kecamatan Ngasem			19
1	Setren	1394	1
2	Trenggulunan	1251	1
3	Butoh	1332	1
4	Kolong	1388	1
5	Mediyunan	1276	1
6	Ngadiluwih	1239	1
7	Sendangharjo	1401	1
8	Ngasem	1390	1
9	Bandungrejo	1052	1
10	Dukohkidul	1142	1
11	Sambong	957	1
12	Ngantru	1262	1
13	Tengger	1158	1
14	Wadang	1749	2
15	Jampet	1249	1
16	Jelu	1156	1
17	Bareng	1661	2
Kecamatan Gayam			13
1	Beged	901	1
2	Ngraho	965	1
3	Sudu	874	1
4	Manukan	943	1
5	Cengungklung	580	1
6	Katur	1621	1
7	Gayam	2366	2
8	Mojodelik	1567	1
9	Bonorejo	615	1
10	Brabowan	483	1
11	Begadon	559	1
12	Ringintunggal	475	1
Kecamatan Kalitidu			19
1	Sumengko	835	1
2	Mlaten	667	1
3	Talok	273	1
4	Brenggolo	594	1
5	Grebeban	512	1
6	Wotangare	858	1
7	Kalitidu	942	1
8	Panjunan	747	1

No.	Desa	Jumlah KK	Jumlah Sampel (Orang)
9	Mayanggeneng	356	1
10	Mayangrejo	1030	1
11	Pilangsari	873	1
12	Mojosari	860	1
13	Pungpungan	1590	1
14	Ngujo	1030	1
15	Ngringinrejo	568	1
16	Mojo	450	1
17	Leran	2116	2
18	Sukoharjo	492	1
Kecamatan Malo			20
1	Dukohlor	559	1
2	Kacangan	220	1
3	Kemiri	557	1
4	Petak	434	1
5	Klith	400	1
6	Sudah	420	1
7	Ngujung	486	1
8	Tambakromo	663	1
9	Sumberjo	640	1
10	Tinawun	476	1
11	Banaran	187	1
12	Kedungrejo	291	1
13	Ketileng	534	1
14	Rendeng	311	1
15	Malo	510	1
16	Sukorejo	388	1
17	Trembes	339	1
18	Semlaran	307	1
19	Tanggir	458	1
20	Tulungagung	850	1
Kecamatan Purwosari			12
1	Kaliombo	1126	1
2	Pelem	945	1
3	Ngrejeng	1127	1
4	Tlatah	538	1
5	Tinumpuk	387	1
6	Kuniran	1191	1
7	Donan	558	1
8	Gapluk	696	1
9	Punggur	409	1
10	Sedahkidul	352	1
11	Pojok	430	1
12	Purwosari	1322	1
Kecamatan Padangan			18
1	Tebon	442	1
2	Prangi	471	1
3	Purworejo	769	1
4	Ngeper	790	1
5	Sonorejo	601	1
6	Ngradin	887	1
7	Kendung	475	1
8	Kebonagung	749	1
9	Banjarjo	1281	1

No.	Desa	Jumlah KK	Jumlah Sampel (Orang)
10	Kuncen	1883	2
11	Ngasinan	742	1
12	Cendono	703	1
13	Sidorejo	613	1
14	Nguken	641	1
15	Padangan	1939	2
16	Dengok	957	1
Kecamatan Kasiman			11
1	Batokan	1771	2
2	Betet	801	1
3	Tembeling	1124	1
4	Sidomukti	559	1
5	Besah	963	1
6	Sambeng	1523	1
7	Ngaglik	1089	1
8	Kasiman	1390	1
9	Sekaran	1363	1
10	Tambakmerak	886	1
Kecamatan Kedewan			10
1	Kawengan	203	2
2	Wonocolo	468	2
3	Hargomulyo	1213	2
4	Kedewan	1200	2
5	Beji	689	2
Total Seluruh Sampel			525

Sumber: Hasil Analisa, 2022

b. Uji Validitas Kuesioner

Validitas merupakan ketepatan suatu instrumen untuk mengukur sesuatu yang ingin diukur. Uji validitas menggunakan korelasi *Bivariate Pearson (Pearson Product-Moment)* dengan cara mengkorelasikan tiap skor item dengan skor total. Pengujian menggunakan uji dua pihak dengan taraf signifikansi 0,05. Kriteria pengujian antara lain sebagai berikut: (Jainuri, 2019)

- 1) Jika $r \text{ hitung} \geq r \text{ tabel}$ (uji dua pihak dengan sig. 0,05) maka instrumen atau item-item pertanyaan berkorelasi signifikan terhadap skor total (dinyatakan valid).
- 2) Jika $r \text{ hitung} < r \text{ tabel}$ (uji dua sisi dengan sig. 0,05) maka instrumen atau item-item pertanyaan tidak berkorelasi signifikan terhadap skor total (dinyatakan tidak valid).

Langkah-langkah pengujian dengan *software* SPSS adalah sebagai berikut:

- 1) Input data ke dalam program SPSS.

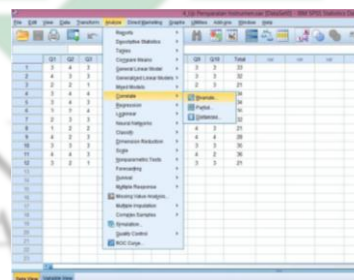
- 2) Pada kolom **Name** ketik Q1 hingga Q10, kemudian terakhir ketikkan **Total** (skor total didapat dari penjumlahan Q1 hingga Q10).
- 3) Pada kolom **Decimals** angka ganti menjadi 0 untuk seluruh Ijen.
- 4) Pada kolom **Width** dan **Columns** isikan 4.
- 5) Pada kolom **Align** isikan Center.
- 6) Pada kolom **Measure** isikan Ordinal (data menggunakan skala Likert).
- 7) Untuk kolom-kolom lainnya boleh dihiraukan (isian default).

Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	File
1	Q1	4	0				4	Center	Ordinal	Input
2	Q2	4	0				4	Center	Ordinal	Input
3	Q3	4	0				4	Center	Ordinal	Input
4	Q4	4	0				4	Center	Ordinal	Input
5	Q5	4	0				4	Center	Ordinal	Input
6	Q6	4	0				4	Center	Ordinal	Input
7	Q7	4	0				4	Center	Ordinal	Input
8	Q8	4	0				4	Center	Ordinal	Input
9	Q9	4	0				4	Center	Ordinal	Input
10	Q10	4	0				4	Center	Ordinal	Input
11	Total	8	0				8	Center	Ordinal	Input

- 8) Klik *tab sheet* [**Variable View**] pada SPSS data editor dan ketik/copy data sebagai berikut:

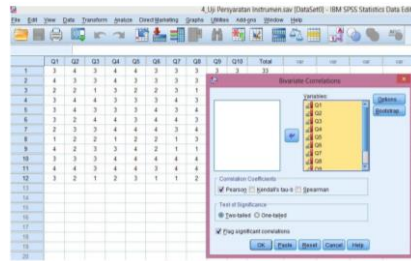
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Total
1	3	4	3	4	4	3	3	3	3	3	29
2	4	3	4	4	3	3	3	3	3	3	30
3	2	2	1	3	2	2	3	1	2	3	21
4	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	30
5	3	4	3	3	3	3	4	3	4	3	30
6	3	2	4	4	3	4	3	4	4	3	30
7	2	3	3	4	4	3	4	3	2	3	30
8	1	2	2	1	2	2	1	3	4	3	21
9	4	2	3	3	4	2	1	1	4	4	28
10	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	30
11	4	4	3	4	4	3	4	4	4	2	36
12	3	2	1	2	3	1	1	2	3	3	21

- 9) Selanjutnya, klik [**Analyze**] > [**Correlate**] > [**Bivariate**].



- 10) Selanjutnya akan terbuka kotak dialog *Bivariate Correlations*, kemudian pindahkan semua item dari Q1 hingga Q10 ke kolom *Variables*, sebagai berikut:

The screenshot shows the 'Bivariate: Correlations' dialog box with the 'Variables' list populated with Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q9, Q10, and Total. The 'OK' button is highlighted.



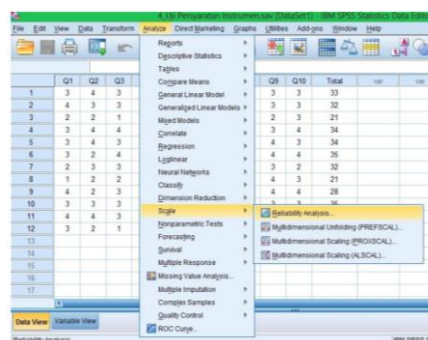
- 11) Pada *tab Correlation Coefficients* pilih (checklist) **Pearson**.
- 12) Pada *tab Test of Significance* biarkan default: **Two-tailed**, dan checklist pilihan: **Flag significant correlations**.
- 13) Klik **[OK]** maka akan didapatkan hasil output sebagai berikut:

Item	Cronbach's Alpha	Item-Matrix Correlation
Q1	.887	.707
Q2	.887	.707
Q3	.887	.707
Q4	.887	.707
Q5	.887	.707
Q6	.887	.707
Q7	.887	.707
Q8	.887	.707
Q9	.887	.707
Q10	.887	.707

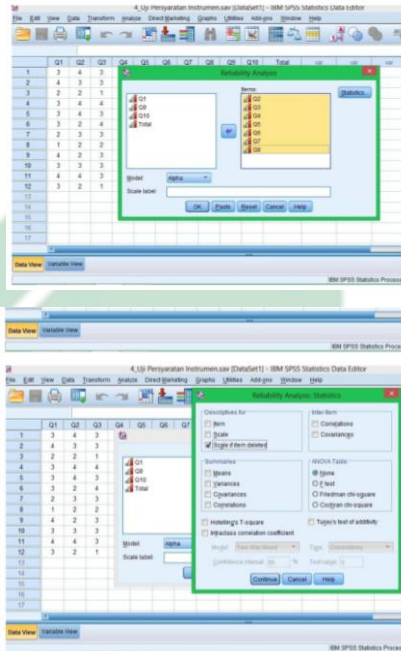
c. Uji Reliabilitas Kuesioner

Uji reliabilitas digunakan untuk mengetahui konsistensi kuesioner jika pertanyaan tersebut dilakukan berulang-ulang. Metode pengujian yang digunakan adalah metode *Alpha (Cronbach's)*. Uji signifikansi dilakukan pada taraf signifikansi 0,05 artinya instrumen dapat dikatakan reliabel apabila nilai *Alpha* lebih besar dari r kritis *Product-Moment*. Langkah-langkah pengujian menggunakan *software* SPSS adalah sebagai berikut: (Jainuri, 2019)

- 1) Pada contoh di atas, telah diinput data item Q1 hingga Q10.
- 2) Klik **[Analyze] > [Scale] > [Reliability Analysis]**.



- 3) Klik item yang valid dan masukkan ke kotak items. Jika item-item sudah berada di kotak items maka klik item yang gugur dan keluarkan dengan klik simbol arah.
- 4) Klik *Statistics*, pada *Descriptives for klik scale if item deleted*.
- 5) Klik *Continue*.



- 6) Klik [OK] maka akan didapatkan hasil output sebagai berikut:

Case Processing Summary

	N	%
Cases Valid	12	100,0
Excluded ^a	0	,0
Total	12	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,894	7

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Q2	17,92	22,811	,654	,893
Q3	18,08	21,902	,709	,877
Q4	17,58	21,720	,733	,874

d. Perhitungan Emisi CO₂

Perhitungan emisi CO₂ dari aktivitas rumah tangga berdasarkan pedoman *Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* volume 2 tahun 2006 tentang *Energy* dan Kementerian Lingkungan Hidup tahun 2012. Rumus-rumus yang digunakan dalam analisa data penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Perhitungan emisi CO₂ dari penggunaan listrik

Emisi = konsumsi listrik × faktor emisi Rumus 3.2

Sumber: (IPCC, 2006)

dengan nilai faktor emisi CO₂ adalah 0,000725 ton/KWh (Kementerian ESDM, 2014).

2) Perhitungan emisi CO₂ dari kegiatan memasak

Konsumsi bahan bakar = Jumlah bahan bakar × NCV

..... Rumus 3.3

Sumber: (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

Emisi = konsumsi bahan bakar × faktor emisi

..... Rumus 3.4

Sumber: (IPCC, 2006)

Keterangan:

Emisi = Emisi GRK menurut jenis bahan bakar (kg GRK)

Konsumsi bahan bakar = Jumlah bahan bakar (TJ)

Faktor emisi = Faktor emisi dari GRK yang diberikan berdasarkan jenis bahan bakar (kg gas/TJ).

NCV = *Net Calorific Volume* (TJ/Gg)

3) Perhitungan emisi CO₂ dari penggunaan transportasi

Emisi = $\sum_a (\text{konsumsi bahan bakar}_a \times \text{faktor emisi}_a) \dots$

..... Rumus 3.5

Sumber: (IPCC, 2006)

Keterangan:

Emisi = Emisi CO₂ (kg)

Konsumsi bahan bakar_a = Jumlah bahan bakar (TJ)

Faktor emisi_a = Faktor emisi (kg/TJ).

a = tipe bahan bakar

e. Perhitungan Interval untuk Pemetaan Zona Emisi

1) Menentukan banyaknya kelompok

$m = 1 + 3,3 \log n$

Sumber: (Budiarto, 2001)

dengan m adalah jumlah kelompok dan n adalah jumlah pengamatan.

- 2) Menentukan interval


$$i = \frac{R}{m}$$

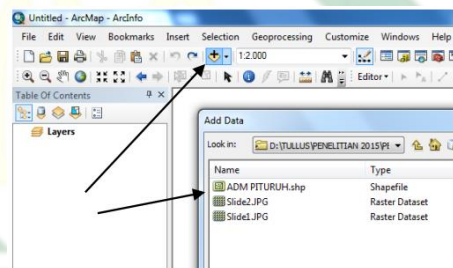
Sumber: (Budiarto, 2001)

dengan R adalah rentang antara nilai terbesar dan nilai terkecil.

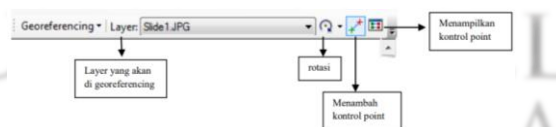
f. Pemetaan Zona Emisi Menggunakan GIS


Langkah-langkah menyiapkan data spasial untuk pemetaan adalah sebagai berikut: (Anonim, 2020)

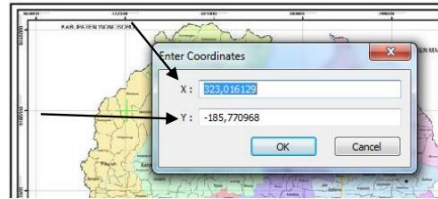
- 1) Ketikkan peta wilayah dan pilih gambar peta yang memiliki sistem koordinat lalu simpan dalam format .jpg
- 2) Tampilkan peta dengan cara klik tanda  dan pilih peta yang berformat .jpg



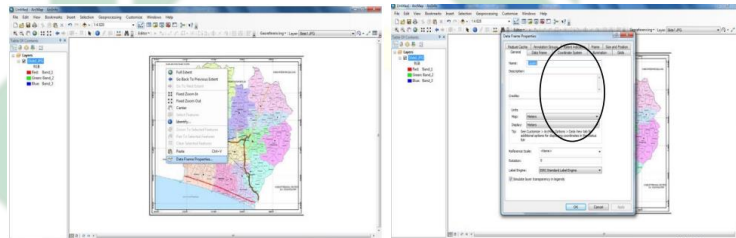
- 3) Setelah peta tampil pada *display*, kemudian aktifkan *toolbar Georeferencing* dengan cara klik kanan pada *mouse* pada *toolbar* kosong kemudian pilih *Georeferencing*.




- 4) Untuk menentukan titik kontrol kliklah tanda  minimal empat buah secara proporsional pada muka peta dan masukkan koordinat peta dengan cara klik (kiri *mouse*) pada lokasi titik pilih input X and Y kemudian klik *mouse* kanan. Isikan koordinat X dan Y titik no. 1 sesuai koordinat sebenarnya pada peta.

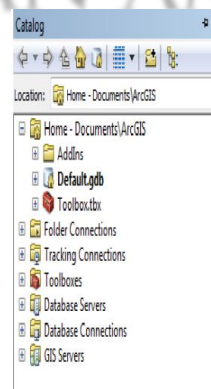



- 5) Setelah 4 titik kontrol diperoleh, dapat dilakukan cek *RMS error* dengan klik *View Link Table* (menampilkan kontrol point).
- 6) Setelah *RMS error* memenuhi “standart” kemudian klik *Georeferencing > Update Georeferencing*.
- 7) Sesuaikan satuan peta dari *unkow unit* menjadi meter pada layar kanan bawah dengan cara klik kanan pada peta dan pilih *Data Frame Properties > general*, pada *units* pilih *Map : Meter*; *Display : Meter*, **OK**.

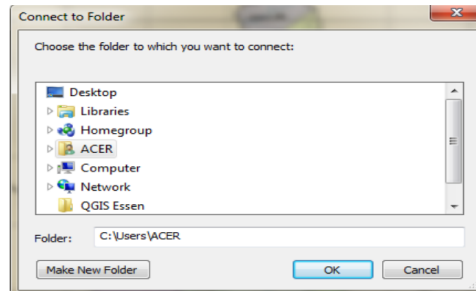


Langkah-langkah membuat *layer* untuk pemetaan adalah sebagai berikut: (Anonim, 2020)

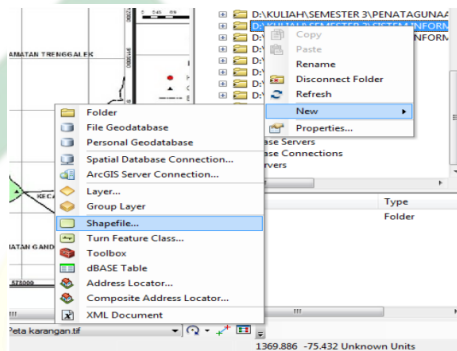
- 1) Buka file dengan format *.MXD* yang merupakan peta wilayah yang sudah terverifikasi. Langkah selanjutnya adalah digitasi *on screen*, dengan cara membuka ArcCatalog  pada menu *Toolbar*, sehingga muncul jendela ArcCatalog seperti di bawah ini:



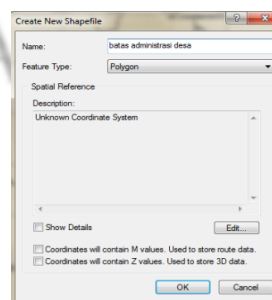
- 2) Dari menu ArcCatalog, pilih *Folder Connections*  sehingga muncul jendela *connect to folder* seperti di bawah ini:



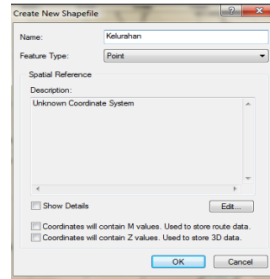
- 3) Dari tabel *connect to folder*, pilih folder yang digunakan untuk menyimpan file hasil digitasi *on screen* dalam format *.shp*. Lalu klik kanan > *New* > *Shapefile*.



- 4) Selanjutnya muncul jendela *Create New Shapefile*. Pada jendela tersebut, dalam membuat layer diperlukan:
- a) *Layer area (polygon)*; seperti batas administrasi desa. Contoh membuat *layer* tersebut sebagai berikut:
 - a. Mengisi nama file dengan nama “batas administrasi desa”
 - b. Pada *feature type* pilih *polygon*

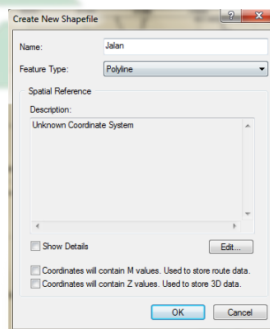


- b) *Layer titik (point)*; seperti kelurahan. Contoh membuat *layer* tersebut sebagai berikut:
 - a. Mengisi nama file dengan nama “kelurahan”
 - b. Pada *feature type* pilih *point*

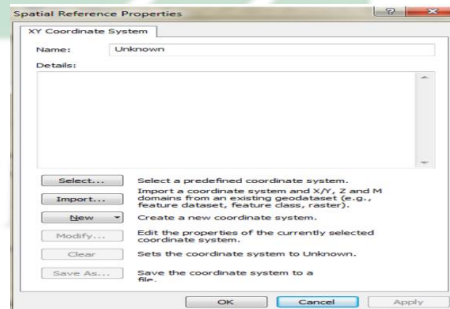


c) *Layer* garis (*polyline*); seperti jalan. Contoh membuat *layer* tersebut sebagai berikut:

- a. Mengisi nama file dengan nama “jalan”
- b. Pada *feature type* pilih *polyline*



- 5) Jika sudah mengisi nama *layer* dan *feature type*, langkah selanjutnya pada jendela “*Create New Shapefile*” pilih “*Edit*”. Sehingga tampil jendela “*Spatial Reference*”.



- 6) Pada jendela di atas, pilih *Select*, lalu muncul jendela *Browse for Coordinate System*, sehingga muncul beberapa folder referensi koordinat. Contoh memilih folder UTM > WGS 1984 > Southern Hemisphere > WGS 1984 Zone 49S.prj > Add > Apply > OK. Langkah ini dilakukan untuk masing-masing *layer*. Sehingga muncul pada jendela *Table of Contents* muncul batas administrasi desa.

- 7) Selanjutnya lakukan digitasi *on screen* dengan mengklik *Toolbar Editor*. Pilih *Start Editing*, sehingga tampil jendela “*Create Feature*”. Pada jendela tersebut klik layer yang akan digunakan (misal batas administrasi desa), selanjutnya klik *feature type layer* batas administrasi desa. Lalu mulai lakukan digitasi pada peta tersebut.
- 8) Mengubah warna *layer* batas administrasi desa dengan mengklik warna *layer* batas administrasi desa jendela *Table of Contents*, sehingga keluar tampilan jendela *Symbol Selector*. Selanjutnya, pilih warna yang diinginkan.

3.5.4 Tahap Pelaporan

Tahap pelaporan penelitian mencakup penyajian data dan pembahasan. Dalam penyajian data, emisi CO₂ yang telah dianalisa akan disajikan dalam bentuk pemetaan zona emisi menggunakan GIS. Dalam pembahasan, dijelaskan secara sistematis mengenai aktivitas rumah tangga yang dapat menimbulkan emisi gas rumah kaca dengan tingkatan yang tinggi. Selain itu, pemetaan zona emisi juga digunakan untuk mengetahui persebaran dan tingkat emisi CO₂ dari aktivitas rumah tangga di Kabupaten Bojonegoro. Selanjutnya, dapat ditarik kesimpulan setelah adanya pembahasan dan dapat memberikan saran untuk penelitian selanjutnya yang serupa.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Wilayah Studi

Aktivitas rumah tangga adalah salah satu sektor sumber peningkatan emisi gas rumah kaca (Nursetiyani, 2021). Peningkatan jumlah penduduk dapat mengakibatkan meningkatnya emisi gas rumah kaca khususnya CO₂ (Rachmawati dkk., 2014). Emisi gas rumah kaca dari sektor energi dapat berasal dari pembakaran bahan bakar fosil yang terdiri dari penggunaan kendaraan bermotor, kegiatan memasak, serta penggunaan listrik. Data sektor energi dalam penelitian ini didapatkan dengan penyebaran kuesioner ke sejumlah responden penelitian. Penyebaran kuesioner dilakukan secara *offline* dengan melakukan wawancara langsung kepada responden. Banyaknya responden penelitian tergantung dari jumlah populasi yang terdapat pada wilayah administratif Kabupaten Bojonegoro. Berdasarkan Badan Pusat Statistik Kabupaten Bojonegoro, hingga tahun 2020 jumlah penduduk di Kabupaten Bojonegoro sebanyak 1.301.635 jiwa dengan jumlah keluarga sebanyak 440.233 KK dimana jumlah sampel minimum yang telah ditentukan sebesar 400 KK. Jumlah sampel yang telah diperoleh pada penelitian ini adalah sebesar 525 KK telah melampaui jumlah sampel minimum.

Kabupaten Bojonegoro merupakan salah satu Kabupaten yang terdapat di Provinsi Jawa Timur dengan luas wilayah 2.307,06 km² dan terdiri dari 28 kecamatan antara lain Kecamatan Margomulyo, Ngraho, Tambakrejo, Ngambon, Sekar, Bubulan, Gondang, Temayang, Sugihwaras, Kedungadem, Kepohbaru, Baureno, Kanor, Sumberrejo, Balen, Sukosewu, Kapas, Bojonegoro, Trucuk, Dander, Ngasem, Gayam, Kalitidu, Malo, Purwosari, Padangan, Kasiman, dan Kedewan.

Kecamatan Margomulyo memiliki luas wilayah 139,68 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Ngawi (Kabupaten Ngawi), batas sebelah barat adalah Kecamatan Menden (Kabupaten Blora Provinsi Jawa Tengah), batas sebelah utara adalah

Kecamatan Ngraho, dan batas sebelah Timur adalah Kecamatan Tambakrejo dan Kecamatan Beringin (Kabupaten Ngawi). Kecamatan ini terdiri dari 6 desa antara lain Desa Ngelo, Kalangan, Margomulyo, Sumberjo, Meduri, dan Geneng.

Kecamatan Ngraho memiliki luas wilayah 71,48 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kabupaten Ngawi, batas sebelah barat adalah Kabupaten Blora, batas sebelah utara adalah Kabupaten Tuban, dan batas sebelah timur adalah Kabupaten Lamongan. Kecamatan ini memiliki 16 desa antara lain Desa Luwihaji, Sugihwaras, Sumberagung, Mojorejo, Ngraho, Blimbinggede, Jumok, Nganti, Pandan, Tanggungan, Kalirejo, Tapelan, Sumberarum, Payaman, Bancer, dan Klempun.

Kecamatan Tambakrejo memiliki luas wilayah 209,52 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kabupaten Ngawi, batas sebelah barat adalah Kabupaten Ngraho, batas sebelah utara adalah Kabupaten Purwosari, dan batas sebelah timur adalah Kabupaten Ngambon. Kecamatan ini memiliki 18 desa antara lain Desa Jatimulyo, Napis, Ngrancang, Turi, Mulyorejo, Kacangan, Sedangrejo, Dolokgede, Malingmati, Tambakrejo, Bakalan, Jawik, Sukorejo, Gading, Pengkol, Tanjung, Gamongan, dan Kalisumber.

Kecamatan Ngambon memiliki luas wilayah 48,65 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Tambakrejo, batas sebelah barat adalah Kecamatan Tambakrejo, batas sebelah utara adalah Kecamatan Sekar, dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Ngasem. Kecamatan ini memiliki 5 desa antara lain Desa Nglampin, Karangmangu, Ngambon, Sengol, dan Bondol.

Kecamatan Sekar memiliki luas wilayah 130,24 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Caruban dan Saradan (Kabupaten Madiun), batas sebelah barat adalah Kecamatan Tambakrejo, batas sebelah utara adalah Kecamatan Ngasem, dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Gondang. Kecamatan ini memiliki 6 desa antara lain Desa Miyono, Sekar, Klino, Deling, Bareng, dan Bobol.

Kecamatan Bubulan memiliki luas wilayah 84,73 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Gondang, batas sebelah barat adalah Kecamatan Ngasem, batas sebelah utara adalah Kecamatan Dander, dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Temayang. Kecamatan ini memiliki 5 desa antara lain Desa Bubulan, Cancung, Clebung, Sumberbendo, dan Ngorogunung.

Kecamatan Gondang memiliki luas wilayah 107,01 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Rejoso (Kabupaten Nganjuk), batas sebelah barat adalah Kecamatan Sekar, batas sebelah utara adalah Kecamatan Bubulan, dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Temayang. Kecamatan ini memiliki 7 desa antara lain Desa Krondonan, Sambongrejo, Pajeng, Gondang, Jari, Senganten, dan Pragelan.

Kecamatan Temayang memiliki luas wilayah 124,67 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Gondang dan Kabupaten Nganjuk, batas sebelah barat adalah Kecamatan Bubulan, batas sebelah utara adalah Kecamatan Dander dan Kecamatan Sukosewu, dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Sugihwaras. Kecamatan ini memiliki 12 desa antara lain Desa Kedungsumber, Soko, Papringan, Kedungsari, Bakulan, Temayang, Pandantoyo, Belun, Jono, Ngujung, Pacur, dan Buntalan.

Kecamatan Sugihwaras memiliki luas wilayah 87,15 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kabupaten Nganjuk, batas sebelah barat adalah Kecamatan Temayang, batas sebelah utara adalah Kecamatan Balen, dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Lamongan. Kecamatan ini memiliki 17 desa antara lain Desa Brenges, Bareng, Alasgung, Panunggalan, Wedoro, Bulu, Siwalan, Glagahan, Panemon, Sugihwaras, Trate, Nglajang, Kedungdowo, Glagahwangi, Jatitengah, Balongrejo, dan Genjor.

Kecamatan Kedungadem memiliki luas wilayah 145,15 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Ngluyu (Kabupaten Nganjuk), batas sebelah barat adalah Kecamatan Sugihwaras dan Kecamatan Sukosewu, batas sebelah utara adalah Kecamatan Sumberrejo; Balen; dan Kepohbaru, dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Sukorame (Kabupaten Lamongan). Kecamatan ini memiliki 23 desa antara lain Desa

Babad, Pejok, Dayukidul, Panjang, Tondomulo, Kesongo, Kendung, Mlideg, Tumbrasanom, Kedungadem, Duwel, Kepohkidul, Geger, Kedungrejo, Megale, Sidorejo, Drokilo, Mojorejo, Jamberejo, Sidomulyo, Tlogoagung, Ngrandu, dan Balongcabe.

Kecamatan Kepohbaru memiliki luas wilayah 79,64 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Kedungadem, batas sebelah barat adalah Kecamatan Sumberrejo, batas sebelah utara adalah Kecamatan Baureno, dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Lamongan. Kecamatan ini memiliki 25 desa antara lain Desa Pejok, Cengkir, Kepoh, Sidomukti, Simorejo, Brangkal, Balongdowo, Mojosari, Nglumber, Krangkong, Jipo, Bumirejo, Woro, Sumberagung, Turigedem Sumberoto, Pohwates, Bayemgede, Tlogorejo, Sumbergede, Betet, Mudung, Nranggonanyar, Karangan, dan Sugihwaras.

Kecamatan Baureno memiliki luas wilayah 66,37 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Kepohbaru, batas sebelah barat adalah Kecamatan Kanor, batas sebelah utara adalah Kecamatan Plumpang (Kabupaten Tuban), dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Babat (Kabupaten Lamongan). Kecamatan ini memiliki 25 desa antara lain Desa Banjaranyar, Ngemplak, Sratorejo, Blongsong, Baureno, Trojalu, Tulungagung, Selorejo, Tlogoagung, Sumuragung, Gajah, Gunungsari, Kalisari, Tanggungan, Lebaksari, Bumiayu, Kauman, Pasinan, Banjaran, Drajat, Sembunglor, Pomahan, Karangdayu, Kadungrejo, dan Pucangarum.

Kecamatan Kanor memiliki luas wilayah 59,78 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Sumberrejo, batas sebelah barat adalah Kecamatan Balen, batas sebelah utara adalah Kecamatan Rengel dan Kecamatan Plumpang (Kabupaten Tuban), dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Baureno. Kecamatan ini memiliki 25 desa antara lain Desa Sarangan, Tejo, Pesen, Samberan, Nglarangan, Sroyo, Bakung, Palembang, Simbatan, Canga'an, Kabalan, Piyak, Caruban, Sedeng, Bungur, Simorejo, Sumberwangi, Tambahrejo, Kanor, Prigi, Temu, Kedungprimpen, Gedongarum, Pilang, dan Semambung.

Kecamatan Sumberrejo memiliki luas wilayah 76,58 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Kedungadem, batas sebelah barat adalah Kecamatan Balen, batas sebelah utara adalah Kecamatan Kanor dan Balen, dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Baureno dan Kepohbaru. Kecamatan ini memiliki 26 desa antara lain Desa Tlogohaji, Ngampal, Kedungrejo, Mlinjeng, Sumberharjo, Banjarjo, Kayulemah, Teleng, Wotan, Sambongrejo, Sendangagung, Deru, Pekuwon, Karangdowo, Pejambon, Tulungrejo, Karangdinoyo, Butoh, Margoagung, Jatigede, Bogagin, Sumuragung, Sumberrejo, Talun, Prayungan, dan Mejuwet.

Kecamatan Balen memiliki luas wilayah 60,52 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Sukosewu, batas sebelah barat adalah Kecamatan Kapas, batas sebelah utara adalah Kabupaten Tuban, dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Sumberrejo. Kecamatan ini memiliki 23 desa antara lain Desa Sidobandung, Mayangkawis, Kenep, Pohbogo, Penganten, Bulaklo, Bulu, Kemamang, Ngadiluhur, Kabunan, Suwaloh, Sobontoro, Balenrejo, Margomulyo, Kedungbondo, Pilanggede, Kedungdowo, Lengkong, Prambatan, Mulyoagung, Sekaran, Mulyorejo, dan Sarirejo.

Kecamatan Sukosewu memiliki luas wilayah 47,48 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Temayang, batas sebelah barat adalah Kecamatan Kapas, batas sebelah utara adalah Kecamatan Kapas, dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Balen. Kecamatan ini memiliki 14 desa antara lain Desa Kalicilik, Semawot, Klepek, Tegalkodo, Sitiaji, Purwosari, Pacing, Duyungan, Jumput, Semenkidul, Sukosewu, Sidorejo, dan Sidodadi.

Kecamatan Kapas memiliki luas wilayah 46,38 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Sukosewu dan Kecamatan Dander, batas sebelah barat adalah Kecamatan Bojonegoro dan Kecamatan Dander, batas sebelah utara adalah Kecamatan Bojonegoro, dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Balen. Kecamatan ini memiliki 21 desa antara lain Desa Bendo, Kumpulrejo, Padangmentoyo, Tapelan, Bangilan, Sembung, Tanjungharjo, Wedi, Kalianyar, Ngampel, Sambiroto,

Tikusan, Sukowati, Klampok, Mojodeso, Plesungan, Kedaton, Kapas, Semenpinggir, Bogo, dan Bakalan.

Kecamatan Bojonegoro memiliki luas wilayah 25,71 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Dander, batas sebelah barat adalah Kecamatan Dander, batas sebelah utara adalah Kecamatan Trucuk, dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Kapas. Kecamatan ini memiliki 18 desa antara lain Desa Jetak, Pacul, Sukorejo, Sumbeng, Klangon, Kepatihan, Mojokampung, Kadipaten, Ngrowo, Karangpacar, Campurejo, Semanding, Kalirejo, Mulyoagung, Banjarjo, Ledokwetan, Kauman, dan Ledok Kulon.

Kecamatan Trucuk memiliki luas wilayah 36,71 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Kalitidu, batas sebelah barat adalah Kecamatan Malo, batas sebelah utara adalah Kecamatan Senori (Kabupaten Tuban), dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Bojonegoro. Kecamatan ini memiliki 12 desa antara lain Desa Kandangan, Sumbang Timun, Kanten, Pagerwesi, Padang, Sumberjo, Mori, Tulungejo, Trucuk, Guyangan, Sranak, dan Banjarsari.

Kecamatan Dander memiliki luas wilayah 118,36 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Bubulan, batas sebelah barat adalah Kecamatan Ngasem, batas sebelah utara adalah Kecamatan Bojonegoro, dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Kapas. Kecamatan ini memiliki 16 desa antara lain Desa Ngunut, Dander, Growok, Sumberarum, Kunci, Jatiblimbing, Ngraseh, Mojanu, Sumodikaran, Sedangrejo, Karangsono, Sumberagung, Ngumpakdalem, Sumbertlaseh, Ngulanan, dan Ngablak.

Kecamatan Ngasem memiliki luas wilayah 147,21 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Sekar; Bubulan; dan Ngambon, batas sebelah barat adalah Kecamatan Ngambon dan Purwosari, batas sebelah utara adalah Kecamatan Gayam dan Kalitidu, dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Dander. Kecamatan ini memiliki 17 desa antara lain Desa Setren, Tenggulunan, Butoh, Kolong, Mediyunan, Ngadiluwih,

Sendangharjo, Ngasem, Bandungrejo, Dukohkidul, Sambong, Ngantru, Tengger, Wadang, Jampet, Jelu, dan Bareng.

Kecamatan Gayam memiliki luas wilayah 50,05 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Purwosari dan Kecamatan Ngasem, batas sebelah barat adalah Kecamatan Purwosari, batas sebelah utara adalah Kecamatan Malo, dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Kalitidu dan Kecamatan Ngasem. Kecamatan ini memiliki 12 desa antara lain Desa Beged, Ngraho, Sudu, Manukan, Cengungklung, Katur, Gayam, Mojodelik, Bonorejo, Brabowan, Begadon, dan Ringintunggal.

Kecamatan Kalitidu memiliki luas wilayah 65,95 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Ngasem dan Gayam, batas sebelah barat adalah Kecamatan Purwosari, batas sebelah utara adalah Kecamatan Malo, dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Dander. Kecamatan ini memiliki 18 desa antara lain Desa Sumengko, Mlaten, Talok, Brenggolo, Grebegan, Wotangare, Kalitidu, Panjunan, Mayanggeneng, Mayangrejo, Pilangsari, Mojosari, Pungpungan, Ngujo, Ngringinrejo, Mojo, Leran, dan Sukoharjo.

Kecamatan Malo memiliki luas wilayah 68,30 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Kalitidu, Gayam, dan Purwosari, batas sebelah barat adalah Kecamatan Kasiman, batas sebelah utara adalah Kecamatan Senori (Kabupaten Tuban), dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Trucuk. Kecamatan ini memiliki 20 desa antara lain Desa Dukohlor, Kacangan, Kemiri, Petak, Kliteh, Sudah, Ngujung, Tambakromo, Sumberejo, Tinawun, Banaran, Kedungrejo, Ketileng, Rendeng, Malo, Sukorejo, Trembes, Semlaran, Tanggir, dan Tulungagung.

Kecamatan Purwosari memiliki luas wilayah 62,61 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Ngambon, batas sebelah barat adalah Kecamatan Padangan, batas sebelah utara adalah Kecamatan Kasiman, dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Gayam. Kecamatan ini memiliki 12 desa antara lain Desa Kaliombo, Pelem, Ngrejeng, Tlatah, Tinumpuk, Kuniran, Donan, Gapluk, Punggur, Sedahkidul, Pojok, dan Purwosari.

Kecamatan Padangan memiliki luas wilayah 42 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Ngraho, batas sebelah barat adalah Provinsi Jawa Tengah, batas sebelah utara adalah Kecamatan Kasiman, dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Purwosari. Kecamatan ini memiliki 16 desa antara lain Desa Tebon, Prangi, Purworejo, Ngeper, Sonorejo, Ngradin, Kendung, Kebonagung, Banjarjo, Kuncen, Ngasinan, Cendono, Sidorejo, Nguken, Padangan, dan Dengok.

Kecamatan Kasiman memiliki luas wilayah 51,91 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Padangan, batas sebelah barat adalah Kecamatan Cepu (Kabupaten Blora), batas sebelah utara adalah Kecamatan Kedewan, dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Malo. Kecamatan ini memiliki 10 desa antara lain Desa Batokan, Betet, Tembeling, Sidomukti, Besah, Sambeng, Ngaglik, Kasiman, Sekaran, dan Tambakmerak.

Kecamatan Kedewan memiliki luas wilayah 56,61 km² dengan batas wilayah kecamatan sebelah selatan adalah Kecamatan Kasiman, batas sebelah barat adalah Kecamatan Cepu (Kabupaten Blora), batas sebelah utara adalah Kecamatan Senori, dan batas sebelah timur adalah Kecamatan Malo. Kecamatan ini memiliki 5 desa antara lain Desa Kawengan, Wonocolo, Hargomulyo, Kedewan, dan Beji.

4.2 Karakteristik Responden

4.2.1 Responden Berdasarkan Usia

Berdasarkan Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2009, kelompok usia penduduk diklasifikasikan menjadi 0-14 tahun, 15-64 tahun, ≥ 65 tahun. Berdasarkan hasil kuesioner responden berdasarkan usia di Kabupaten Bojonegoro adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Responden Berdasarkan Usia

No.	Kecamatan	Jumlah Responden			
		0 – 14 tahun	15 – 64 tahun	≥ 65 tahun	Total
1.	Margomulyo	0	16	0	16
2.	Ngraho	0	17	0	17
3.	Tambakrejo	0	19	0	19
4.	Ngambon	0	19	0	19
5.	Bubulan	0	25	0	25
6.	Sekar	0	7	0	7

No.	Kecamatan	Jumlah Responden			
		0 – 14 tahun	15 – 64 tahun	≥ 65 tahun	Total
7.	Gondang	0	14	0	14
8.	Temayang	0	25	0	25
9.	Sugihwaras	0	20	0	20
10.	Kedungadem	0	29	0	29
11.	Kepohbaru	0	26	0	26
12.	Baureno	0	25	0	25
13.	Kanor	0	25	0	25
14.	Sumberrejo	0	28	0	28
15.	Balen	0	26	0	26
16.	Sukosewu	0	15	0	15
17.	Kapas	0	21	0	21
18.	Bojonegoro	0	20	0	20
19.	Trucuk	0	13	0	13
20.	Dander	0	16	0	16
21.	Ngasem	0	18	0	18
22.	Gayam	0	13	0	13
23.	Kalitidu	0	19	0	19
24.	Malo	0	20	0	20
25.	Purwosari	0	12	0	12
26.	Padangan	0	18	0	18
27.	Kasiman	0	11	0	11
28.	Kedewan	0	10	0	10
TOTAL					525

Sumber: Hasil Analisa, 2022

4.2.2 Responden Berdasarkan Jenis Kelamin

Klasifikasi responden berdasarkan jenis kelamin tersaji dalam Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2 Responden Berdasarkan Jenis Kelamin

No.	Kecamatan	Jumlah Responden		
		Laki-laki	Perempuan	Total
1.	Margomulyo	3	13	16
2.	Ngraho	1	16	17
3.	Tambakrejo	2	17	19
4.	Ngambon	1	18	19
5.	Bubulan	0	12	25
6.	Sekar	0	7	7
7.	Gondang	2	12	14
8.	Temayang	2	23	25
9.	Sugihwaras	1	19	20
10.	Kedungadem	2	27	29
11.	Kepohbaru	0	26	26
12.	Baureno	1	24	25
13.	Kanor	2	23	25
14.	Sumberrejo	2	26	28
15.	Balen	4	22	26
16.	Sukosewu	0	15	15
17.	Kapas	3	18	21
18.	Bojonegoro	1	19	20
19.	Trucuk	1	12	13
20.	Dander	0	16	16

No.	Kecamatan	Jumlah Responden		
		Laki-laki	Perempuan	Total
21.	Ngasem	1	17	18
22.	Gayam	1	12	13
23.	Kalitidu	4	15	19
24.	Malo	2	18	20
25.	Purwosari	0	12	12
26.	Padangan	3	15	18
27.	Kasiman	0	11	11
28.	Kedewan	0	10	10
TOTAL				525

Sumber: Hasil Analisa, 2022

4.3 Uji Kuesioner

Kuesioner adalah teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan memberi seperangkat pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada responden untuk dijawabnya. Kuesioner dapat berupa pertanyaan atau pernyataan tertutup maupun terbuka (Sugiyono, 2019). Dalam penelitian ini, bentuk kuesioner berupa pertanyaan terbuka dan tertutup yang digunakan untuk mendapatkan konsumsi dan jenis bahan bakar kendaraan bermotor, konsumsi dan jenis bahan bakar memasak, serta konsumsi energi listrik. Kuesioner dilakukan uji validitas dan uji reliabilitas menggunakan *software* IBM SPSS Statistics 25 dengan menggunakan Skala Likert sebagai skala pengukuran kuesioner. Skala Likert merupakan skala yang digunakan untuk mengukur sikap, pendapat, dan persepsi responden tentang variabel penelitian (Sugiyono, 2019). Data uji kuesioner tersaji pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 berikut.

Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1 P1	Numeric	8	0		None	None	8	Center	Ordinal	Input
2 P2	Numeric	8	0		None	None	8	Center	Ordinal	Input
3 P3	Numeric	8	0		None	None	8	Center	Ordinal	Input
4 P4	Numeric	8	0		None	None	8	Center	Ordinal	Input
5 P5	Numeric	8	0		None	None	8	Center	Ordinal	Input
6 P6	Numeric	8	0		None	None	8	Center	Ordinal	Input
7 P7	Numeric	8	0		None	None	8	Center	Ordinal	Input
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										

Gambar 4.1 Variable View Program SPSS

Sumber: Hasil Analisa, 2022

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	var	var	var	var	var	var	var	var
1	2	1	2	0	1	1	1								
2	2	1	1	0	1	1	1								
3	2	1	3	0	1	1	2								
4	2	3	2	1	1	2	2								
5	2	3	2	1	1	2	2								
6	2	1	2	0	1	1	1								
7	2	1	2	0	1	1	2								
8	2	1	1	0	1	1	1								
9	2	1	3	0	1	1	1								
10	2	1	2	0	1	1	1								
11	2	1	2	0	1	1	1								
12	2	1	1	0	1	1	1								
13	2	1	2	0	1	1	1								
14	2	1	1	0	1	1	1								
15	2	1	2	0	1	1	2								
16	2	1	2	0	1	1	1								
17	2	1	2	0	1	1	1								
18	2	1	2	0	1	1	1								
19	2	1	3	0	1	1	2								
20	2	1	2	0	1	1	2								
21	2	1	2	0	1	1	1								
22	2	1	2	0	1	1	2								
23	2	1	3	0	1	1	1								

Gambar 4.2 Data View Program SPSS

Sumber: Hasil Analisa, 2022

4.3.1 Uji Validitas

Uji validitas adalah upaya yang dilakukan untuk menguji ketepatan instrumen yang digunakan dalam penelitian. Uji validitas ini digunakan untuk mengetahui valid atau tidaknya suatu instrumen penelitian. Uji validitas instrumen penelitian dilakukan dengan analisis item, artinya menghubungkan skor dari setiap item jawaban dengan skor total item jawaban tersebut (Yusuf & Daris, 2019). Kriteria pengujian validitas kuesioner antara lain sebagai berikut: (Jainuri, 2019)

- 1) Jika r hitung $\geq r$ tabel (uji dua pihak dengan sig. 0,05) maka instrumen atau item-item pertanyaan berkorelasi signifikan terhadap skor total (dinyatakan valid).
- 2) Jika r hitung $< r$ tabel (uji dua sisi dengan sig. 0,05) maka instrumen atau item-item pertanyaan tidak berkorelasi signifikan terhadap skor total (dinyatakan tidak valid).

Output uji validitas kuesioner penelitian ini tersaji pada gambar Gambar 4.3 berikut.

		Correlations						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
P1	Pearson Correlation	1	.339**	.412**	.038	.915**	.528**	.100*
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.381	.000	.000	.022
	N	525	525	525	525	525	525	525
P2	Pearson Correlation	.339**	1	.246**	.937**	.358**	.867**	.312**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000	.000	.000
	N	525	525	525	525	525	525	525
P3	Pearson Correlation	.412**	.246**	1	.152**	.379**	.320**	.301**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000	.000	.000
	N	525	525	525	525	525	525	525
P4	Pearson Correlation	.038	.937**	.152**	1	.086*	.767**	.307**
	Sig. (2-tailed)	.381	.000	.000		.050	.000	.000
	N	525	525	525	525	525	525	525
P5	Pearson Correlation	.915**	.358**	.379**	.086*	1	.616**	.110*
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.050		.000	.011
	N	525	525	525	525	525	525	525
P6	Pearson Correlation	.528**	.867**	.320**	.767**	.616**	1	.287**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000		.000
	N	525	525	525	525	525	525	525
P7	Pearson Correlation	.100*	.312**	.301**	.307**	.110*	.287**	1
	Sig. (2-tailed)	.022	.000	.000	.000	.011	.000	
	N	525	525	525	525	525	525	525

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Gambar 4.3 Output Uji Validitas
Sumber: Hasil Analisa, 2022

Tabel 4.3 Perbandingan r hitung dengan r tabel

Kode	r hitung	r tabel	Keterangan
P1	0,100	0,086	Valid
P2	0,312		Valid
P3	0,301		Valid
P4	0,307		Valid
P5	0,110		Valid
P6	0,287		Valid
P7	1		Valid

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan Tabel 4.3 di atas, nilai r hitung dari pengujian validitas menggunakan SPSS lebih dari nilai r tabel, sehingga dapat dikatakan bahwa pertanyaan dalam kuesioner valid.

4.3.2 Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas digunakan untuk mengetahui konsistensi kuesioner jika pertanyaan tersebut dilakukan berulang-ulang. Metode pengujian yang digunakan adalah metode *Alpha (Cronbach's)*. Uji signifikansi dilakukan pada taraf signifikansi 0,05 artinya instrumen dapat dikatakan reliabel (Jainuri, 2019). *Output* uji reliabilitas kuesioner penelitian ini tersaji pada Gambar 4.4 berikut.

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
.723	7

Gambar 4.4 Reliability Statistics
 Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan Gambar 4.4 di atas, nilai *Cronbach's Alpha* adalah 0,723. Nilai tersebut lebih besar dari 0,05 sehingga dapat dikatakan bahwa kuesioner penelitian ini adalah reliabel.

4.4 Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca CO₂

Pemanasan global dan perubahan iklim merupakan isu perbincangan di kancah internasional karena mempengaruhi kelangsungan hidup manusia manusia. Meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca merupakan salah satu penyebab pemanasan global yang berdampak pada perubahan iklim. Menurut para ahli, ancaman utama terhadap lingkungan adalah perubahan iklim yang disebabkan oleh pemanasan atmosfer secara antropogenik, sebagai akibat dari meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca, terutama CO₂ (Gołasa dkk., 2021).

Wawasan Allah tentang penciptaan semesta begitu sempurna sehingga sampai perlindungan pada bumi terhadap tata surya dengan 7 langit diantaranya biosfer, atmosfer, mesosfer, ionosfer, dan eksosfer. Seluruh lapisan tersebut kira-kira memiliki tebal 900 km. Lapisan tersebut yang melindungi manusia dari bahaya benda langit yang akan mengenai bumi (Qomarullah, 2014). Seperti fungsi atap rumah, langit dan atmosfer bumi melindungi makhluk hidup yang ada di permukaan bumi dari berbagai bahaya (Hilabi, 2020).

وَجَعَلْنَا السَّمَاءَ سَقْفًا مَّحْفُوظًا وَهُمْ عَنْ آيَاتِهَا مُعْرِضُونَ ﴿٣٢﴾

Artinya:

“Kami menjadikan langit sebagai atap yang terpelihara, tetapi mereka tetap berpaling dari tanda-tandanya (yang menunjukkan kebesaran Allah, seperti matahari dan bulan)” (QS. Al-Anbiya’: 32).

Atmosfer merupakan salah satu ciptaan Allah yang sangat memiliki peran terhadap bumi. Tanpa adanya atmosfer, yang dipertahankan oleh bumi melalui daya gravitasi, kehidupan di bumi tidak akan berjalan dengan baik. Kata *الْبَيِّنَات* berarti bukti-bukti kebesaran dan kekuasaan Allah yang terbentang di alam raya dan dapat dilihat oleh mata kepala atau mata hati (Shihab, 2002).

Emisi gas rumah kaca CO₂ dari aktivitas rumah tangga berasal dari penggunaan kendaraan bermotor, kegiatan memasak, dan penggunaan energi listrik. Data-data perhitungan didapatkan dari hasil kuesioner.

1) Penggunaan Kendaraan Bermotor

Kendaraan yang digunakan di Kabupaten Bojonegoro adalah sepeda motor dan mobil. Sepeda motor menggunakan jenis bahan bakar bensin dan mobil menggunakan jenis bahan bakar bensin atau solar. Contoh perhitungan emisi gas rumah kaca CO₂ dari penggunaan kendaraan bermotor adalah sebagai berikut:

a) Sepeda motor

Contoh: Desa Ngelo Kecamatan Margomulyo

Jumlah bahan bakar = 240 L/tahun

NCV bensin = 33×10^{-6} TJ/L

Faktor emisi bensin = 69.300 kg/TJ

Konsumsi energi = jumlah bahan bakar \times NCV

= 240 L/tahun \times (33×10^{-6} TJ/L)

= 0,00792 TJ/tahun

Emisi CO₂ = konsumsi energi \times faktor emisi

= 0,00792 TJ/tahun \times 69.300 kg/TJ

= 548,856 kg/tahun

= 0,548856 ton/tahun

b) Mobil yang menggunakan solar

Contoh: Desa Kalangan Kecamatan Margomulyo

Jumlah bahan bakar = 720 L/tahun

NCV solar = 36×10^{-6} TJ/L

Faktor emisi solar = 74.100 kg/TJ

Konsumsi energi = jumlah bahan bakar \times NCV

$$= 720 \text{ L/tahun} \times (36 \times 10^{-6} \text{ TJ/L})$$

$$= 0,02592 \text{ TJ/tahun}$$

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{konsumsi energi} \times \text{faktor emisi}$$

$$= 0,02592 \text{ TJ/tahun} \times 74.100 \text{ kg/TJ}$$

$$= 1920,672 \text{ kg/tahun}$$

$$= 1,920672 \text{ ton/tahun}$$

c) Mobil yang menggunakan bensin

Contoh: Desa Margomulyo Kecamatan Margomulyo

$$\text{Jumlah bahan bakar} = 264 \text{ L/tahun}$$

$$\text{NCV bensin} = 33 \times 10^{-6} \text{ TJ/L}$$

$$\text{Faktor emisi bensin} = 69.300 \text{ kg/TJ}$$

$$\text{Konsumsi energi} = \text{jumlah bahan bakar} \times \text{NCV}$$

$$= 264 \text{ L/tahun} \times (33 \times 10^{-6} \text{ TJ/L})$$

$$= 0,008712 \text{ TJ/tahun}$$

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{konsumsi energi} \times \text{faktor emisi}$$

$$= 0,008712 \text{ TJ/tahun} \times 69.300 \text{ kg/TJ}$$

$$= 603,7416 \text{ kg/tahun}$$

$$= 0,6037416 \text{ ton/tahun}$$

Perhitungan di atas digunakan untuk menghitung seluruh emisi gas rumah kaca dari penggunaan kendaraan bermotor dari semua responden. Berdasarkan perhitungan di atas, maka emisi CO₂ dari penggunaan kendaraan bermotor di Kabupaten Bojonegoro tersaji pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Emisi Gas Rumah Kaca CO₂ dari Penggunaan Kendaraan Bermotor

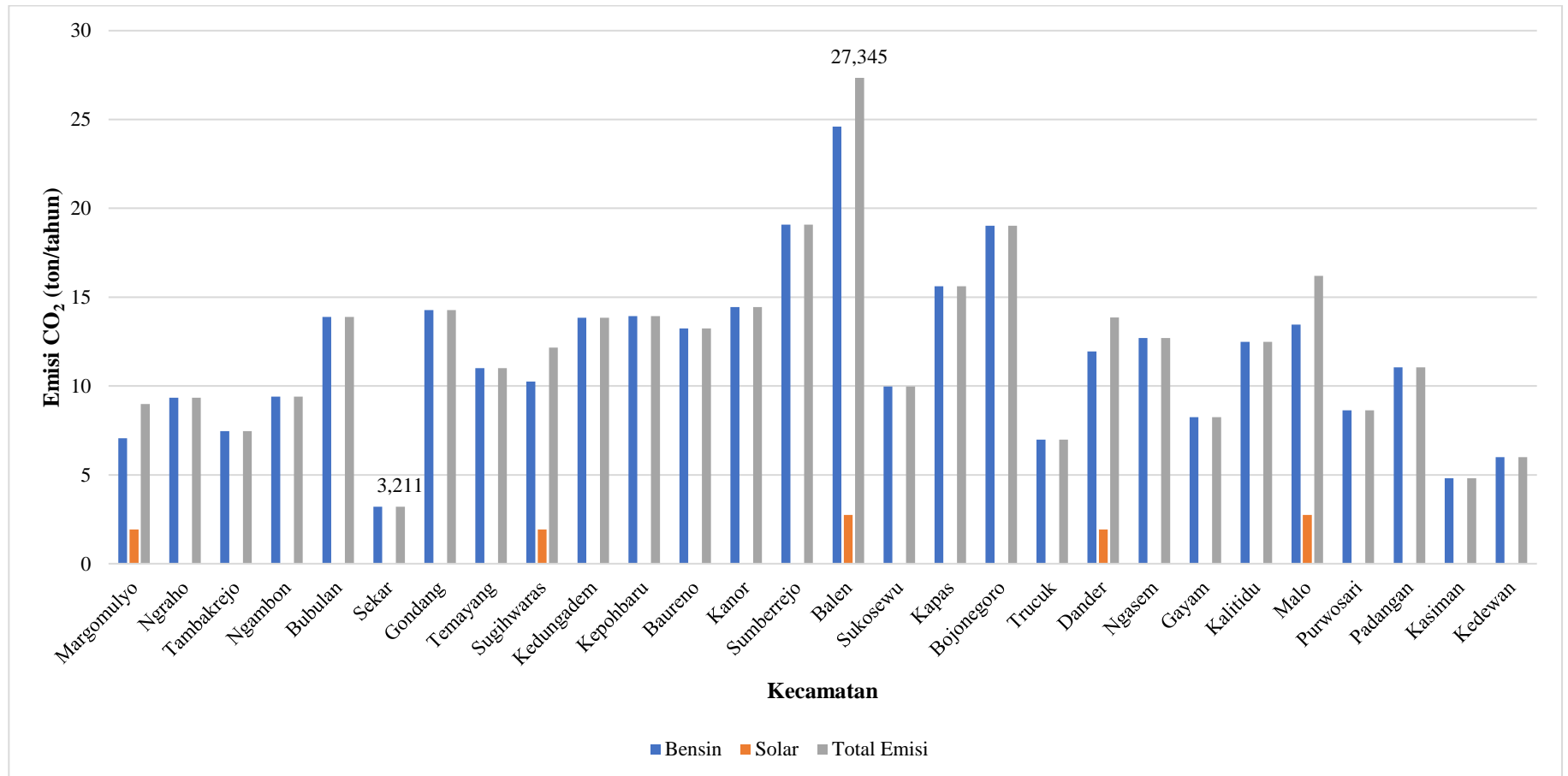
No.	Kecamatan	Emisi CO ₂ (ton/tahun)		Total Emisi (ton/tahun)
		Bensin	Solar	
1.	Margomulyo	7,061	1,921	8,982
2.	Ngraho	9,344	0,00	9,344
3.	Tambakrejo	7,462	0,00	7,462
4.	Ngambon	9,399	0,00	9,399
5.	Bubulan	13,886	0,00	13,886
6.	Sekar	3,211	0,00	3,211
7.	Gondang	14,274	0,00	14,274
8.	Temayang	11,008	0,00	11,008
9.	Sugihwaras	10,246	1,921	12,167
10.	Kedungadem	13,845	0,00	13,845
11.	Kepohbaru	13,929	0,00	13,929
12.	Baureno	13,237	0,00	13,237

No.	Kecamatan	Emisi CO ₂ (ton/tahun)		Total Emisi (ton/tahun)
		Bensin	Solar	
13.	Kanor	14,449	0,00	14,449
14.	Sumberrejo	19,077	0,00	19,077
15.	Balen	24,601	2,744	27,345
16.	Sukosewu	9,977	0,00	9,977
17.	Kapas	15,615	0,00	15,615
18.	Bojonegoro	19,018	0,00	19,018
19.	Trucuk	6,980	0,00	6,980
20.	Dander	11,940	1,921	13,861
21.	Ngasem	12,706	0,00	12,706
22.	Gayam	8,247	0,00	8,247
23.	Kalitidu	12,481	0,00	12,481
24.	Malo	13,455	2,744	16,199
25.	Purwosari	8,639	0,00	8,639
26.	Padangan	11,059	0,00	11,059
27.	Kasiman	4,812	0,00	4,812
28.	Kedewan	5,990	0,00	5,990
Total Emisi				337,199

(Sumber: Hasil Analisa, 2022)



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.5 Emisi CO₂ dari Penggunaan Kendaraan Bermotor

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Peningkatan jumlah penduduk akan meningkatkan konsumsi bahan bakar kendaraan dan meningkatkan emisi CO₂ pula. Setiap kenaikan jumlah penduduk sebesar 1%, maka peningkatan konsumsi bahan bakar minyak sebesar 1,692% dengan *asumsicateris paribus* (Agung dkk., 2017). Salah satu sumber emisi gas CO₂ adalah hasil dari pembakaran bahan bakar fosil yang digunakan oleh penduduk. Bahan bakar yang dikonsumsi yaitu bensin dan solar (Miharja dkk., 2018). Berdasarkan Tabel 4.4 dan Gambar 4.5 di atas, emisi CO₂ tertinggi di Kecamatan Balen dengan total emisi 27,345 ton/tahun. Konsumsi bahan bakar jenis bensin di Kecamatan Balen adalah 24,601 ton/tahun dan konsumsi bahan bakar jenis solar adalah 2,744 ton/tahun. Hal tersebut dikarenakan tingginya penggunaan bahan bakar kendaraan bermotor. Selain itu, konsumsi solar di kecamatan ini paling banyak diantara kecamatan lain sehingga mengakibatkan tingginya emisi CO₂ karena kandungan karbon di dalam solar lebih besar daripada bensin dibuktikan dengan nilai faktor emisi bahan bakar dalam Tabel 2.3 dan nilai kalor dalam Tabel 2.4. Tingginya aktivitas penduduk di Kecamatan Balen yang menggunakan kendaraan bermotor mengakibatkan tingginya emisi CO₂ di kecamatan ini. Penduduk yang bekerja sebagai karyawan pabrik dan pedagang lebih banyak mengkonsumsi bahan bakar kendaraan bermotor. Selain itu, penduduk yang bekerja sebagai petani juga menyumbang emisi dari konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor karena selalu menggunakan sepeda motor untuk pergi ke ladang atau sawah.

Emisi CO₂ terendah di Kecamatan Sekar dengan total emisi 3,211 ton/tahun. Hal tersebut dikarenakan penduduk Kecamatan Sekar tidak terlalu banyak aktivitas menggunakan kendaraan bermotor. Berdasarkan BPS Kecamatan Sekar (2021), penduduk di Kecamatan Sekar sebagian besar bekerja sebagai petani, sehingga konsumsi bahan bakar bermotor tidak banyak. Artinya, semakin banyak konsumsi bahan bakar pada kendaraan bermotor maka jumlah emisi CO₂ akan meningkat. Tinggi rendahnya konsumsi bahan bakar bensin dan/atau solar dipengaruhi oleh

rata-rata jarak tempuh per bulan dan rata-rata kepemilikan kendaraan bermotor di setiap rumah tangga (Subkhan dkk., 2017).

2) Kegiatan Memasak

Bahan bakar memasak di Kabupaten Bojonegoro menggunakan LPG dan kayu bakar berdasarkan hasil penyebaran kuesioner. Contoh perhitungan emisi gas rumah kaca CO₂ dari kegiatan memasak di Desa Ngelo Kecamatan Margomulyo Kabupaten Bojonegoro adalah sebagai berikut:

a) Bahan bakar memasak menggunakan LPG

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah bahan bakar} &= 72 \text{ kg/tahun} = 0,000072 \text{ Gg/tahun} \\
 \text{NCV LPG} &= 47,3 \text{ TJ/Gg} \\
 \text{Faktor emisi CO}_2 &= 63100 \text{ kg/TJ} \\
 \text{Konsumsi energi} &= \text{jumlah bahan bakar} \times \text{NCV} \\
 &= 0,000072 \text{ Gg/tahun} \times 47,3 \text{ TJ/Gg} \\
 &= 0,0051 \text{ TJ/tahun} \\
 \text{Emisi CO}_2 &= \text{konsumsi energi} \times \text{faktor emisi} \\
 &= 0,0051 \text{ TJ/tahun} \times 63100 \text{ kg/TJ} \\
 &= 322,34 \text{ kg/tahun} \\
 &= 0,32234 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

b) Bahan bakar memasak menggunakan kayu bakar

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah bahan bakar} &= 2520 \text{ kg/tahun} = 0,00252 \text{ Gg/tahun} \\
 \text{NCV kayu bakar} &= 15,6 \text{ TJ/Gg} \\
 \text{Faktor emisi CO}_2 &= 112000 \text{ kg/TJ} \\
 \text{Konsumsi energi} &= \text{jumlah bahan bakar} \times \text{NCV} \\
 &= 0,00252 \text{ Gg/tahun} \times 15,6 \text{ TJ/Gg} \\
 &= 0,0393 \text{ TJ/tahun} \\
 \text{Emisi CO}_2 &= \text{konsumsi energi} \times \text{faktor emisi} \\
 &= 0,0393 \text{ TJ/tahun} \times 112000 \text{ kg/TJ} \\
 &= 2480,6 \text{ kg/tahun} \\
 &= 2,4806 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

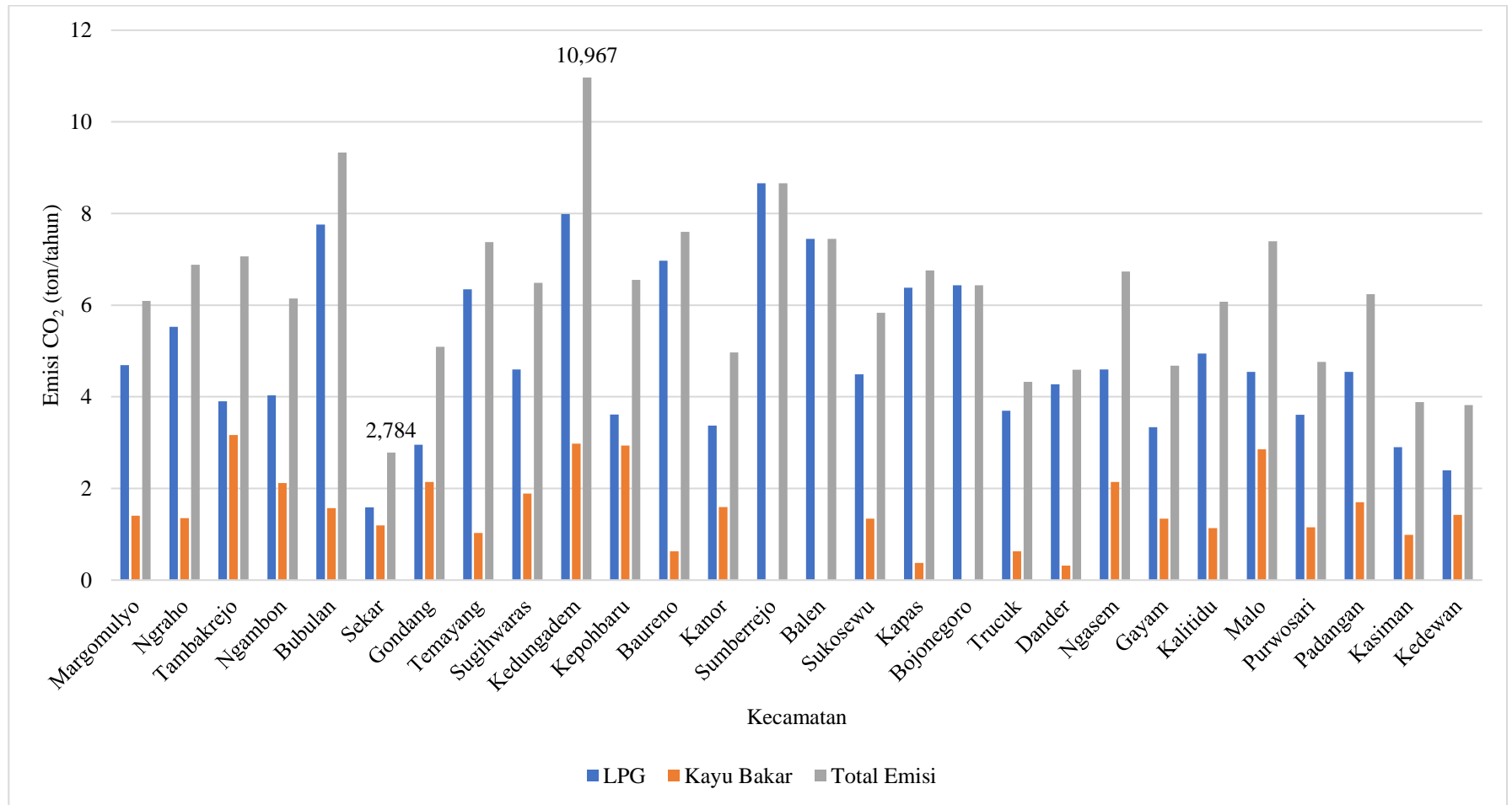
Perhitungan di atas digunakan untuk menghitung seluruh emisi gas rumah kaca dari konsumsi bahan bakar memasak dari semua responden.

Berdasarkan perhitungan di atas, maka emisi CO₂ dari penggunaan kegiatan memasak di Kabupaten Bojonegoro tersaji pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Emisi Gas Rumah Kaca CO₂ dari Kegiatan Memasak

No.	Kecamatan	Emisi CO ₂ (ton/tahun)		Total Emisi (ton/tahun)
		LPG	Kayu Bakar	
1.	Margomulyo	4,689	1,405	6,094
2.	Ngraho	5,526	1,354	6,880
3.	Tambakrejo	3,899	3,166	7,065
4.	Ngambon	4,029	2,118	6,147
5.	Bubulan	7,759	1,572	9,332
6.	Sekar	1,589	1,195	2,784
7.	Gondang	2,955	2,139	5,093
8.	Temayang	6,345	1,027	7,373
9.	Sugihwaras	4,597	1,887	6,484
10.	Kedungadem	7,989	2,977	10,967
11.	Kepohbaru	3,616	2,935	6,551
12.	Baureno	6,969	0,629	7,598
13.	Kanor	3,373	1,593	4,967
14.	Sumberrejo	8,657	0,00	8,657
15.	Balen	7,445	0,00	7,445
16.	Sukosewu	4,490	1,342	5,831
17.	Kapas	6,378	0,377	6,755
18.	Bojonegoro	6,431	0,00	6,431
19.	Trucuk	3,695	0,629	4,324
20.	Dander	4,275	0,315	4,589
21.	Ngasem	4,597	2,139	6,736
22.	Gayam	3,336	1,342	4,680
23.	Kalitidu	4,942	1,132	6,074
24.	Malo	4,543	2,851	7,394
25.	Purwosari	3,607	1,153	4,760
26.	Padangan	4,543	1,698	6,241
27.	Kasiman	2,901	0,985	3,886
28.	Kedewan	2,395	1,425	3,820
Total Emisi				174,958

(Sumber: Hasil Analisa, 2022)



Gambar 4.6 Emisi CO₂ dari Kegiatan Memasak

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan Tabel 4.5 dan Gambar 4.6 di atas, emisi CO₂ tertinggi dari kegiatan memasak di Kecamatan Kedungadem dengan total nilai emisi 10,967 ton/tahun. Pada kecamatan ini, emisi yang dihasilkan dari konsumsi LPG adalah 7,989 ton/tahun dan emisi dari konsumsi kayu bakar adalah 2,977 ton/tahun. Tingginya total emisi di Kecamatan Kedungadem karena penduduk menggunakan bahan bakar lebih dari satu jenis yaitu LPG dan kayu bakar. Kayu bakar memiliki kandungan karbon yang lebih tinggi dari pada LPG dibuktikan pada nilai faktor emisi dalam Tabel 2.2. Selain itu, Kecamatan Kedungadem merupakan kecamatan yang memiliki jumlah rumah tangga terbanyak di Kabupaten Bojonegoro berdasarkan BPS Kabupaten Bojonegoro Tahun 2021. Hal tersebut mengakibatkan pola konsumsi bahan bakar memasak di kecamatan tersebut tinggi. Jumlah penduduk yang besar akan mengakibatkan konsumsi bahan bakar untuk memasak menjadi lebih tinggi (Rachmawati dkk., 2014).

Emisi CO₂ terendah dari kegiatan memasak di Kecamatan Sekar dengan total emisi 2,784 ton/tahun. Emisi dari konsumsi LPG di kecamatan ini adalah 1,589 ton/tahun dan emisi dari konsumsi kayu bakar adalah 1,195 ton/tahun. Pada kecamatan ini, pola konsumsi LPG rendah walaupun menggunakan lebih dari satu jenis bahan bakar. Tingginya kontribusi penggunaan energi rumah tangga yang menghasilkan emisi CO₂ dan jumlah rumah tangga merupakan faktor yang sangat berpengaruh dalam menghasilkan emisi gas rumah kaca CO₂ (Nursetiyani, 2021).

3) Penggunaan Listrik

Konsumsi energi listrik di Kabupaten Bojonegoro berdasarkan hasil penyebaran kuesioner. Contoh perhitungan emisi gas rumah kaca CO₂ dari penggunaan listrik di Desa Ngelo Kecamatan Margomulyo Kabupaten Bojonegoro adalah sebagai berikut:

Konsumsi energi = 2485,2071 kWh/tahun

Faktor emisi listrik = 0.000725 ton CO₂/kWh

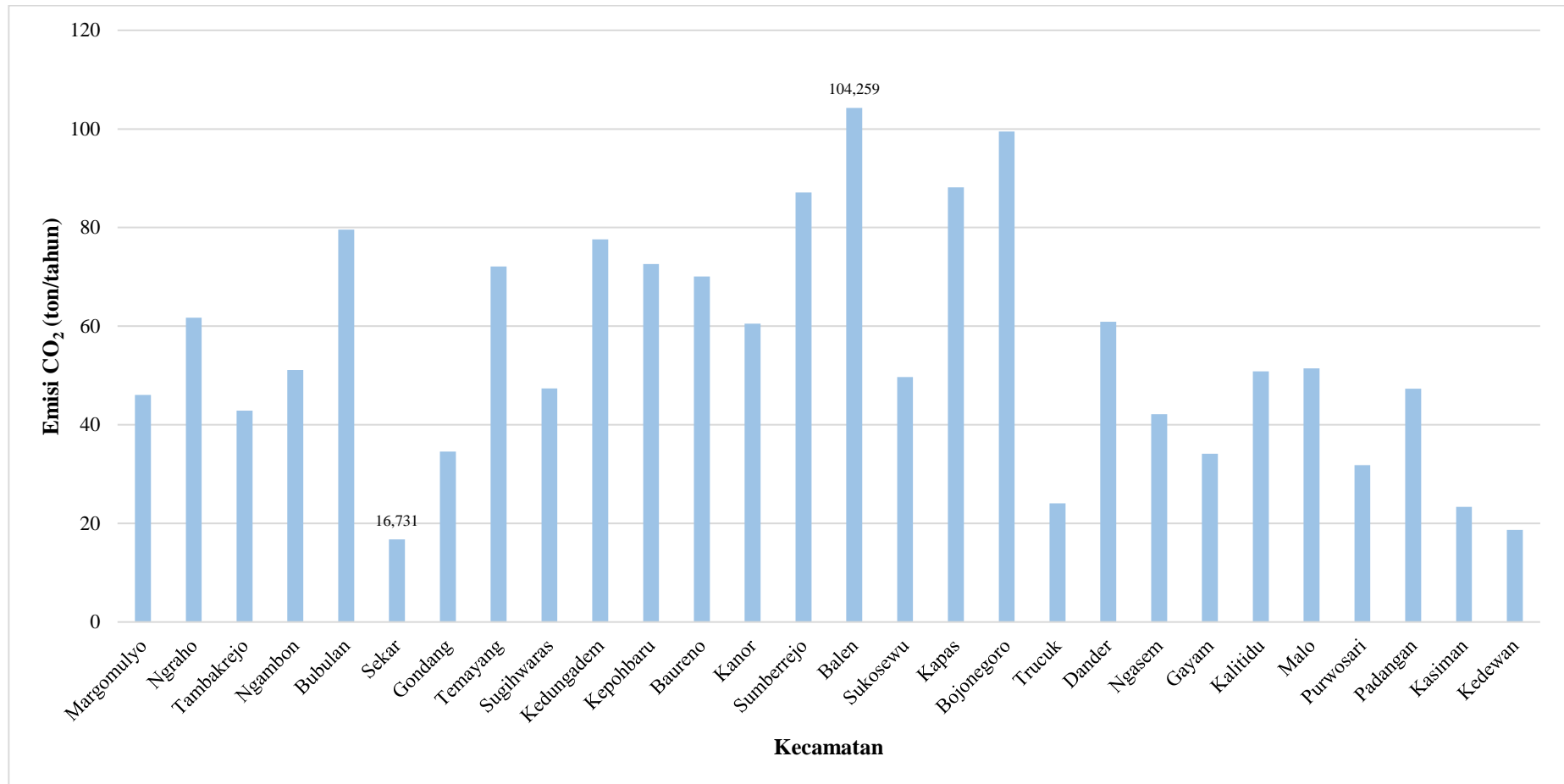
$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 &= \text{konsumsi energi} \times \text{faktor emisi} \\
 &= 2485,2071 \text{ kWh/tahun} \times 0.000725 \text{ ton CO}_2/\text{kWh} \\
 &= 1,97 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Perhitungan di atas digunakan untuk menghitung seluruh emisi gas rumah kaca dari konsumsi listrik dari semua responden. Berdasarkan perhitungan di atas, maka emisi CO₂ dari konsumsi listrik di Kabupaten Bojonegoro tersaji pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Emisi Gas Rumah Kaca CO₂ dari Konsumsi Listrik

No.	Kecamatan	Emisi CO ₂ (ton/tahun)
1.	Margomulyo	46,056
2.	Ngraho	61,694
3.	Tambakrejo	42,842
4.	Ngambon	51,122
5.	Bubulan	79,581
6.	Sekar	16,731
7.	Gondang	34,539
8.	Temayang	72,126
9.	Sugihwaras	47,355
10.	Kedungadem	77,601
11.	Kepohbaru	72,575
12.	Baureno	70,093
13.	Kanor	60,513
14.	Sumberrejo	87,109
15.	Balen	104,259
16.	Sukosewu	49,669
17.	Kapas	88,138
18.	Bojonegoro	99,491
19.	Trucuk	24,084
20.	Dander	60,878
21.	Ngasem	42,124
22.	Gayam	34,144
23.	Kalitidu	50,848
24.	Malo	51,425
25.	Purwosari	31,836
26.	Padangan	47,334
27.	Kasiman	23,341
28.	Kedewan	18,687
Total Emisi		154,195

(Sumber: Hasil Analisa, 2022)



Gambar 4.7 Emisi CO₂ dari Konsumsi Listrik

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan Tabel 4.6 dan Gambar 4.7 di atas, emisi CO₂ tertinggi yang dihasilkan dari konsumsi energi listrik adalah Kecamatan Balen dengan total emisi 104,259 ton/tahun. Rata-rata rumah tangga di kecamatan ini menggunakan daya listrik 900 VA sehingga emisi yang dihasilkan oleh rumah tangga tersebut tinggi. Faktor lain yang berpengaruh pada emisi CO₂ adalah jumlah dan jenis peralatan elektronik yang digunakan di setiap rumah tangga (Subkhan dkk., 2017). Berdasarkan hasil observasi, penduduk yang menggunakan daya listrik 900 VA memiliki beragam perabotan elektronik sehingga emisi yang dikeluarkan dapat menyumbang emisi CO₂.

Emisi CO₂ terendah adalah Kecamatan Sekar dengan total emisi 16,731 ton/tahun. Besarnya emisi CO₂ dari konsumsi listrik bergantung pada banyaknya kWh yang dipakai di setiap rumah tangga. Banyak sedikitnya kWh yang dipakai sangat dipengaruhi oleh daya listrik yang dibutuhkan pada peralatan elektronik dan lama pemakaiannya. Rata-rata rumah tangga di kecamatan ini menggunakan daya listrik 450 VA sehingga emisi yang dihasilkan rendah. Berdasarkan hasil observasi, penduduk yang menggunakan daya listrik 450 VA banyak menghabiskan waktunya untuk beraktivitas di luar ruangan sehingga waktu di rumah hanya pada malam hari. Hal tersebut mengakibatkan emisi CO₂ di kecamatan ini rendah.

4) Total Emisi CO₂

Total emisi CO₂ didapatkan dari perhitungan emisi konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor, konsumsi bahan bakar memasak, dan konsumsi energi listrik. Total emisi CO₂ dari seluruh kecamatan di Kabupaten Bojonegoro tersaji pada tabel Tabel 4.7 dan Gambar 4.8 berikut.

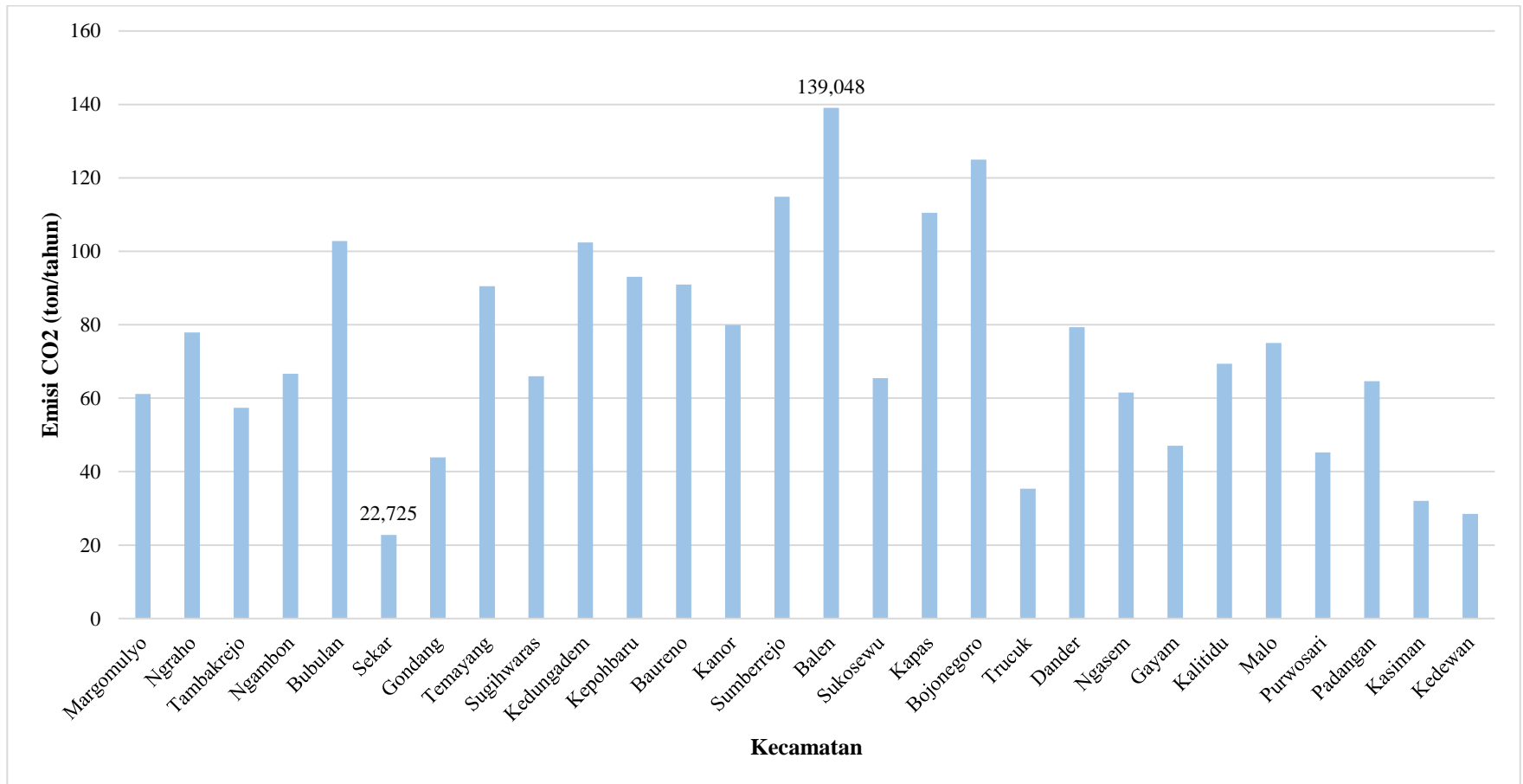
Tabel 4.7 Total Emisi Gas Rumah Kaca CO₂ Kabupaten Bojonegoro

No.	Kecamatan	Emisi CO ₂ (ton/tahun)
1.	Margomulyo	61,131
2.	Ngraho	77,919
3.	Tambakrejo	57,370
4.	Ngambon	66,668
5.	Bubulan	102,798
6.	Sekar	22,725

No.	Kecamatan	Emisi CO ₂ (ton/tahun)
7.	Gondang	43,907
8.	Temayang	90,507
9.	Sugihwaras	66,006
10.	Kedungadem	102,413
11.	Kepohbaru	93,056
12.	Baureno	90,928
13.	Kanor	79,928
14.	Sumberrejo	114,842
15.	Balen	139,048
16.	Sukosewu	65,478
17.	Kapas	110,508
18.	Bojonegoro	124,940
19.	Trucuk	35,388
20.	Dander	79,328
21.	Ngasem	61,565
22.	Gayam	47,071
23.	Kalitidu	69,403
24.	Malo	75,019
25.	Purwosari	45,235
26.	Padangan	64,635
27.	Kasiman	32,041
28.	Kedewan	28,498
Total Emisi		2048,355

Sumber: Hasil Analisa, 2022

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.8 Total Emisi CO₂ Kabupaten Bojonegoro

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan Tabel 4.7 dan Gambar 4.8, nilai emisi CO₂ tertinggi di Kabupaten Bojonegoro adalah pada Kecamatan Balen nilai emisi 139,048 ton/tahun. Hal tersebut dipengaruhi oleh penggunaan kendaraan bermotor dan penggunaan energi listrik. Kecamatan Balen merupakan penghasil emisi CO₂ tertinggi yang berasal dari hasil konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor dan konsumsi listrik. Sedangkan emisi gas rumah kaca terendah adalah Kecamatan Sekar dengan nilai emisi 22,725 ton/tahun. Kecamatan Sekar merupakan penghasil emisi CO₂ terendah dari aktivitas rumah tangga yang dihasilkan dari konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor, konsumsi bahan bakar memasak, dan konsumsi energi listrik.

4.5 Pemetaan Zona Emisi Gas Rumah Kaca

Pemetaan zona emisi gas rumah kaca di Kabupaten Bojonegoro berdasarkan tingkat emisi karbondioksida dilakukan menggunakan analisis berbasis *Geographic Information System*. Pemetaan emisi gas rumah kaca dihitung menggunakan Rumus Sturges dengan menentukan banyaknya kelompok untuk menentukan jumlah warna zona emisi. Rumus 2.1 digunakan untuk menentukan banyaknya kelompok dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} m &= 1 + 3,3 \log n \\ &= 1 + 3,3 \log (525) \\ &= 9,97 \\ &= 10 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, zona emisi dikelompokkan menjadi 10 warna sesuai dengan tingkat emisi karbondioksida. Pemetaan zona emisi gas rumah kaca dibedakan berdasarkan konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor, konsumsi bahan bakar memasak, dan konsumsi energi listrik yang telah dihitung pada sub bab 4.4 di atas.

1) Penggunaan Kendaraan Bermotor

Pemetaan zona emisi gas rumah kaca dari penggunaan kendaraan bermotor didapatkan dari hasil perhitungan yang disajikan pada Tabel 4.4, kemudian dilakukan perhitungan interval nilai emisi tiap kelompok menggunakan Rumus 2.2 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$i = \frac{R}{m} = \frac{(27,345 - 3,211) \text{ ton/tahun}}{10} = 2,413 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai interval emisi tiap kelompok sebesar 2,413 ton/tahun sehingga pembagian zona emisi karbondioksida dari konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor tersaji pada Tabel 4.8 berikut.

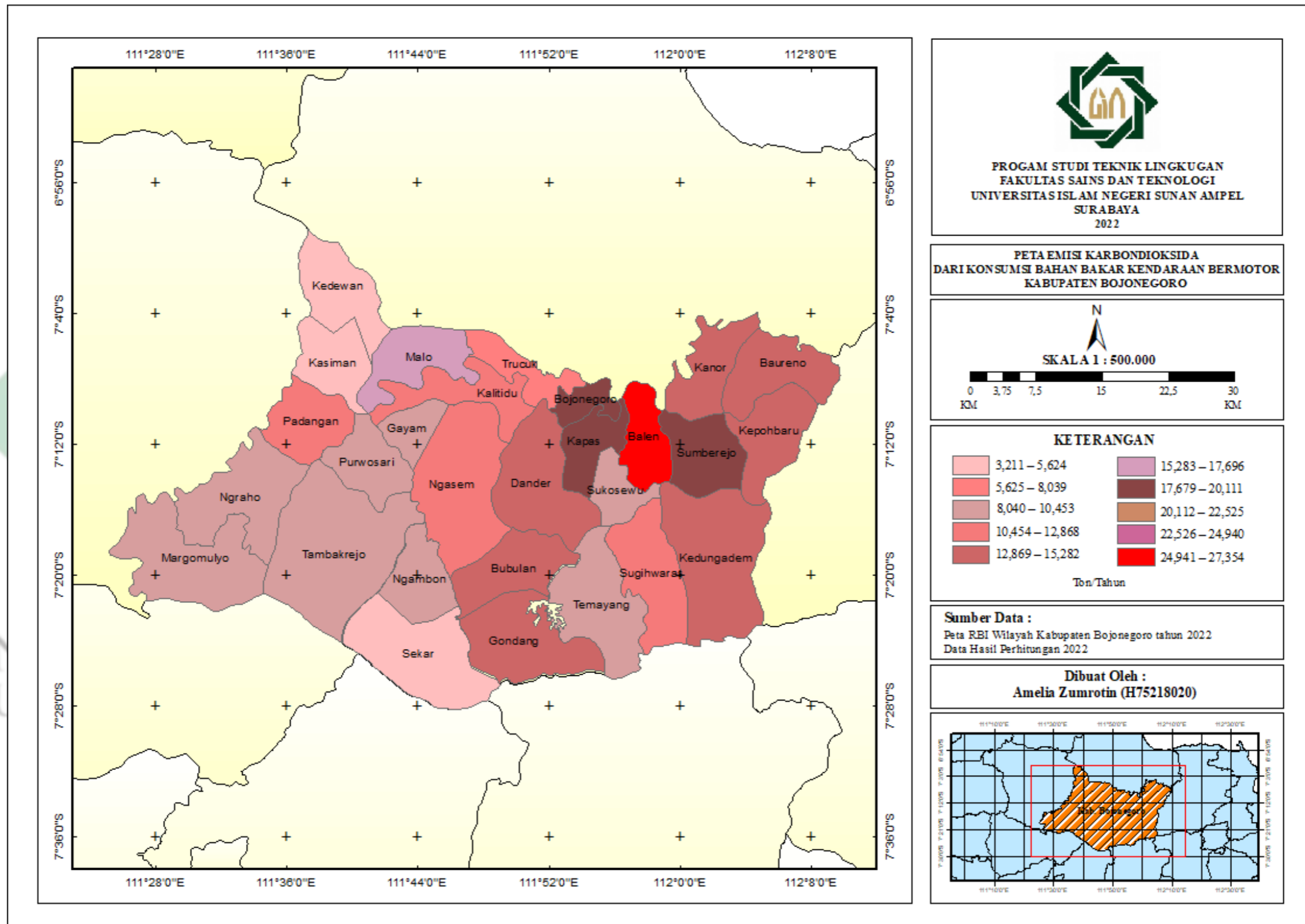
Tabel 4.8 Zona Emisi dari Penggunaan Kendaraan Bermotor

Zona	Emisi CO ₂ (ton/tahun)	Kecamatan
Zona 1	3,211 – 5,624	Sekar, Kasiman, Kedewan
Zona 2	5,625 – 8,039	Trucuk
Zona 3	8,040 – 10,453	Margomulyo, Ngraho, Tambakrejo, Ngambon, Temayang, Sukosewu, Gayam, Purwosari
Zona 4	10,454 – 12,868	Sugihwaras, Ngasem, Kalitidu, Padangan
Zona 5	12,869 – 15,282	Bubulan, Gondang, Kedungadem, Kepohbaru, Baureno, Kanor, Kapas, Dander
Zona 6	15,283 – 17,696	Malo
Zona 7	17,697 – 20,111	Sumberrejo, Kapas, Bojonegoro
Zona 8	20,112 – 22,525	-
Zona 9	22,526 – 24,940	-
Zona 10	24,941 – 27,354	Balen

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan hasil pemetaan interval zona emisi di atas, maka langkah selanjutnya melakukan pemetaan zona emisi gas rumah kaca menggunakan *software* ArcMap 10.6 dengan hasil pemetaan yang tersaji pada Gambar 4.9 berikut.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.9 Pemetaan Zona Emisi dari Penggunaan Kendaraan Bermotor
Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan Gambar 4.9 di atas, kecamatan yang termasuk dalam zona 1 adalah Kecamatan Sekar, Kasiman, dan Kedewan dengan nilai emisi CO₂ yaitu 3,211 ton/tahun; 4,812 ton/tahun; dan 5,990 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 2 adalah Kecamatan Trucuk dengan nilai emisi CO₂ yaitu 6,980 ton//tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 3 adalah Kecamatan Margomulyo, Ngraho, Tambakrejo, Ngambon, Temayang, Sukosewu, Gayam, dan Purwosari dengan nilai emisi CO₂ yaitu 8,982 ton/tahun; 9,344 ton/tahun; 7,462 ton/tahun; 9,399 ton/tahun; 11,008 ton/tahun; 9,977 ton/tahun; 8,247 ton/tahun; dan 8,639 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 4 adalah Kecamatan Sugihwaras, Ngasem, Kalitidu, dan Padangan dengan nilai emisi CO₂ yaitu 12,167 ton/tahun; 12,706 ton/tahun; dan 11,059 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 5 adalah Kecamatan Bubulan, Gondang, Kedungadem, Kepohbaru, Baureno, Kanor, Kapas, dan Dander dengan nilai emisi CO₂ yaitu 13,886 ton/tahun; 14,274 ton/tahun; 13,845 ton/tahun; 13,845 ton/tahun; 13,237 ton/tahun; 14,449 ton/tahun; 15,615 ton/tahun; dan 13,861 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 6 adalah Kecamatan Malo dengan nilai emisi CO₂ yaitu 16,199 ton/tahun. Tidak ada kecamatan yang termasuk dalam zona emisi 8 dan 9 karena tidak ada nilai emisi CO₂ yang termasuk dalam range 20,112 – 22,525 ton/tahun dan 22,526 – 24,940 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 10 adalah Kecamatan Balen dengan nilai emisi CO₂ yaitu 27,345 ton/tahun.

2) Kegiatan Memasak

Pemetaan zona emisi gas rumah kaca dari penggunaan bahan bakar memasak didapatkan dari hasil perhitungan yang disajikan pada Tabel 4.5, kemudian dilakukan perhitungan interval nilai emisi tiap kelompok menggunakan Rumus 2.2 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$i = \frac{R}{m} = \frac{(10,967 - 2,784) \text{ ton/tahun}}{10} = 0,818 \text{ ton/tahun}$$

berdasarkan perhitungan di atas, nilai interval emisi tiap kelompok sebesar 0,818 ton/tahun sehingga pembagian zona emisi karbondioksida dari konsumsi bahan bakar memasak tersaji pada tabel berikut:

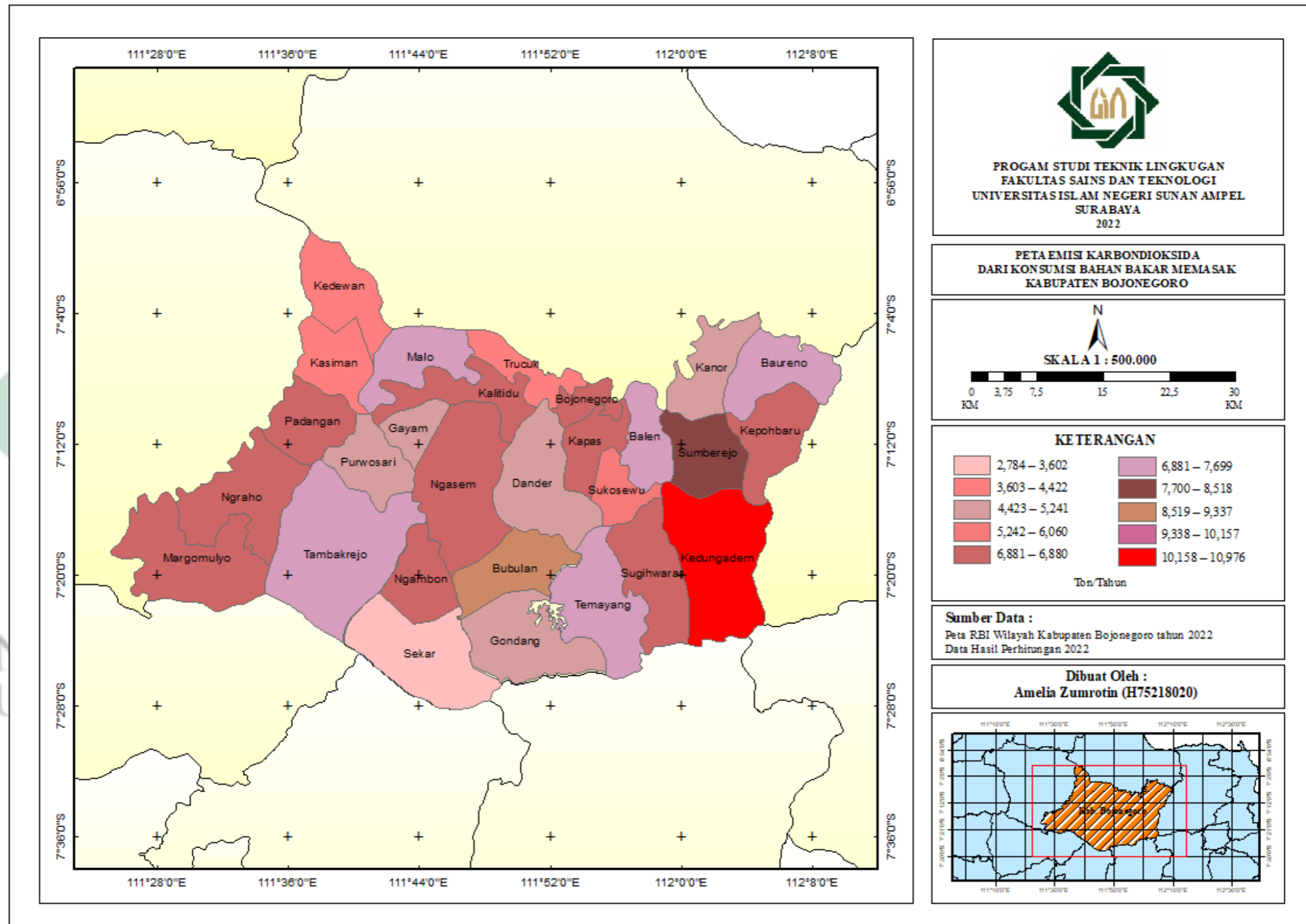
Tabel 4.9 Zona Emisi dari Kegiatan Memasak

Zona	Emisi CO₂ (ton/tahun)	Kecamatan
Zona 1	2,784 – 3,602	Sekar
Zona 2	3,603 – 4,422	Trucuk, Kasiman, Kedewan
Zona 3	4,423 – 5,241	Gondang, Kanor, Dander, Gayam, Purwosari
Zona 4	5,242 – 6,060	Sukosewu
Zona 5	6,061 – 6,880	Margomulyo, Ngraho, Ngambon, Sugihwaras, Kepohbaru, Kapas, Bojonegoro, Ngasem, Kalitidu, Padangan
Zona 6	6,881 – 7,699	Tambakrejo, Temayang, Baureno, Malo
Zona 7	7,700 – 8,518	Sumberrejo
Zona 8	8,519 – 9,337	Bubulan
Zona 9	9,338 – 10,157	-
Zona 10	10,158 – 10,976	Kedungadem

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan hasil pemetaan zona emisi di atas, maka langkah selanjutnya melakukan pemetaan zona emisi gas rumah kaca menggunakan *software* ArcMap 10.6 dengan hasil pemetaan yang tersaji pada Gambar 4.10 berikut.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Berdasarkan Gambar 4.10 di atas, kecamatan yang termasuk dalam zona 1 adalah Kecamatan Sekar dengan nilai emisi CO₂ yaitu 2,784 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 2 adalah Kecamatan Trucuk, Kasiman, dan Kedewan dengan nilai emisi CO₂ yaitu 4,324 ton/tahun; 3,886 ton/tahun; dan 3,820 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 3 adalah Kecamatan Gondang, Kanor, Dander, Gayam, dan Purwosari dengan nilai emisi CO₂ yaitu 5,093 ton/tahun; 4,967 ton/tahun; 4,589 ton/tahun; 4,680 ton/tahun; dan 4,760 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 4 adalah Kecamatan Sukosewu dengan nilai emisi CO₂ yaitu 5,831 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 5 adalah Kecamatan Margomulyo, Ngraho, Ngambon, Sugihwaras, Kepohbaru, Kapas, Bojonegoro, Ngasem, Kalitidu, dan Padangan dengan nilai emisi CO₂ yaitu 6,094 ton/tahun; 6,880 ton/tahun; 6,147 ton/tahun; 6,484 ton/tahun; 6,551 ton/tahun; 6,755 ton/tahun; 6,431 ton/tahun; 6,736 ton/tahun; 6,074 ton/tahun; dan 6,241 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 6 adalah Kecamatan Tambakrejo, Temayang, Baureno, Balen, dan Malo dengan nilai emisi CO₂ yaitu 7,065 ton/tahun; 7,373 ton/tahun; 7,598 ton/tahun; 7,445 ton/tahun; dan 7,394 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 7 adalah Kecamatan Sumberrejo dengan nilai emisi CO₂ yaitu 8,657 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 8 adalah Kecamatan Bubulan dengan nilai emisi CO₂ yaitu 9,332 ton/tahun. Tidak ada kecamatan yang termasuk dalam zona emisi 9 karena tidak ada nilai emisi CO₂ yang termasuk dalam range 9,338 – 10,157 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 10 adalah Kecamatan Kedungadem dengan nilai emisi CO₂ yaitu 10,967 ton/tahun.

3) Penggunaan Listrik

Pemetaan zona emisi gas rumah kaca dari penggunaan listrik didapatkan dari hasil perhitungan yang disajikan pada Tabel 4.6, kemudian dilakukan perhitungan interval nilai emisi tiap kelompok menggunakan Rumus 2.2 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$i = \frac{R}{m} = \frac{(104,259 - 16,731) \text{ ton/tahun}}{10} = 8,753 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai interval emisi tiap kelompok sebesar 8,753 ton/tahun sehingga pembagian zona emisi karbondioksida dari penggunaan energi listrik tersaji pada Tabel 4.10 berikut.

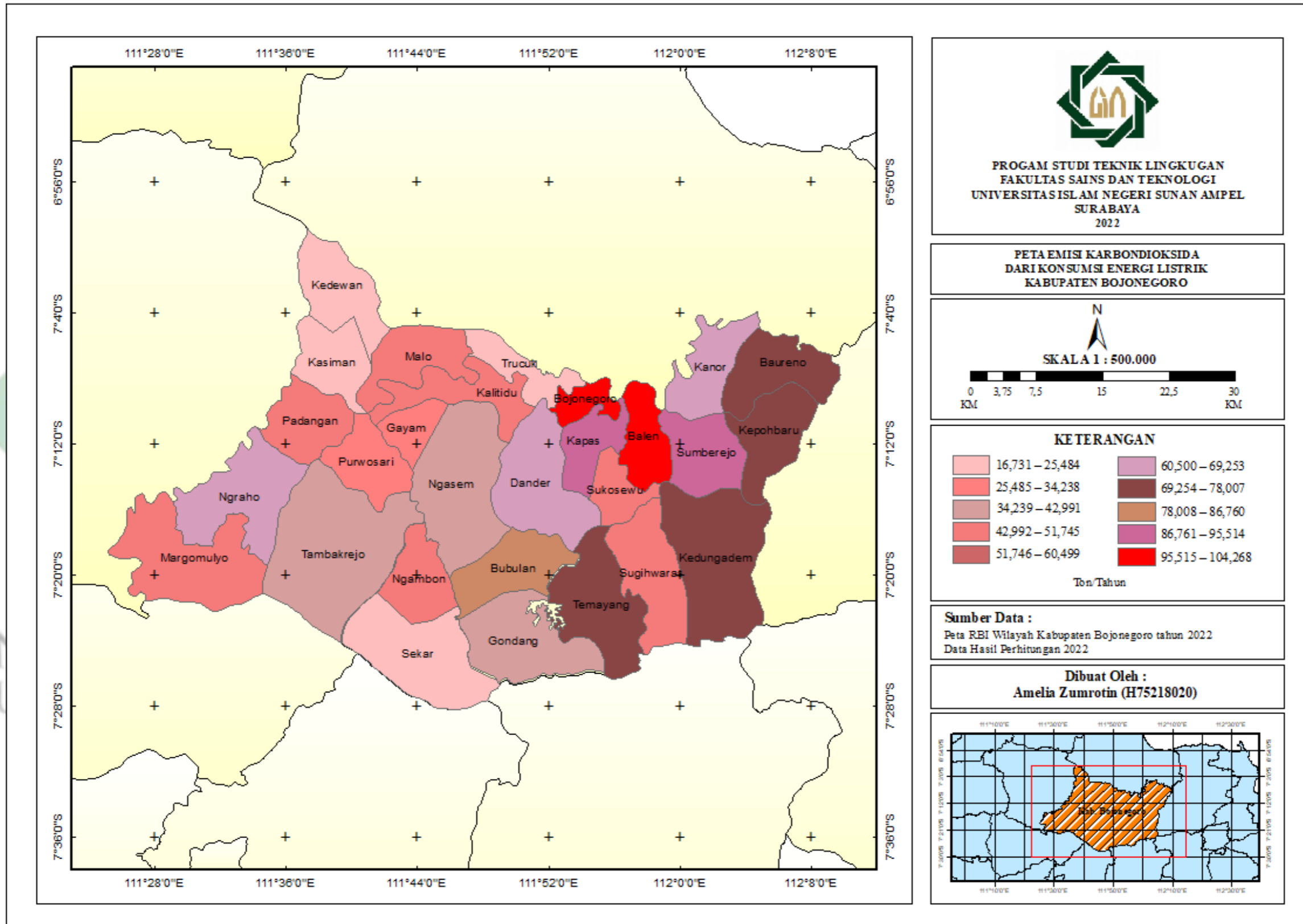
Tabel 4.10 Zona Emisi dari Penggunaan Listrik

Zona	Emisi CO ₂ (ton/tahun)	Kecamatan
Zona 1	3,211 – 5,624	Sekar, Kasiman, Kedewan
Zona 2	5,625 – 8,039	Trucuk
Zona 3	8,040 – 10,453	Margomulyo, Ngraho, Tambakrejo, Ngambon, Temayang, Sukosewu, Gayam, Purwosari
Zona 4	10,454 – 12,868	Sugihwaras, Ngasem, Kalitidu, Padangan
Zona 5	12,869 – 15,282	Bubulan, Gondang, Kedungadem, Kepohbaru, Baureno, Kanor, Kapas, Dander
Zona 6	15,283 – 17,696	Malo
Zona 7	17,697 – 20,111	Sumberrejo, Kapas, Bojonegoro
Zona 8	20,112 – 22,525	-
Zona 9	22,526 – 24,940	-
Zona 10	24,941 – 27,354	Balen

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan hasil pemetaan interval zona emisi di atas, maka selanjutnya melakukan pemetaan zona emisi gas rumah kaca menggunakan *software* ArcMap 10.6 dengan hasil pemetaan yang tersaji pada Gambar 4.11 berikut.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.11 Pemetaan Zona Emisi dari Penggunaan Listrik
Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan Gambar 4.11 di atas, kecamatan yang termasuk dalam zona 1 adalah Kecamatan Sekar, Trucuk, Kasiman, dan Kedewan dengan nilai emisi CO₂ yaitu 16,731 ton/tahun; 24,084 ton/tahun; 23,341 ton/tahun; dan 18,687 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 2 adalah Kecamatan Gayam dan Purwosari dengan nilai emisi CO₂ yaitu 34,144 ton/tahun dan 31,836 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 3 adalah Kecamatan Tambakrejo, Gondang, dan Ngasem dengan nilai emisi CO₂ yaitu 42,842 ton/tahun; 34,539 ton/tahun; dan 42,124 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 4 adalah Kecamatan Margomulyo, Ngambon, Sugihwaras, Sukosewu, Kalitidu, Malo, dan Padangan dengan nilai emisi CO₂ yaitu 46,056 ton/tahun; 51,122 ton/tahun; 47,355 ton/tahun; 49,669 ton/tahun; 50,848 ton/tahun; 51,425 ton/tahun; dan 47,334 ton/tahun. Tidak ada kecamatan yang termasuk dalam zona emisi 5 karena tidak ada nilai emisi CO₂ yang termasuk dalam range 51,746 – 60,499 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 6 adalah Kecamatan Ngraho, Kanor, dan Dander dengan nilai emisi CO₂ yaitu 61,694 ton/tahun; 60,513 ton/tahun; dan 60,878 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 7 adalah Kecamatan Temayang, Kedungadem, Kepohbaru, dan Baureno dengan nilai emisi CO₂ yaitu 72,126 ton/tahun; 77,601 ton/tahun; 72,575 ton/tahun; dan 70,093 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 8 adalah Kecamatan Bubulan dengan nilai emisi CO₂ yaitu 79,581 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 9 adalah Kecamatan Sumberrejo dan Kapas dengan nilai emisi CO₂ yaitu 87,109 ton/tahun dan 88,138 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 10 adalah Kecamatan Balen dan Bojonegoro dengan nilai emisi CO₂ yaitu 104,259 ton/tahun dan 99,491 ton/tahun.

4) Total Emisi CO₂

Pemetaan zona emisi gas rumah kaca dari penggunaan kendaraan bermotor, kegiatan memasak, dan penggunaan listrik didapatkan dari hasil perhitungan yang disajikan pada Tabel 4.7, kemudian dilakukan perhitungan interval nilai emisi tiap kelompok menggunakan Rumus 2.2 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$i = \frac{R}{m} = \frac{(139,048 - 22,275) \text{ ton/tahun}}{10} = 11,623 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai interval emisi tiap kelompok sebesar 11,623 ton/tahun sehingga pembagian zona emisi karbondioksida dari total emisi tersaji pada Tabel 4.11 berikut.

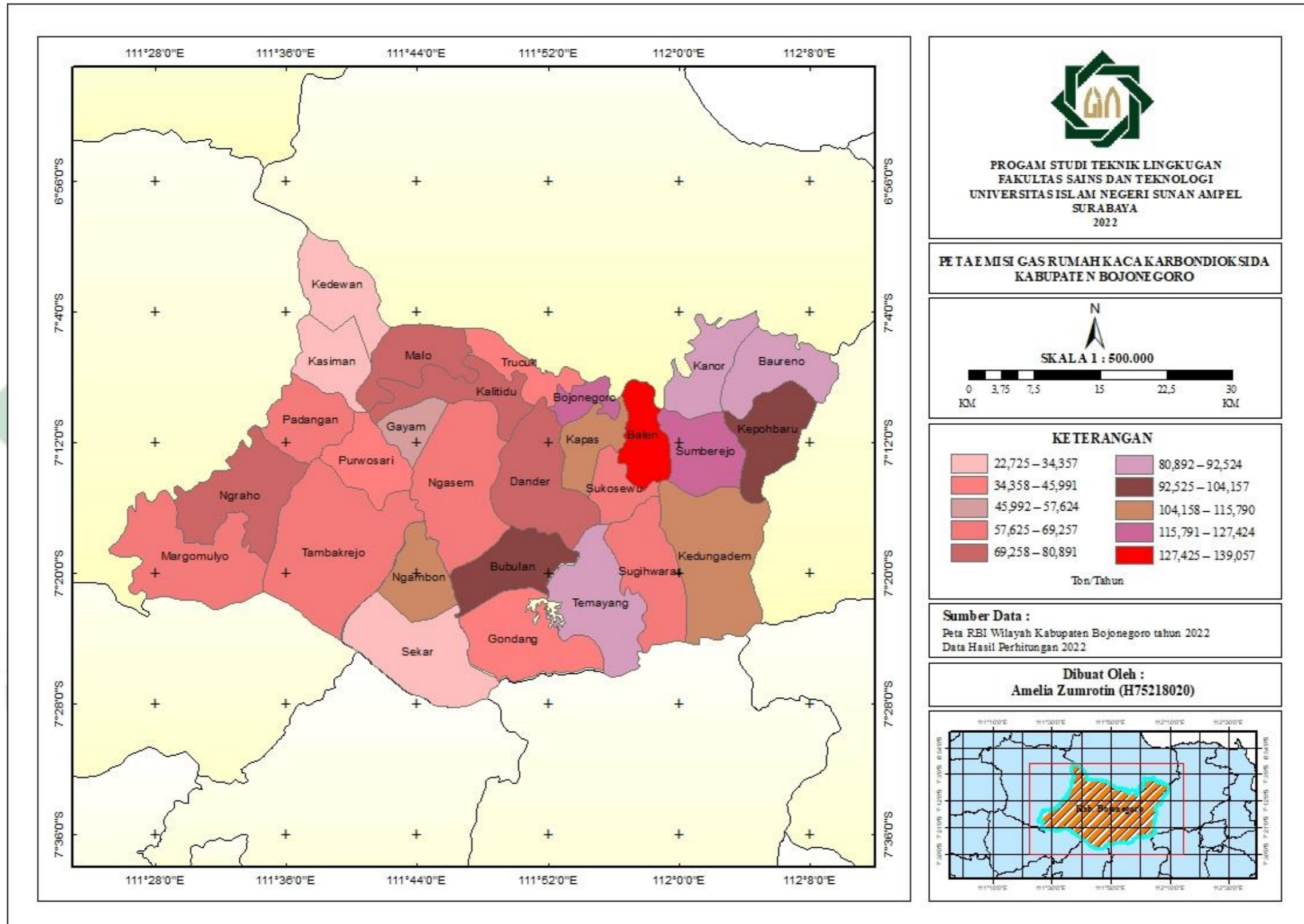
Tabel 4.11 Interval Emisi dan Warna Pemetaan Zona Emisi

Zona	Emisi CO ₂ (ton/tahun)	Kecamatan
Zona 1	22,725 – 34,357	Sekar, Kasiman, Kedewan
Zona 2	34,358 – 45,991	Gondang, Trucuk, Purwosari
Zona 3	45,992 – 57,624	Gayam
Zona 4	57,625 – 69,257	Margomulyo, Tambakrejo, Ngambon, Sugihwaras, Sukosewu, Ngasem, Padangan
Zona 5	69,258 – 80,891	Ngraho, Dander, Kalitidu, Malo
Zona 6	80,892 – 92,524	Temayang, Baureno, Kanor
Zona 7	92,525 – 104,157	Kepohbaru, Bubulan
Zona 8	104,158 – 115,790	Ngambon, Kedungadem, Kapas
Zona 9	115,791 – 127,424	Sumberrejo, Bojonegoro
Zona 10	127,425 – 139,057	Balen

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan hasil pemetaan interval zona emisi di atas, maka langkah selanjutnya dilakukan pemetaan zona emisi gas rumah kaca menggunakan *software* ArcMap 10.6 dengan hasil pemetaan seperti yang terlihat pada Gambar 4.12 berikut.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.12 Pemetaan Zona Emisi Gas Rumah Kaca CO₂ Kabupaten Bojonegoro
Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan Gambar 4.12 di atas, Kecamatan yang termasuk dalam zona 1 adalah Kecamatan Sekar, Kasiman, dan Kedewan dengan nilai emisi CO₂ yaitu 22,725 ton/tahun; 32,041 ton/tahun; dan 28,498 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 2 adalah Kecamatan Gondang, Trucuk, dan Purwosari dengan nilai emisi CO₂ yaitu 43,907 ton/tahun; 35,388 ton/tahun; dan 45,235 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 3 adalah Kecamatan Gayam dengan nilai emisi CO₂ yaitu 47,071 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 4 adalah Kecamatan Margomulyo, Tambakrejo, Ngambon, Sugihwaras, Sukosewu, Ngasem, dan Padangan dengan nilai emisi CO₂ yaitu 61,131 ton/tahun; 57,370 ton/tahun; 66,668 ton/tahun; 66,006 ton/tahun; 65,478 ton/tahun; 61,565 ton/tahun; dan 64,635 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 5 adalah Kecamatan Ngraho, Dander, Kalitidu, dan Malo dengan nilai emisi CO₂ yaitu 77,919 ton/tahun; 79,328 ton/tahun; 69,403 ton/tahun; dan 75,019 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 6 adalah Kecamatan Temayang, Baureno, dan Kanor dengan nilai emisi CO₂ yaitu 90,507 ton/tahun; 90,928 ton/tahun; dan 79,928 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 7 adalah Kecamatan Kepohbaru dengan nilai emisi CO₂ yaitu 93,056 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 8 adalah Ngambon, Kedungadem, dan Kapas dengan nilai emisi CO₂ yaitu 66,668 ton/tahun; 102,413 ton/tahun; dan 110,508. Kecamatan yang termasuk dalam zona 9 adalah Kecamatan Sumberrejo dan Bojonegoro dengan nilai emisi CO₂ yaitu 114,487 ton/tahun dan 129,94 ton/tahun. Kecamatan yang termasuk dalam zona 10 adalah Kecamatan Balen dengan nilai emisi CO₂ yaitu 139,048 ton/tahun.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai emisi gas rumah kaca CO₂ yang dihasilkan dari konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor yang memiliki nilai emisi CO₂ tertinggi adalah pada Kecamatan Balen dengan nilai emisi 27,345 ton/tahun, sedangkan nilai emisi CO₂ terendah adalah pada Kecamatan Sekar dengan nilai emisi 3,211 ton/tahun. Nilai emisi gas rumah kaca CO₂ yang dihasilkan dari konsumsi bahan bakar memasak yang memiliki nilai emisi CO₂ tertinggi adalah pada Kecamatan Kedungadem dengan nilai emisi 97,306 ton/tahun, sedangkan nilai emisi CO₂ terendah adalah pada Kecamatan Sekar dengan nilai emisi 37,441 ton/tahun. Nilai emisi gas rumah kaca CO₂ yang dihasilkan dari konsumsi energi listrik yang memiliki nilai emisi CO₂ tertinggi adalah pada Kecamatan Balen dengan nilai emisi 104,259 ton/tahun, sedangkan nilai emisi CO₂ terendah adalah pada Kecamatan Sekar dengan nilai emisi 16,731 ton/tahun.
2. Pemetaan zona emisi dipetakan menjadi 10 zona. Kecamatan Balen merupakan kecamatan yang memiliki nilai emisi CO₂ tertinggi dengan nilai emisi 139,048 ton/tahun. Hal tersebut disebabkan oleh tingginya penggunaan kendaraan bermotor dan pola konsumsi energi listrik. Kecamatan Sekar, Kecamatan Kasiman, dan Kecamatan Kedewan tergolong dalam kecamatan yang memiliki nilai emisi CO₂ rendah. Hal tersebut dikarenakan pola konsumsi bahan bakar memasak, bahan bakar transportasi, dan energi listrik yang digunakan.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yang serupa dengan penelitian ini adalah dengan melakukan analisis emisi menggunakan tier yang lebih tinggi dengan mengetahui faktor emisi spesifik di masing-masing wilayah penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adil, A. (2017). *Sistem Informasi Geografis*. Yogyakarta: ANDI.
- Agung, P., Hartono, D., & Awirya, A. A. (2017). Pengaruh Urbanisasi Terhadap Konsumsi Energi Dan Emisi CO₂: Analisis Provinsi di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan*.
- Anonim. (2020). *Modul Praktik SIG*. Sekolah Tinggi Pertahanan Nasional. [https://prodi4.stpn.ac.id/wp-content/uploads/2020/2020/Modul/Semester%203/Modul%20SIG%20Teori%20&%20Praktik/Modul%20Praktik%20SIG/modul%20praktik%20SIG%20\(3\)](https://prodi4.stpn.ac.id/wp-content/uploads/2020/2020/Modul/Semester%203/Modul%20SIG%20Teori%20&%20Praktik/Modul%20Praktik%20SIG/modul%20praktik%20SIG%20(3))
- Aroonsrimorakot, S. (2018). Carbon Footprint of Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Salaya Campus, Thailand. *APCBEE Procedia*, 5, 175–180.
- Arrohman, M. L. (2020). *Media Gambar, Kontekstual dan Menalar*. Depok: Guepedia.
- Badan Pusat Statistik. (2021). Kabupaten Bojonegoro dalam Angka 2021. Bojonegoro: Badan Pusat Statistik.
- Bherwani, H., Nair, M., Niwalkar, A., Balachandran, D., & Kumar, R. (2022). Application of Circular Economy Framework for Reducing the Impacts of Climate Change: A Case Study from India on the Evaluation of Carbon and Materials Footprint Nexus. *Energy Nexus*, 5, 100047.
- Kementerian ESDM. (2014). *Pedoman Teknis Perhitungan Baseline Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Berbasis Energi*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Kementerian ESDM. (2015). *Data Inventory Emisi GRK Sektor Energi*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2012a). *Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2012b). *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional*. Kementerian Lingkungan Hidup.

- Budiarto, E. (2001). *Biostatistika untuk Kedokteran dan Kesehatan Masyarakat*. EGS.
- Cahyo, T. (2017). *Penyehatan Udara*. Yogyakarta: ANDI.
- DeMers, M. N. (2008). *Fundamentals of Geographic Information Systems*. New York: Wiley.
- Fauziawan, A. I. (2018). *Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Energi dari Permukiman (Residential) di Kabupaten Karangasem*. 5.
- Gobel, I. W. J., Tondobala, L., & Sela, R. L. E. (2019). Sebaran Spasial Emisi Gas Karbon Dioksida (CO₂) pada Kawasan Permukiman di Kecamatan Singkil Kota Manado. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 6(3), 9.
- Gołasa, P., Wysokiński, M., Bienkowska-Gołasa, W., Gradziuk, P., Golonko, M., Gradziuk, B., Siedlecka, A., & Gromada, A. (2021). Sources of Greenhouse Gas Emissions in Agriculture, with Particular Emphasis on Emissions from Energy Used. *Energies*, 14(13), 3784.
- Hadi, A., & Nurjaman, A. (2021). *Verifikasi Metode Pengujian Udara Ambien dan Emisi*. Bogor: IPB Press.
- Hardiyanti, S. M. (2021). *Analisis Jejak Karbon (Carbon Footprint) pada Aktivitas Permukiman di Kecamatan Bojonegoro Kabupaten Bojonegoro [Tugas Akhir]*. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.
- Hilabi, A. H. (2020). Dakwah Majelis Ulama Indonesia dan Perubahan Iklim. *Thawalib Jurnal Kependidikan Islam*, 1(1), 45–54.
- Hudha, A. M., Husamah, & Rahardjanto, A. (2019). *Etika Lingkungan (Teori dan Praktik Pembelajarannya)*. Malang: UMM Press.
- Intergovernmental Panel of Climate Change. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Japan: Institute for Global Environmental Strategies.
- Intergovernmental Panel of Climate Change. (2007). *Mitigation of Climate Change*. New York: Cambridge University Press.
- Irwansyah, E. (2013). *Sistem Informasi Geografis: Prinsip Dasar dan Pengembangan Aplikasi*. Yogyakarta: Digibooks.

- Ivanova, D., Vita, G., Steen-Olsen, K., Stadler, K., Melo, P. C., Wood, R., & Hertwich, E. G. (2017). Mapping the carbon footprint of EU regions. *Environmental Research Letters*, 12(5), 054013.
- Izzah, R. I. S. (2018). *Studi Serapan Karbon Dioksida (CO₂) Udara Ambien oleh Tumbuhan Air Menggunakan Indikator Nilai Kumulatif Konsentrasi (Net-CO₂-Con)* [Tugas Akhir]. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Jainuri, M. (2019). *Pengantar Aplikasi Komputer (SPSS)*. Hira Institue.
- Juwita, L. E., & Suryadhi, S. (2018). Rancang Bangun Sistem Observasi Keadaan Atmosfer Bumi Menggunakan Drone. *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, 2(2), 86–91.
- Kaddihani, W. (2017). Nilai Kalor Menentukan Harga Batubara. *Balai Teknologi Bahan Bakar dan Rekayasa Disain*. <https://btbrd.bppt.go.id/news/28-articles/197-nilai-kalor-menentukan-harga-batubara#:~:text=Nilai%20Kalor%20%28Calorific%20Value%20atau%20Heating%20Value%29%20merupakan,kalor%20adalah%20untuk%20penentuan%20harga%20jual%20batubara%20>
- Kusumawardani, D., & Navastara, A. M. (2018). Analisis Besaran Emisi Gas CO₂ Kendaraan Bermotor Pada Kawasan Industri SIER Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), C399–C402.
- Lintangrino, M. C. (2016). *Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca pada Sektor Pertanian dan Peternakan di Kota Surabaya* [Tugas Akhir]. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Machdar, I. (2018). *Pengantar Pengendalian Pencemaran (Pencemaran Air, Pencemaran Udara, dan Kebisingan)*. Yogyakarta: Deepublish.
- Marinda, L. (2021). Integrasi Ayat-Ayat Peduli Lingkungan dalam Pembelajaran Tematik Terpadu. *Al'adalah*, 22(2), 89–104.
- Maryani, D., & Nainggolan, R. R. E. (2019). *Pemberdayaan Masyarakat*. Yogyakarta: Deepublish.
- Miharja, F. J., Husamah, H., & Muttaqin, T. (2018). Analisis kebutuhan ruang terbuka hijau sebagai penyerap emisi gas karbon di kota dan kawasan penyangga Kota Malang. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 165–174.

- Mukono, H. J. (2011). *Aspek Kesehatan Pencemaran Udara*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Mukono, H. J. (2018). *Analisis Kesehatan Lingkungan Akibat Pemanasan Global dan Perubahan Iklim: Tinjauan Kesehatan Masyarakat*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Mukono, H. J. (2020). *Analisis Kesehatan Lingkungan Akibat Pemanasan Global*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Nugrahayu, Q., Khumaira Nurjannah, N., & Hakim, L. (2017). Estimasi Emisi Karbondioksida dari Sektor Permukiman di Kota Yogyakarta Menggunakan IPCC Guidelines. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 9(1), 25–36.
- Nursetiyani, O. (2021). *Identifikasi Jejak Emisi Gas Karbon Dioksida (CO₂) Berdasarkan Hasil Penggunaan Domestik Rumah Tangga pada Kawasan Permukiman di Kecamatan Cikampek Kabupaten Karawang [Tugas Akhir]*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Prabowo, K., & Muslim, B. (2018). *Penyehatan Udara* (1 ed.). Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Pratama, R. (2019). *Efek Rumah Kaca Terhadap Bumi*. 14(2), 7.
- Priyotamtama, P. W. (2021). *Merawat Bumi, Rumah Kita Bersama*. Yogyakarta: Sananta Dharma University Press.
- Puspitasari, G. A., Sari, K. E., & Utomo, D. M. (2018). Jejak Karbon dari Sumber Tidak Bergerak pada Perumahan Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo. *Planning for Urban Region and Environment*, 7(3).
- Qomarullah, M. (2014). Lingkungan Dalam Kajian Al-Qur`an: Krisis Lingkungan dan Penanggulangannya Perspektif Al-Qur`an. *Jurnal Studi Ilmu-Ilmu Al-Qur`an dan Hadis*, 24.
- Rachmawati, V., Boedisantoso, R., & Hermana, J. (2014). Penentuan Faktor Emisi Spesifik untuk Estimasi Tapak Karbon dan Pemetaanya dari Penggunaan Bahan Bakar di Kabupaten Sidoarjo. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII*, 7.
- Ratnasari, J., & Chodijah, S. (2020). Kerusakan Lingkungan Menurut Sains dan Ahmad Mustafa. *Al Tadabbur: Jurnal Ilmu Alquran dan Tafsir*, 16.

- Rukajat, A. (2018). *Pendekatan Penelitian Kuantitatif*. Yogyakarta: Deepublish.
- Rusbiantoro, D. (2008). *Global Warming for Beginner*. Yogyakarta: O2.
- Shihab, M. Q. (2002). *Tafsir Al Mishbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati.
- Silalahi, A. N. (2019). *Studi Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca (CO2) dari Konsumsi Energi Skala Rumah Tangga di Daerah Urban (Perkotaan) Medan [Tugas Akhir]*. Universitas Sumatera Utara.
- Subkhan, A., Subkhan, A., Setyowati, D. L., & Setyaningsih, W. (2017). Kajian Emisi CO2 dari Pemanfaatan Energi Rumah Tangga di Kelurahan Candi Kota Semarang. *Geo Image (Spatial-Ecological-Regional)*, 11.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D* (2 ed.). Bandung: Alfabeta.
- Sumampouw, O. J. (2019). *Perubahan Iklim dan Kesehatan Masyarakat*. Yogyakarta: Deepublish.
- Thomas, N., Wankhade, R., Jade, T., Shinde, A., & Khirade, S. (2019). Techno-economic feasibility report to reduce carbon footprint of JSPM campus. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*, 5(3), 3.
- Trofimenko, Y., Komkov, V., & Trofimenko, K. (2020). Forecast of energy consumption and greenhouse gas emissions by road transport in Russia up to 2050. *Transportation Research Procedia*, 50, 698–707.
- Yusuf, M., & Daris, L. (2019). *Analisis Data Penelitian: Teori & Aplikasi dalam Bidang Pendidikan*. Bogor IPB Press.
- Zid, M., & Hardi, O. S. (2019). *Biogeografi*. Jakarta: Bumi Aksara.