

Nomor Urut : 022A/UN7.F3.6.8.TL/DL/IX/2025

023A/UN7.F3.6.8.TL/DL/IX/2025

Laporan Tugas Akhir

**PERENCANAAN STRATEGI REDUKSI EMISI GAS
RUMAH KACA PADA SEKTOR ENERGI (SUB
SEKTOR INDUSTRI DAN TRANSPORTASI) DI
KABUPATEN SIDOARJO**



Disusun oleh:

Angelina Aisyah Putriyanto 21080122130084

Anisa Wulandari 21080122130086

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2026

HALAMAN PENGESAHAN

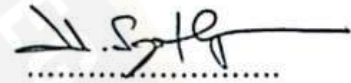
Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Angelina Aisyah Putriyanto
NIM : 21080122130084
Jurusan/Departemen : Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip
Judul Skripsi : Perencanaan Strategi Reduksi Emisi Gas Rumah Kaca pada Sektor Energi (Sub Sektor Industri dan Transportasi) di Kabupaten Sidoarjo

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Pembimbing I:

Dr. Ir. Haryono Setiyo Huboyo, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.
197402141999031002



Pembimbing II:

Dr. Ir. Nurandani Hardyanti, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.
197301302000032001



Ketua Penguji:

Prof. Ir. Mochamad Arief Budihardjo, S.T., M.Eng.Sc, Env.Eng,
Ph.D., IPU., ASEAN Eng.
197409302001121002



Anggota Penguji:

Dr. Ir. Ika Bagus Priyambada, S.T., M.Eng.
197103011998031001



Prof. Dr. Ir. Badrus Zaman, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.
NIP. 197208302000031001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Anisa Wulandari
NIM : 21080122130086
Jurusan/Departemen : Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip
Judul Skripsi : Perencanaan Strategi Reduksi Emisi Gas Rumah Kaca pada Sektor Energi (Sub Sektor Industri dan Transportasi) di Kabupaten Sidoarjo

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

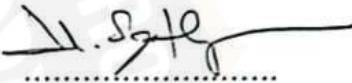
Pembimbing I:

Dr. Ir. Nurandani Hardyanti, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.
197301302000032001


.....

Pembimbing II:

Dr. Ir. Haryono Setiyo Huboyo, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.
197402141999031002


.....

Ketua Penguji:

Dr. Ir. Ika Bagus Priyambada, S.T., M.Eng.
197103011998031001


.....


Anggota Penguji:

Prof. Ir. Mochamad Arief Budihardjo, S.T., M.Eng.Sc, Env.Eng,
Ph.D., IPU., ASEAN Eng.
197409302001121002


.....

Semarang, 05 Maret 2026
Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Undip

Ketua


Prof. Dr. Ir. Badrus Zaman, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.
NIP. 197208302000031001

ABSTRAK

Kabupaten Sidoarjo merupakan salah satu kawasan yang mengalami perkembangan pesat sekaligus menjadi pusat kegiatan sektor industri dan transportasi di Jawa Timur. Banyaknya kawasan industri serta jumlah kendaraan menyebabkan tingginya aktivitas pembakaran energi bahan bakar yang digunakan. Hasil aktivitas pembakaran oleh industri dan kendaraan tersebut berdampak besar terhadap emisi Gas Rumah Kaca (GRK). Inventarisasi emisi dilakukan pada sektor industri dan transportasi untuk mengetahui beban emisi dengan tujuan merumuskan strategi terbaik dalam langkah penurunan emisi gas rumah kaca tersebut. Hasil perhitungan inventarisasi emisi gas rumah kaca menunjukkan pada tahun 2024, sektor industri di Kabupaten Sidoarjo menghasilkan beban emisi sebesar 3.820.719 ton CO₂eq. Sedangkan sektor transportasi menghasilkan beban emisi 3.302,41 Gg CO₂eq pada tahun 2024. Hasil analisis SWOT pada sektor industri berada pada kuadran II (strategi diversifikasi), sedangkan sektor transportasi berada pada kuadran IV (strategi bertahan). Perencanaan strategi reduksi emisi pada sektor industri merupakan satu langkah terpadu dan sistematis yang terbagi menjadi tiga periode perencanaan dengan strategi yang terdiversifikasi, yakni strategi jangka pendek berupa manajemen *steam trap*, strategi jangka menengah dengan instalasi *economizer boiler*, serta strategi jangka panjang dengan *fuel switching* atau peralihan bahan bakar. Melalui tiga strategi yang sistematis tersebut, hingga tahun 2034 terdapat potensi penurunan emisi sebesar 13,44% dari emisi BAU. Rencana strategi penurunan emisi gas rumah kaca pada sektor transportasi yaitu melalui *eco-driving* serta perencanaan transportasi umum terintegrasi, terpadu, dan modern dengan nama SIDO CONNECT (*Sidoarjo Integrated Connection System*). Dengan kedua strategi tersebut, potensi emisi yang diturunkan dari skenario BAU tahun 2024 hingga 2034 yaitu sebesar 10,48%. Potensi penurunan tersebut menunjukkan strategi yang telah dirancang layak dan dapat diterapkan dalam upaya penurunan emisi GRK.

Kata Kunci : Inventarisasi emisi, Gas Rumah Kaca, sektor transportasi, sektor industri, strategi reduksi emisi, Kabupaten Sidoarjo.

ABSTRACT

Sidoarjo Regency is one of the rapidly developing regions and serves as a primary hub for the industrial and transportation sectors in East Java. The proliferation of industrial areas and the high volume of vehicles have led to intensive fuel combustion activities. Emissions resulting from these industrial and vehicular activities contribute significantly to Greenhouse Gas (GHG) emissions. The increase in GHGs poses detrimental effects on both the environment and public health. An emission inventory was conducted for the industrial and transportation sectors to determine the emission load, aiming to formulate the most effective strategies for GHG reduction. The results of the GHG emission inventory calculation show that in 2024, the industrial sector in Sidoarjo Regency generated an emission load of 3.820.719 tons CO₂eq. Meanwhile, the transportation sector produced an emission load of 3.302,41 Gg CO₂eq in the same year. Based on the SWOT analysis, the industrial sector is positioned in Quadrant II (diversification strategy), while the transportation sector is in Quadrant IV (defensive strategy). Effective strategic efforts are required to reduce the emission load in both sectors. The emission reduction planning for the industrial sector is an integrated and systematic approach divided into three planning periods with diversified strategies: short-term (steam trap management), medium-term (boiler economizer installation), and long-term (fuel switching). Through these three systematic strategies, there is a potential emission reduction of 13,44% from the Business-as-Usual (BAU) baseline by 2034. For the transportation sector, the proposed GHG reduction strategies include eco-driving and the development of an integrated, coordinated, and modern public transportation system named SIDO CONNECT (Sidoarjo Integrated Connection System). With these two strategies, the potential emission reduction from the 2024–2034 BAU scenario is 10,48%. These potential reductions demonstrate that the formulated strategies are feasible and applicable for GHG emission mitigation efforts.

Keywords: *Emission inventory, greenhouse gases, transport sector, industrial sector, emission reduction strategy, Sidoarjo Regency.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim telah berkembang menjadi krisis lingkungan global dan ancaman nyata yang semakin mendesak untuk ditangani. Perubahan iklim ditandai oleh peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi sebesar $\pm 1,1^{\circ}\text{C}$ sejak era pra-industri. Salah satu penyebab utama dari perubahan iklim yaitu peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK), yang berasal dari aktivitas manusia. GRK utama yaitu karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dan dinitrogen oksida (N_2O). Gas tersebut memerangkap panas matahari di atmosfer dan menyebabkan pemanasan global (IPCC, 2021).

Emisi GRK berdampak luas terhadap berbagai aspek. Dampak pada aspek lingkungan yaitu menyebabkan pencairan es di kutub, naiknya permukaan air laut, hingga menyebabkan terganggunya keseimbangan iklim. Terganggunya keseimbangan iklim seperti perubahan pola curah hujan yang ekstrem menyebabkan peningkatan frekuensi bencana seperti banjir, kekeringan, dan badai. Dampak terhadap ekosistem darat dan laut yaitu pemutihan terumbu karang, kepunahan spesies, dan terganggunya rantai makanan (KLHK, 2020). Dampak emisi GRK tidak hanya berdampak pada lingkungan, tetapi juga berdampak pada aspek sosial dan ekonomi. Sektor pertanian merupakan sektor yang terdampak perubahan iklim dengan pengaruh pada produktivitas dan ketahanan pangan. Dampak pada sektor kesehatan akibat peningkatan suhu dan kualitas udara yang buruk juga terjadi, memicu penyakit pernapasan, serangan panas, serta penyebaran penyakit menular (GIZ Indonesia, 2020).

Laporan *United Nations Environment Programme* pada tahun 2023 menyebutkan, untuk membatasi kenaikan suhu global di bawah $1,2^{\circ}\text{C}$, emisi GRK global perlu dikurangi setidaknya sebesar 43% pada tahun 2030 dibandingkan dengan level GRK tahun 2018. Namun, justru terjadi peningkatan pada emisi GRK global dengan total emisi mencapai 54,7 Gt CO_2e pada tahun 2022 (*Climate Watch*, 2023). Peningkatan emisi GRK ini menunjukkan bahwa upaya mitigasi emisi yang ada saat ini masih belum efektif dan memadai. Di Indonesia, emisi GRK nasional

pada tahun 2022 tercatat sebesar 1,35 GrCO_{2e}, dengan sektor energi, termasuk sub-sektor transportasi dan industri sebagai penyumbang terbesar (KLHK, 2023). Hal ini menunjukkan bahwa peran sektor energi sangat penting dalam upaya penurunan emisi GRK di tingkat nasional maupun daerah.

Kabupaten Sidoarjo sebagai salah satu sentral pertumbuhan ekonomi di Jawa Timur, mengalami perkembangan pesat di sektor industri dan transportasi. Berdasarkan data BPS pada tahun 2024, pertumbuhan ekonomi Kabupaten Sidoarjo didominasi oleh sektor industri pengolahan, sebesar 48,75% pada tahun 2024. Sedangkan, jumlah perusahaan industri besar-sedang di Kabupaten Sidoarjo tercatat mencapai angka 1.157 pada tahun 2025. Di sektor transportasi, menurut data statistik BPS Jawa Timur, jumlah kendaraan bermotor di Kabupaten Sidoarjo mencapai 1.702.208 unit pada tahun 2024. Sektor transportasi menjadi penyumbang emisi GRK melalui lonjakan pertumbuhan kendaraan pada setiap tahunnya, tingginya tingkat konsumsi bahan bakar, kemacetan lalu lintas, serta kurang memadainya transportasi publik yang menyebabkan tingginya penggunaan kendaraan pribadi. Tingginya tingkat mobilitas masyarakat juga berdampak pada peningkatan emisi dari sektor transportasi, terutama emisi dari kendaraan pribadi dan angkutan barang. Jika tidak dilakukan strategi penurunan emisi dengan baik, emisi GRK pada kedua sektor tersebut dapat terus mengalami peningkatan pada setiap tahunnya dan memperburuk kualitas lingkungan.

Penelitian untuk mengetahui beban emisi serta mengkaji strategi penurunan emisi pada sektor industri dan transportasi sangat penting dilakukan untuk mendukung perencanaan kebijakan pembangunan yang berkelanjutan. Sayangnya, belum ada kajian mengenai strategi penurunan emisi GRK pada sektor industri dan transportasi di Kabupaten Sidoarjo. Padahal, Kabupaten Sidoarjo sebagai pusat kawasan industri dan wilayah penyangga Kota Surabaya sebagai ibu kota Provinsi Jawa Timur, memiliki peran penting dalam mendukung pencapaian target penurunan emisi GRK nasional. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan inventarisasi emisi GRK dari sub-sektor industri dan transportasi di Kabupaten Sidoarjo, serta merumuskan perencanaan strategi

penurunan emisi GRK yang dapat diimplementasikan di Kabupaten Sidoarjo untuk mendukung pencapaian target penurunan emisi GRK secara nasional.

1.2 Identifikasi Masalah

Dari uraian latar belakang tersebut, identifikasi masalah yang mendasari perencanaan ini sebagai berikut:

1. Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sebagai salah satu penyebab utama kenaikan suhu rata-rata global dan perubahan iklim yang berdampak luas terhadap berbagai aspek kehidupan.
2. Aktivitas sektor industri dan transportasi yang semakin meningkat di Kabupaten Sidoarjo menyebabkan peningkatan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang berdampak langsung pada perubahan iklim. Emisi yang dihasilkan terutama berasal dari pembakaran bahan bakar fosil.
3. Hingga saat ini belum terdapat penelitian yang mengkaji tentang strategi penurunan emisi GRK pada sektor industri dan transportasi yang dapat diterapkan di Kabupaten Sidoarjo.
4. Upaya mitigasi emisi GRK yang ada saat ini belum efektif dan memadai untuk menurunkan emisi.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diidentifikasi dalam perencanaan ini meliputi:

1. Bagaimana inventarisasi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari sektor industri dan transportasi di Kabupaten Sidoarjo?
2. Bagaimana perencanaan strategi penurunan emisi gas rumah kaca pada sektor industri dan transportasi di Kabupaten Sidoarjo?
3. Bagaimana proyeksi penurunan emisi gas rumah kaca setelah dilakukan strategi perencanaan penurunan emisi gas rumah kaca pada sektor industri dan transportasi di Kabupaten Sidoarjo?

1.4 Rumusan Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, diperoleh rumusan tujuan dalam perencanaan ini yang terdiri dari:

1. Menganalisis inventarisasi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari sektor industri dan transportasi di Kabupaten Sidoarjo.

2. Menentukan strategi penurunan emisi gas rumah kaca yang dapat diterapkan pada sektor industri dan transportasi di Kabupaten Sidoarjo.
3. Memproyeksikan potensi penurunan emisi gas rumah kaca setelah diterapkan strategi perencanaan penurunan emisi gas rumah kaca sektor industri dan transportasi Kabupaten Sidoarjo.

1.5 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah bertujuan untuk membatasi perencanaan agar fokus pada tujuan tertentu. Pada perencanaan strategi penurunan emisi gas rumah kaca, cakupan wilayah yang perlu diperhatikan sangat luas. Oleh karena itu, pada perencanaan ini, perlu adanya pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Wilayah kajian dan perencanaan dibatasi pada wilayah administrasi Kabupaten Sidoarjo.
2. Jenis emisi yang dianalisis merupakan emisi GRK CO₂, CH₄, dan N₂O sebagai kontributor utama pemanasan global.
3. Sub-sektor energi yang dipilih adalah industri dan transportasi di Kabupaten Sidoarjo.
4. Sumber emisi gas rumah kaca yang akan diinventarisasikan pada sektor transportasi berupa transportasi *on road*: motor, mobil, truk, dan angkutan umum dengan metode perhitungan VKT (*Vehicle Kilometer Traveled*).
5. Sub-sektor industri yang diinventarisasi mencakup industri besar dan industri menengah di Kabupaten Sidoarjo.
6. Sub-sektor transportasi yang diinventarisasi meliputi seluruh jalan arteri di Kabupaten Sidoarjo.
7. Sub-sektor transportasi hanya mencakup estimasi jarak tempuh rata-rata kendaraan di dalam wilayah Sidoarjo.
8. Perencanaan strategi reduksi emisi gas rumah kaca berdasar pada RAN-GRK, RAD-GRK, serta RPJMD agar sejalan dengan rencana arah pembangunan daerah.

1.6 Rumusan Manfaat

Manfaat yang akan diperoleh dari perencanaan pengendalian emisi gas rumah kaca ini meliputi:

1. Bagi IPTEK

- Menyediakan data dan informasi ilmiah yang dapat digunakan sebagai acuan dalam kajian pengendalian emisi GRK sektor industri dan transportasi di Kabupaten Sidoarjo.
- Memberikan gambaran mengenai dampak lingkungan, kesehatan, dan sosial yang timbul akibat emisi GRK.
- Menjadi bahan literatur bagi penelitian selanjutnya yang berfokus pada mitigasi perubahan iklim di wilayah perkotaan dan industri.

2. Bagi Pemerintah Kabupaten Sidoarjo

- Menjadi bahan rujukan bagi Dinas Lingkungan Hidup dalam menyusun strategi pengendalian pencemaran udara yang terintegrasi dengan target penurunan emisi GRK.
- Mendukung perumusan kebijakan transportasi berkelanjutan dan perencanaan kawasan industri rendah karbon.

3. Bagi Masyarakat

- Mendorong masyarakat untuk ikut serta berperan dalam mengurangi dampak pencemaran udara yang dihasilkan dari aktivitas sehari-hari.
- Memberikan wawasan terkait permasalahan pencemaran udara serta strategi pengendalian pencemaran udara yang dapat dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Atabani, A. E., Saidur, R., Silitonga, A. S., Mahlia, T. M. I., & Sebayang, A. H. (2013). *Energy economical and environmental analysis of industrial boilers using economizers. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 18*, 211–245.
- Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) Provinsi DKI Jakarta. (2009). *Inventarisasi Emisi Sumber Tidak Bergerak di DKI Jakarta*. Jakarta: BPLHD Provinsi DKI Jakarta.
- David, F. R. (2011). *Manajemen strategis: Konsep (12th ed.)*. Jakarta: Salemba Empat.
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). (2020). *Integrated Company Report 2020*. GIZ.
- Ganapathyraman, G. V., & Boopathi, R. (2016). *Performance analysis of economiser, air pre-heater and electrostatic precipitator of 210 MW power plant boiler. International Journal of Engineering Research & Advanced Technology (IJERAT), 2*(4).
- Hanna, S. R., Briggs, G. A., & Hosker, R. P., Jr. (1982). *Handbook on Atmospheric Diffusion*. U.S. Department of Energy, Technical Information Center. DOE/TIC-11223.
- Holmes, N. S., & Morawska, L. (2006). *A review of dispersion modelling and its application to the dispersion of particles: An overview of different dispersion models available. Atmospheric Environment, 40*(30), 5902–5928.
- Huang, Y., Ng, E. C. Y., Zhou, J. L., Surawski, N. C., Chan, E. F. C., & Hong, G. (2018). *Eco-driving technology for sustainable road transport: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 93*, 596–609.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, ... B. Zhou (Eds.)). Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2: Energy*. IPCC-TFI.
- International Energy Agency. (2019). *The role of gas in today's energy transitions*. IEA. <https://www.iea.org/reports/the-role-of-gas-in-todays-energy-transitions>
- Kementerian ESDM – ESDM. (2025). *Tabel Nilai Faktor Emisi (FE) CO₂ Nasional dan NCV BBM, Gas, Batubara*.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2014). *Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK)*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). *Rencana Strategis KLHK Tahun 2020–2024*. Jakarta: KLHK.
- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2013). *Pedoman teknis penyusunan inventarisasi emisi pencemar udara di perkotaan*. KLH.
- Lechtenböhmer, S., Nilsson, L. J., Åhman, M., & Schneider, C. (2016). *Decarbonising the energy intensive basic materials industry through electrification – Implications for future EU electricity demand*. *Energy*, 115, 1623–1631.
- Nestiti, R. F. (2017). *Perubahan emisi karbondioksida dengan pemindahan kendaraan pribadi ke kendaraan umum konvensional di Kota Surabaya* (Tugas akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Pemerintah Kabupaten Sidoarjo. (2021). *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kabupaten Sidoarjo Tahun 2021–2026*. Sidoarjo: Bappeda Kabupaten Sidoarjo.
- Pemerintah Provinsi Jawa Timur. (2012). *Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAD-GRK) Provinsi Jawa Timur*. Surabaya: Bappeda Provinsi Jawa Timur.

- Rangkuti, F. (2008). *Analisis SWOT Teknik Membedah Kasus Bisnis*. PT Gramedia Pustaka Utama.
- Rangkuti, F. (2019). *Analisis SWOT: Teknik Membedah Kasus Bisnis*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Ravishankara, A. R., Daniel, J. S., & Portmann, R. W. (2009). *Nitrous oxide (N₂O): The dominant ozone-depleting substance emitted in the 21st century*. *Science*, 326(5949), 123–125.
- Salim, M. A., & Siswanto, A. B. (2019). *Analisis SWOT Dengan Metode Kuesioner*. CV. Pilar Nusantara.
- Seinfeld & Pandis (2006); Jacobson, M. Z. (2002). *Atmospheric Pollution: History, Science, and Regulation*. Cambridge University Press.
- Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Shindell, D., Kuylenstierna, J. C. I., Vignati, E., van Dingenen, R., Amann, M., Klimont, Z., ... & Fowler, D. (2012). *Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security*. *Science*, 335(6065), 183–189.
- Turner (1994), *Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates: An Introduction to Dispersion Modeling*.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2023). *Emissions Gap Report 2023: Broken Record – Keeping global warming below 1.5°C requires a 43% cut in emissions by 2030*. Nairobi: UNEP.
- Vardoulakis, S., Fisher, B. E. A., Pericleous, K., & Gonzalez-Flesca, N. (2003). *Modelling air quality in street canyons: A review*. *Atmospheric Environment*, 37(2), 155–182.
- Wilson, J. D., & Sawford, B. L. (1996). *Review of Lagrangian stochastic models for trajectories in the turbulent atmosphere*. *Boundary-Layer Meteorology*, 78, 191–210.
- World Resources Institute. (2023). *Climate Watch: An open data platform for tracking national climate progress and commitments*.

Zannetti, P. (1990). Gaussian Models. Dalam *Air Pollution Modeling: Theories, Computational Methods and Available Software* (hlm. 141–183). Springer, New York

