

Nomor Urut: 019 A/UN7.F3.6.8.TL/DL/IX/2023

020 A/UN7.F3.6.8.TL/DL/IX/2023

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN STRATEGI REDUKSI EMISI UDARA
KONVENSIONAL DENGAN PERHITUNGAN DAYA TAMPUNG
MENGUNAKAN METODE BOX MODEL DI KOTA MAGELANG**



Disusun Oleh:

Kasih Taqiya Ahsani 21080120130112

Tisa Zharifa Khairunnisa 21080120140100

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

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir yang berjudul:

PERENCANAAN STRATEGI REDUKSI EMISI UDARA KONVENSIONAL DENGAN PERHITUNGAN DAYA TAMPUNG MENGUNAKAN METODE BOX MODEL DI KOTA MAGELANG

Disusun Oleh:

Nama : Kasih Taqiya Ahsani

NIM : 21080120130112

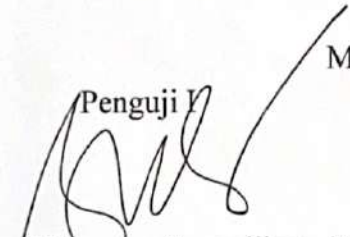
Telah disetujui dan disahkan pada:

Hari : Senin

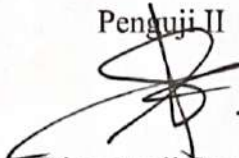
Tanggal : 13 Mei 2024

Menyetujui,

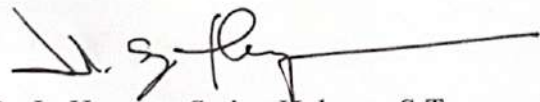
Penguji I


Dr. Ir. Budi Prasetyo Samadikun, S.T.,
M.Si., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 197805142005011001

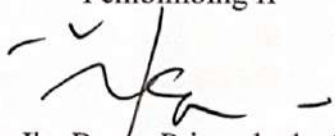
Penguji II


Dr. Eng. Bimastyaji Surya Ramadan,
S.T., M.T.
NIP. 199203242019031016


Pembimbing I


Dr. Ir. Haryono Setiyo Huboyo, S.T.,
M.T., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 197409302001121002

Pembimbing II


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

Mengetahui,
Ketua Departemen Teknik Lingkungan


Dr. Ing. Sudarno, S.T. M.Sc.
NIP. 197401311999031003



HALAMAN PENGESAHAN

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir yang berjudul:

**PERENCANAAN STRATEGI REDUKSI EMISI UDARA
KONVENSIONAL DENGAN PERHITUNGAN DAYA TAMPUNG
MENGUNAKAN METODE BOX MODEL DI KOTA MAGELANG**

Disusun Oleh:

Nama : Tisa Zharifa Khairunnisa

NIM : 21080120140100

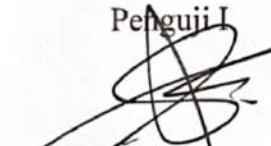
Telah disetujui dan disahkan pada:

Hari : Senin

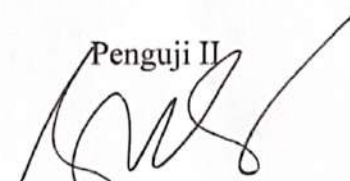
Tanggal : 13 Mei 2024

Menyetujui,


Penguji I


Dr. Eng. Bimastyaji Surya Ramadan,
S.T., M.T.
NIP. 199203242019031016


Penguji II


Dr. Ir. Budi Prasetyo Samadikun, S.T.,
M.Si., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 197805142005011001

Pembimbing I


Dr. Ir. Haryono Setiyo Huboyo, S.T.,
M.T., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 197409302001121002

Pembimbing II


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

Mengetahui,
Ketua Departemen Teknik Lingkungan


Dr. Ing. Sudarno, S.T., M.Sc.
NIP. 197401311999031003



ABSTRAK

Kota Magelang merupakan kota yang terletak di Provinsi Jawa Tengah. Kota Magelang adalah kota yang berkembang dan memiliki mobilitas yang tinggi. Kondisi ini dapat mempengaruhi kualitas udara ambien yang diakibatkan oleh pertumbuhan mobilitas tersebut. Pencemaran udara jika tidak dikendalikan dapat berdampak buruk bagi kesehatan manusia. Saat ini, belum terdapat kajian mengenai inventarisasi emisi udara konvensional sektor persampahan, sektor industri, dan daya tampung beban pencemar di Kota Magelang. Untuk melengkapinya, dilakukan inventarisasi sektor persampahan melalui pendekatan terhadap transportasi persampahan dan sektor industri. Kemudian peninjauan daya tampung beban pencemar di Kota Magelang menggunakan metode *box model*. Inventarisasi emisi udara konvensional yang dihasilkan oleh transportasi persampahan menggunakan metode pendekatan terhadap VKT (*Vehicle Kilometer Travelled*) untuk motor roda tiga dan dumptruck dengan total beban emisi udara konvensional parameter sulfur dioksida (SO₂) sebesar 0,124 ton/tahun, nitrogen oksida (NO_x) sebesar 2,75 ton/tahun, dan Total Suspended Particulate (TSP) sebesar 0,016 ton/tahun serta menggunakan pendekatan terhadap waktu kerja dan jenis bbm untuk kendaraan alat berat atau excavator dengan total beban emisi udara konvensional parameter nitrogen oksida (NO_x) sebesar 2976,68 ton/tahun pada tahun 2032. Inventarisasi emisi udara konvensional di sektor industri menggunakan metode IPPS (*Industrial Pollution Projection System*) didapatkan total beban emisi udara konvensional parameter sulfur dioksida (SO₂) sebesar 0,0308 ton/tahun, nitrogen oksida (NO_x) sebesar 0,0227 ton/tahun, dan Total Suspended Particulate (TSP) sebesar 0,3136 ton/tahun pada tahun 2032. Rencana reduksi emisi yang diupayakan yaitu pembuatan *vertical garden*, konversi energi, perencanaan perpindahan *pool* dan penggunaan catalytic converter pada kendaraan transportasi persampahan, dan pembuatan ruang terbuka hijau (RTH) di TPA Banyuurip.

Kata kunci: Kota Magelang, inventarisasi emisi, udara konvensional, *Box Model*, industri, transportasi persampahan, daya tampung, strategi reduksi

ABSTRACT

Magelang City is a city located in Central Java Province. Magelang City is a growing city with high mobility. This condition can affect the ambient air quality caused by the growth of mobility. Air pollution, if not controlled, can have adverse effects on human health. Currently, there is no study on the inventory of conventional air emissions from the waste sector, industrial sector, and pollutant load capacity in Magelang City. To complete it, an inventory of the waste sector is conducted through an approach to waste transportation and the industrial sector. Then a review of the pollutant load capacity in Magelang City using the box model method is conducted. The inventory of conventional air emissions generated by waste transportation uses the VKT (Vehicle Kilometer Traveled) approach for three-wheeled motorcycles and dump trucks with a total load of conventional air emissions of sulfur dioxide (SO₂) amounting to 0.124 tons/year, nitrogen oxides (NO_x) amounting to 2.75 tons/year, and Total Suspended Particulate (TSP) amounting to 0.016 tons/year. Then, using the approach to working hours and types of fuel for heavy equipment vehicles or excavators, the total load of conventional air emissions of nitrogen oxides (NO_x) is 2976.68 tons/year in 2032. The inventory of conventional air emissions in the industrial sector using the IPPS (Industrial Pollution Projection System) method obtained a total load of conventional air emissions of sulfur dioxide (SO₂) amounting to 0.0308 tons/year, nitrogen oxides (NO_x) amounting to 0.0227 tons/year, and Total Suspended Particulate (TSP) amounting to 0.3136 tons/year in 2032. The planned emission reduction efforts include the construction of vertical gardens, energy conversion, pool relocation planning, the use of catalytic converters on waste transportation vehicles, and the creation of green open spaces at the Banyuurip Landfill.

Keywords: Magelang City, emission inventory, conventional air, Box Model, industry, waste transportation, load capacity, reduction strategy.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Udara merupakan faktor yang penting dalam kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya (Darçın, 2014). Pada era modern ini, urbanisasi tidak hanya meningkatkan kualitas hidup manusia, namun juga menyebabkan permasalahan lingkungan. Salah satu permasalahan tersebut adalah pencemaran udara. Sejalan dengan berkembangnya pembangunan fisik kota dan pusat-pusat industri, serta berkembangnya transportasi, maka kualitas udara pun mengalami penurunan yang disebabkan oleh pencemaran udara (Lin & Zhu, 2018). Menurut *Environmental Protection Agency* (EPA), pencemaran udara diartikan dengan adanya kontaminan atau substansi polutan pada udara yang dapat mengganggu aktivitas manusia dan makhluk hidup lainnya atau dapat menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan. Pencemaran udara berfokus dengan kata “*acceptability*”. Berfokus terhadap apakah kualitas suatu udara dapat diterima atau tidak, sesuai dengan baku mutu yang ada (Vallero, 2014).

Kota Magelang merupakan salah satu kota yang berada di Provinsi Jawa Tengah dengan luas sebesar 18,54 km² dan jumlah penduduk telah mencapai 121.675 jiwa pada tahun 2022 dengan laju pertumbuhan sebesar 0,06% jika dibandingkan dengan jumlah penduduk pada tahun 2021 (BPS Kota Magelang, 2023). Pada tahun 2022, kepadatan penduduk mencapai 6.556 jiwa per km² dengan aktivitas yang dapat menyebabkan penurunan kualitas udara ambien. Pada 2021, Kota Magelang memperoleh peringkat terbaik ketiga dalam Penghargaan Pembangunan Daerah Tingkat Provinsi Jawa Tengah yang berarti bahwa Kota Magelang merupakan kota yang terus berkembang dan memiliki mobilitas yang tinggi. Kondisi ini dapat mempengaruhi kualitas udara ambien yang diakibatkan oleh pertumbuhan mobilitas tersebut. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan terhadap kualitas udara agar konsentrasi udara ambien tidak melampaui baku mutu.

Berdasarkan data dari IQAir pada tanggal 18 September 2023, Kota Magelang memiliki index kualitas udara sebesar 60 yaitu berarti termasuk kualitas

sedang. IQAir merupakan perusahaan teknologi kualitas udara dari Swiss yang menyediakan platform informasi kualitas udara secara real time. Parameter udara ambien yang dianalisis adalah PM_{2,5} dengan konsentrasi sebesar ini 16.4. $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (IQAir, 2023). Konsentrasi tersebut tergolong di bawah baku mutu udara ambien untuk PM_{2,5} yaitu sebesar 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sesuai dalam Lampiran VII Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Dalam analisis inventarisasi emisi udara konvensional, sudah terdapat kajian mengenai inventarisasi emisi udara sektor domestik dan sektor transportasi Kota Magelang. Pada 2023, konsentrasi emisi CO (70,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), HC (16,38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), NO_x (1,77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), PM₁₀ (304 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), SO₂ (81,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) TSP (15,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), dan PM_{2,5} (6,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Sedangkan, pada 2032 konsentrasi emisi CO (77,52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), HC (17,46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), NO_x (2,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), PM₁₀ (344 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), SO₂ (104 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) TSP (17,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) dan terakhir PM_{2,5} (7,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Putri & Zafirah (2023) menyatakan bahwa hasil inventarisasi emisi udara konvensional tahun perencanaan 2023 – 2032 pada sektor domestik dan sektor transportasi di Kota Magelang menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi setiap tahunnya.

Langkah awal dalam pengelolaan kualitas udara yaitu dengan dilakukannya inventarisasi emisi untuk membantu mengidentifikasi sumber emisi dan mencari solusi terbaik. Tujuan dari inventarisasi emisi adalah menilai kualitas udara dan mengevaluasi efektivitas strategi, kebijakan, dan program-program peningkatan kualitas udara, yang pada akhirnya akan membentuk dasar kebijakan peningkatan kualitas udara (Kementerian Lingkungan Hidup, 2013). Udara konvensional merupakan udara yang tercemar oleh polutan udara seperti gas beracun atau partikel berbahaya yang dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia seperti kendaraan bermotor, pembakaran, dan industri (Ghorani azam et al., 2016).

Selain melakukan inventarisasi emisi, diperlukan juga menghitung daya tampung beban pencemar Kota Magelang. Pada tugas akhir ini, penulis menggunakan metode Box model. Box model merupakan pemodelan konsentrasi polutan di suatu daerah yang diasumsikan sebagai kotak. Dimana dalam kotak

tersebut terjadi sebuah aktivitas yang menghasilkan gas emisi yang tersebar merata pada kotak. Pemodelan kualitas udara menggunakan formulasi matematis parameter-parameter yang mempengaruhi konsentrasi polutan di udara yaitu berupa arah dan kecepatan angin serta ketinggian (Huboyo & Samadikun, 2018).

Saat ini, belum terdapat kajian mengenai inventarisasi emisi udara konvensional sektor persampahan, sektor industri, dan daya tampung beban pencemar di Kota Magelang. Untuk melengkapinya, dilakukan inventarisasi sektor persampahan dan sektor industri yang berguna sebagai data dasar dalam peninjauan daya tampung beban pencemar di Kota Magelang.

Dikarenakan aktivitas pembakaran sampah di Kota Magelang sudah sangat minim dan Kota Magelang sudah memiliki tingkat pelayanan persampahan sebesar 98,32% pada 2023, maka sektor persampahan tidak dianalisis berdasarkan aktivitas pembakarannya melainkan melalui pendekatan terhadap transportasi persampahan yang digunakan untuk manajemen persampahan domestik. Setiap harinya, terdapat 30 – 50 armada transportasi persampahan yang datang ke TPA untuk memindahkan sampah. Selain itu, kegiatan operasional di TPA seperti lalu lintas truk dan pengoperasian alat pemadat, penutupan lapisan sampah, erosi angin, dan pembakaran gas TPA juga menjadi sumber dari pencemaran udara (Hroncová et al., 2020). TPA Kota Magelang berada di dalam wilayah Kabupaten Magelang yang dapat berarti emisi transportasi persampahan Kota Magelang dapat mencemari daerah sekitar khususnya Desa Plumbon, Kabupaten Magelang.

Kemudian ditinjau dari sektor industri, Kota Magelang sebagai kota jasa yang kurang berpotensi di bidang industri. Menurut BPS Kota Magelang (2023), pertumbuhan industri di kota ini telah menjadi bagian integral dalam menggerakkan roda perekonomian sejak beberapa tahun terakhir. Terdapat 26 perusahaan industri formal yang terdapat beberapa kelompok sentra industri. Jenis kelompok industri yang diusahakan di Kota Magelang meliputi industri getuk, industri konveksi, industri mainan anak, industri tahu/tempe, industri kerupuk iris, dan jenis industri roti/kue. Namun, pertumbuhan industri ini dapat meningkatkan polusi yang

dikeluarkan oleh industri, termasuk polusi udara yang dapat mengubah kualitas udara ambien dan bisa juga mengubah kualitas udara dalam ruangan (Gargava & Aggarwal, 1996). Bahan pencemar udara yang dapat dihasilkan oleh industri antara lain adalah partikel debu, gas sulfur oksida (SO_x), gas nitrogen oksida (NO_x), dan gas karbon monoksida (CO). Sehingga hal tersebut menjadi suatu kenyataan yang tidak dapat dihindari bahwa perkembangan kegiatan industri merupakan kawasan yang potensi pencemarannya sangat tinggi bagi kesehatan dan lingkungan.

Dalam Tugas Akhir ini, penulis akan membahas mengenai beban emisi udara di Kota Magelang yang dihasilkan dari transportasi persampahan dan sektor industri serta memperhitungkan besaran daya tampung emisi udara konvensional dari tiga sektor. Tiga sektor tersebut merupakan sektor domestik, transportasi, dan industri. Inventarisasi emisi akan berfokus kepada emisi udara konvensional, yaitu SO_2 , NO_x , dan TSP. Inventarisasi emisi yang didapat akan dianalisis menggunakan metode Box Model yang nantinya akan menghasilkan perhitungan daya tampung dan membantu perancangan strategi reduksi.

1.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Timbulnya pencemaran udara diakibatkan dari meningkatnya kepadatan penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan mobilitas penduduk.
2. Pencemaran udara mengakibatkan dampak negatif pada kesehatan dan menurunnya kualitas udara dimana Kota Magelang merupakan kota yang berpotensi mengalami penurunan kualitas udara akibat pencemaran udara di sektor transportasi, sektor domestik, dan sektor industri.
3. Pencemaran udara yang diakibatkan oleh transportasi persampahan saat proses pengumpulan, pengangkutan, dan kegiatan operasional di TPA Banyuurip yang berpotensi tidak hanya di Kota Magelang melainkan di Kabupaten Magelang khususnya Desa Plumbon Kabupaten Magelang.
4. Upaya reduksi pencemaran udara perkotaan dapat dilakukan dengan mengidentifikasi sumber emisi secara tepat menggunakan pemodelan kualitas udara.

1.3 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dikaji dalam tugas akhir ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi eksisting emisi udara konvensional sektor industri di Kota Magelang?
2. Bagaimana inventarisasi emisi udara di sektor industri di Kota Magelang?
3. Bagaimana kondisi eksisting emisi udara konvensional yang dihasilkan oleh transportasi persampahan dalam kegiatan manajemen persampahan Kota Magelang?
4. Bagaimana inventarisasi emisi udara konvensional yang dihasilkan oleh transportasi persampahan dalam kegiatan manajemen persampahan Kota Magelang?
5. Bagaimana hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran udara konvensional sektor transportasi, domestik, dan industri Kota Magelang menggunakan metode *box model*?
6. Bagaimana rencana reduksi emisi udara di Kota Magelang berdasarkan hasil inventarisasi?

1.4 Rumusan Tujuan

Rumusan tujuan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung potensi eksisting pencemar udara konvensional sektor industri dan transportasi persampahan di Kota Magelang.
2. Menganalisa inventarisasi emisi udara konvensional sektor industri dan sektor transportasi persampahan dalam kegiatan manajemen persampahan di Kota Magelang.
3. Mengintegrasikan emisi udara konvensional sektor transportasi, domestik, dan industri Kota Magelang serta menghitung daya tampung beban pencemaran udara konvensional dengan menggunakan metode *box model*.
4. Menyusun rencana reduksi pencemaran udara di Kota Magelang.

1.5 Pembatasan Masalah

Masalah dalam Tugas Akhir ini dibatasi sebagai berikut:

1. Ruang lingkup studi dalam Tugas Akhir ini adalah sektor transportasi, sektor domestik, sektor industri, dan transportasi persampahan Kota Magelang.
2. Emisi polutan konvensional yang dianalisis adalah SO₂, NO_x, dan TSP.
3. Sumber emisi yang akan diinventarisasi pada sektor transportasi adalah transportasi *on-road* berupa motor, mobil, bus, dan truk dengan perhitungan menggunakan metode VKT (*vehicle kilometre travelled*).
4. Sumber emisi yang akan diinventarisasikan pada sektor domestik adalah pembakaran bahan bakar (LPG).
5. Sumber emisi yang akan diinventarisasikan pada sektor industri yang berpotensi menghasilkan emisi dan merupakan industri yang berdiri dan/atau akan berdiri sesuai periode inventarisasi emisi yang direncanakan dengan metode IPPS.
6. Sumber emisi yang akan diinventarisasikan pada transportasi persampahan adalah transportasi berupa *dump truck* dengan perhitungan menggunakan metode VKT (*vehicle kilometre travelled*) serta alat berat yang bekerja di TPA.
7. Strategi reduksi emisi konvensional di Kota Magelang akan disusun untuk jangka waktu 10 tahun (2023 – 2032).

1.6 Rumusan Manfaat

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis:
 - 1) Memberikan pemahaman terkait inventarisasi emisi udara konvensional sektor transportasi, sektor domestik, dan sektor industri sebagai basis data untuk merencanakan strategi pengendalian pencemaran.
 - 2) Memberikan pemahaman terkait inventarisasi emisi udara konvensional transportasi persampahan pada kegiatan manajemen persampahan.
 - 3) Memberikan gambaran terkait strategi reduksi emisi udara perkotaan sesuai PP No. 22 Tahun 2021.
 - 4) Memberikan ilmu dan wawasan bagi penulis mengenai metode-metode yang digunakan dalam tugas akhir.
2. Bagi Pemerintah Daerah Kota Magelang:

- 1) Membantu pemerintah daerah dalam upaya inventarisasi emisi udara konvensional sektor transportasi, sektor domestik, sektor industri, dan transportasi persampahan.
 - 2) Menjadi masukan serta pertimbangan pemerintah daerah dalam menetapkan kebijakan terkait reduksi emisi udara konvensional sektor transportasi, sektor domestik, sektor industri, dan transportasi persampahan.
3. Bagi masyarakat:
- 1) Memberi wawasan serta informasi terkait kondisi kualitas udara Kota Magelang kepada masyarakat.
 - 2) Memberi wawasan dan informasi terkait upaya reduksi emisi udara konvensional kepada masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, J., & Hasibuan Artauli, F. (2019). Pengaruh Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Untuk Menambah Pemahaman Masyarakat Awam Tentang Bahaya Dari Polusi Udara. *Prosiding SNFUR-4*, 2(2), 978–979.
- Amalia, R. D. (2017). *Strategi Pengendalian Pencemaran Gas Co Dari Aktivitas Transportasi Di Kota Batu, Jawa Timur*.
- Argarini, D. F., Rochsun, R., Sunuyeko, N., & Litik, B. S. Y. (2023). Pelatihan Pembuatan Pupuk Kompos Dari Daun Kering. *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat*, 1(01), 14–21.
https://doi.org/10.33503/prosiding_pengabmas.v1i01.3567
- Astuti, W., & Kusumawardani, Y. (2018). Analisis Pencemaran Udara Dengan Box Model (Daya Tampung Beban Pencemar Udara) Studi Kasus Di Kota Tangerang. *Neo Teknika*, 3(1), 21–28.
<https://doi.org/10.37760/neoteknika.v3i1.1048>
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Hidup DKI Jakarta. (2009). *Inventarisasi Emisi Pencemar Udara di Provinsi DKI Jakarta*.
- BPS Kota Magelang. (2023). *Kota Magelang Dalam Angka 2022*. Badan Pusat Statistik.
- Chang, C.-C., Chen, Y.-H., Chang, W.-R., Wu, C.-H., Chen, Y.-H., Chang, C.-Y., Yuan, M.-H., Shie, J.-L., Li, Y.-S., Chiang, S.-W., Yang, T.-Y., Lin, F.-C., Ko, C.-H., Liu, B.-L., Liu, K.-W., & Wang, S.-G. (2019). The emissions from co-firing of biomass and torrefied biomass with coal in a chain-grate steam boiler. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 69(12), 1467–1478. <https://doi.org/10.1080/10962247.2019.1668871>
- Cheremisinoff, N. P. (2016). *AP-42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:133482340>
- Darçın, M. (2014). Association between air quality and quality of life. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(3), 1954–1959.

<https://doi.org/10.1007/s11356-013-2101-3>

- Demirbaş, A. (2001). Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals. *Energy Conversion and Management*, 42(11), 1357–1378. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(00\)00137-0](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(00)00137-0)
- Dinas Lingkungan Hidup. (2020). *Laporan Inventarisasi Emisi Pencemar Udara DKI Jakarta Tahun 2020*. 1–72.
- Dinas Lingkungan Hidup Kota Magelang. (2023). *Laporan Kegiatan Pemantauan Kualitas Udara Kota Magelang*.
- Environmental Protection Agency. (1968). *Air Pollutant Emission Factors*.
- Fan, W., Jiang, W., Chen, J., Yang, F., Qian, J., & Ye, H. (2023). Exhaust emission inventory of typical construction machinery and its contribution to atmospheric pollutants in Chengdu, China. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 125(x), 761–773. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.02.018>
- Gargava, P., & Aggarwal, A. L. (1996). Industrial emissions in a coastal region of India: Prediction of impact on air environment. *Environment International*, 22(3), 361–367. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0160-4120\(96\)00022-0](https://doi.org/10.1016/0160-4120(96)00022-0)
- Ghorani azam, A., Riahi-Zanjani, B., & Balali-Mood, M. (2016). Effects of air pollution on human health and practical measures for prevention in Iran. *Journal of Research in Medical Sciences*, 21. <https://doi.org/10.4103/1735-1995.189646>
- Godish, T. (2003). *Air Quality. 4th Edition*. Lewis Publishers.
- Hamra, G. B., Laden, F., Cohen, A. J., Raaschou-Nielsen, O., Brauer, M., & Loomis, D. (2015). Lung cancer and exposure to nitrogen dioxide and traffic: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Health Perspectives*, 123(11), 1107–1112. <https://doi.org/10.1289/ehp.1408882>

- Hassan, A. A., & Crowther, J. (1998). Modelling of Fluid Flow and Pollutant Dispersion in a Street Canyon. *Environmental Monitoring and Assessment*, 52, 281–297. <https://doi.org/10.1023/A:1005928630000>
- Hroncová, E., Ladomerský, J., & Ladomerská, D. (2020). *Landfill air pollution by ultrafine and microparticles in case of dry and windless weather conditions*. 10, 139–146. <https://doi.org/10.31025/2611-4135/2020.13913>
- Huboyo, H. S., & Samadikun, B. P. (2018). Aplikasi Box Model Sederhana Untuk Estimasi Konsentrasi Polutan Black Carbon Di Atmosfer. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(2), 148. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v15i2.148-151>
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2013). Pedoman Teknis Penyusunan Inventarisasi Emisi Pencemar Udara di Perkotaan. *Pedoman Teknis Penyusunan Inventarisasi Emisi Pencemar Udara Di Perkotaan*.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). *Rencana Strategis Tahun 2020-2024 Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran Dan Kerusakan Lingkungan*. 1–120.
- KLHK. (2015). Juknis Penanaman Spesies Pohon Penyerap Polutan Udara. 2015, 1–128.
- Laloan, Y. R. Y., Prijadi, R., & Moniaga, I. L. (2015). Apartemen Di Manado “Penerapan Konsep Vertical Garden.” *Daseng: Jurnal Arsitektur*, 4(2), 10–18.
- Lin, B., & Zhu, J. (2018). Changes in urban air quality during urbanization in China. *Journal of Cleaner Production*, 188, 312–321. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.293>
- McKendry, P. (2002). Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource Technology*, 83(1), 37–46. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00118-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00118-3)

- Medl, A., Stangl, R., & Florineth, F. (2017). Vertical greening systems – A review on recent technologies and research advancement. *Building and Environment*, 125, 227–239.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.08.054>
- Milton, B. E. (1998). *Chapter 8 - Control Technologies in Spark-Ignition Engines* (E. B. T.-H. of A. P. F. I. C. E. Sher (ed.); pp. 189–258). Academic Press.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-012639855-7/50047-8>
- Moon, C., Sung, Y., Ahn, S., Kim, T., Choi, G., & Kim, D. (2013). Effect of blending ratio on combustion performance in blends of biomass and coals of different ranks. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 47, 232–240.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2013.01.019>
- Morin, S., Savarino, J., Frey, M., Yan, N., Bekki, S., Bottenheim, J., & Martins, J. (2008). Tracing the Origin and Fate of NO_x in the Arctic Atmosphere Using Stable Isotopes in Nitrate. *Science (New York, N.Y.)*, 322, 730–732.
<https://doi.org/10.1126/science.1161910>
- Oketola, A., & Osibanjo, O. (2009). Industrial pollution load assessment by industrial pollution projection system (IPPS). *Toxicological & Environmental Chemistry*, 91, 989–997.
<https://doi.org/10.1080/02772240802614564>
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pedoman Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Sekretariat Negara Republik Indonesia*, 1(078487A), 483.
<http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/>
- Peraturan Daerah (PERDA) Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2007 tentang Pengendalian Lingkungan Hidup di Provinsi Jawa Tengah.* (2007).
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah.* (n.d.).
- Pinto, D. M., Blande, J. D., Souza, S. R., Nerg, A.-M., & Holopainen, J. K.

- (2010). Plant Volatile Organic Compounds (VOCs) in Ozone (O₃) Polluted Atmospheres: The Ecological Effects. *Journal of Chemical Ecology*, 36(1), 22–34. <https://doi.org/10.1007/s10886-009-9732-3>
- Putri, A. R., & Zafirah, T. (2023). *Strategi Reduksi Emisi Udara Konvensional Sektor Transportasi Dan Domestik Di Kota Magelang Berdasarkan Pemodelan Aermod*.
<https://eprints2.undip.ac.id/id/eprint/12325/%0Ahttps://eprints2.undip.ac.id/id/eprint/12325/1/Repository.pdf>
- Qu, G., Li, B., & Wei, Y. (2023). A novel approach for the recovery and cyclic utilization of valuable metals by co-smelting spent lithium-ion batteries with copper slag. *Chemical Engineering Journal*, 451, 138897.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.138897>
- Ren, X., Sun, R., Meng, X., Vorobiev, N., Schiemann, M., & Levendis, Y. (2017). Carbon, sulfur and nitrogen oxide emissions from combustion of pulverized raw and torrefied biomass. *Fuel*, 188.
<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.10.017>
- Satuan Pengawasan Ketenagakerjaan Wilayah Kota Magelang. (2023). *Jumlah Tenaga Kerja Sektor Industri Tahun 2022*.
- Siregar, M., Siregar, C., Muharnif, Alfansury Siregar, M., & Maulana, I. (2019). Application of catalytic converter copper catalyst with honeycomb surfaces to reduce emissions of flue gas in motorcycles. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 674, 12060.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/674/1/012060>
- Sugiyanto. (2013). *100 Ide Aplikasi Vertical Garden Outdoor & Indoor*. Gramedia.
- Tiarani, V. L., Sutrisno, E., & Huboyo, H. (2016). Kajian Beban Emisi Pencemar Udara (TSP, NO_x, SO₂, HC, CO) dan Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄, N₂O) Sektor Transportasi Darat Kota Yogyakarta dengan Metode Tier 1 dan Tier

2. *Jurnal Teknik Lingkungan*.

Vallero, D. (2014). *Fundamentals of Air Pollution (Fifth Edition)*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-401733-7.05001-5.%0A>

Vembathu Rajesh, A., Mathalai Sundaram, C., Sivaganesan, V., Nagarajan, B., & Harikishore, S. (2020). Emission reduction techniques in CI engine with catalytic converter. *Materials Today: Proceedings*, 21, 98–103. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.05.369>

Wardoyo, A. Y. P., Maryanto, S., & Press, U. B. (2016). *Emisi Partikulat Kendaraan Bermotor dan Dampak Kesehatan*. Universitas Brawijaya Press. <https://books.google.co.id/books?id=OUpNDwAAQBAJ>

Winther, M., & Dore, C. (2023). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023*. vi–vii. <https://doi.org/10.1016/b978-159749152-5/50001-2>

World Bank. (1999). The Industrial Pollution Projection System. In *Policy Research Working Papers*. The World Bank. <https://doi.org/doi:10.1596/1813-9450-1431>