

Nomor Urut : 092 A/UN7.F3.6.8.TL/DL/IX/2025

: 093 A/UN7.F3.6.8.TL/DL/IX/2025

Laporan Tugas Akhir

**PERENCANAAN PENGENDALIAN EMISI DEBU
PADA AREA *PROCESSING PLANT* DAN *OPEN-PIT* DI
PERTAMBANGAN BATUBARA PT X, KALIMANTAN
TIMUR**



Disusun Oleh :

Sri Adika Rasmayani

21080122140107

Fathya Zahra Mutmainah Hambali

21080122140111

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

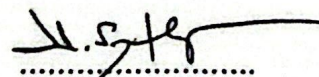
Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Sri Adika Rasmayani
 NIM : 21080122140107
 Jurusan/Departemen : Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip
 Judul Skripsi : Perencanaan Pengendalian Emisi Debu Pada Area Processing Plant dan Open Pit Pertambangan Batubara PT X di Kalimantan Timur

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:

Ir. Pertiwi Andarani, S.T., M.T., M.Eng., Ph.D., IPM
 198704202014012001



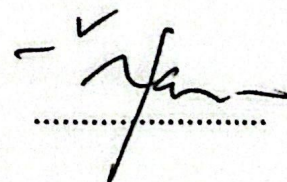
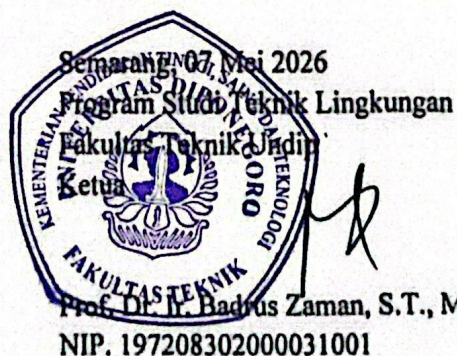
Ketua Penguji:

Dr.Eng. Ir. Bimastyaji Surya Ramadan, S.T., M.T., IPM
 199203242019031016



Anggota Penguji:

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

HALAMAN PENGESAHAN

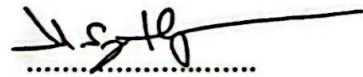
Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : Fathya Zahra Mutmainah Hambali
NIM : 21080122140111
Jurusan/Departemen : Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip
Judul Skripsi : Perencanaan Pengendalian Emisi Debu Pada Area Processing Plant dan Open Pit Pertambangan Batubara PT X di Kalimantan Timur

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:
Ir. Pertiwi Andarani, S.T., M.T., M.Eng., Ph.D., IPM
198704202014012001



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:
Dr.Eng. Ir. Bimastyaji Surya Ramadan, S.T., M.T., IPM
199203242019031016



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah karya penulis sendiri dan sumber baik yang dikutip maupun yang di rujuk telah dinyatakan benar:

Nama : Sri Adika Rasmayani (21080122140107)

Tanggal : 21 Mei 2026

Semarang, 21 Mei 2026



Sri Adika Rasmayani

HALAMAN PERNYATAAN OROSINALITAS

Tugas Akhir ini adalah karya penulis sendiri dan sumber baik yang dikutip maupun yang di rujuk telah dinyatakan benar:

Nama : Fathya Zahra Mutmainah Hambali (21080122140111)

Tanggal : 21 Mei 2026

Semarang, 21 Mei 2026



Fathya Zahra Mutmainah Hambali

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Diponegoro , saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sri Adika Rasmayani
NIM : 21080122140107
Tanggal : 21 Mei 2026

Jurusan/Departemen : Teknik Lingkungan/S1 Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi/Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak Bebas Royalti Non Ekklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya berjudul : Perencanaan Pengendalian Emisi Debu Pada Area *Processing Plant* Dan *Open-Pit* Di Pertambangan Batubara PT X, Kalimantan Timur. Dengan Hak Bebas Royalti Non-ekklusif ini, Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Diterbitkan di : Kota Semarang

Pada Tanggal : 21 Mei 2026

Yang Menyatakan,



Sri Adika Rasmayani

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Diponegoro , saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fathya Zahra Mutmainah Hambali
NIM : 21080122140111
Tanggal : 21 Mei 2026

Jurusan/Departmen : Teknik Lingkungan/S1 Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi/Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak Bebas Royalti Non Ekklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya berjudul : Perencanaan Pengendalian Emisi Debu Pada Area *Processing Plant* Dan *Open-Pit* Di Pertambangan Batubara PT X, Kalimantan Timur. Dengan Hak Bebas Royalti Non-ekklusif ini, Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.
Diterbitkan di : Kota Semarang
Pada Tanggal : 21 Mei 2026

Yang Menyatakan,



Fathya Zahra Mutmainah Hambali

ABSTRAK

Batubara merupakan sumber energi utama di Indonesia dengan produksi mencapai 775,2 juta ton pada tahun 2023 atau sekitar 8,5 % dari produksi global. Tingginya kapasitas produksi batubara juga berpotensi dalam menurunkan kualitas lingkungan seperti peningkatan emisi debu yang signifikan. PT X Kalimantan Timur memiliki luas konsensi 78.004 hektar dengan 4 area tambang utama yang memiliki sumber daya batubara mencapai 3,341 juta ton dengan cadangan sekitar 404,1 juta ton. Penelitian ini bertujuan untuk ; (a) mengetahui kondisi eksisting terkait kualitas udara ambien di sekitar PT X, (b) menghitung inventarisasi emisi debu fugitif dari kegiatan operasional, (c) menganalisis sebaran debu dengan model dispersi untuk melakukan evaluasi perkiraan konsentrasi emisi debu fugitif, (d) Merencanakan upaya mitigasi pengendalian untuk mencegah dampak lingkungan dan risiko bahaya K3, (e) menyusun Rencana Anggaran Biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan pengendalian. Pada studi ini difokuskan pada dua area tambang yaitu Site A di Coal Processing Plant dan Site B di Open-Pit. Sumber emisi utama di Site A berasal dari erosi angin, conveyor, crusher, aktivitas hauling dan kendaraan alat-alat berat sedangkan di Site B berasal dari erosi angin, kegiatan peledakan, aktivitas alat-alat berat dan aktivitas hauling. Hasil inventarisasi menunjuk bahwa pengendalian secara eksisting dan tidak dilakukan pengendalian terdapat faktor emisi di Site A aktivitas ROM 1, ROM 3, dan aktivitas *hauling* menghasilkan faktor emisi $4,5 \times 10^{-7}$ g/s/m², $4,5 \times 10^{-7}$ g/s/m², dan $1,5 \times 10^{-3}$ g/s/m², sementara untuk faktor emisi site B sebesar $2,28 \times 10^{-3}$ g/s/m². Pengendalian secara eksisting belum secara optimal, sehingga dilakukan perencanaan pengendalian untuk menurunkan debu secara signifikan dengan pada site A terjadi di ROM 1 dan 3 yang menggunakan water sprinkler dengan efektivitas 50% dan penambahan *chemical* pada *water truck* dengan efektivitas 70% , sementara site B menggunakan pergantian *chemical* pada *water truck* dengan efektivitas 89%. Nilai faktor emisi setelah pengendalian menunjukkan penurunan untuk site A berkisar $2,2 \times 10^{-7}$ g/s/m² untuk ROM 1 dan 3, serta untuk hauling berkisar $1,65 \times 10^{-4}$ g/s/m². Sedangkan untuk Site B nilai faktor emisi setelah pengendalian menunjukkan penurunan sekitar $2,51 \times 10^{-4}$ g/s/m². Dengan demikian, kombinasi penyiraman air dan *chemical dust supressant* efektif menurunkan emisi, meningkatkan kualitas udara, meminimalkan risiko K3 dengan total biaya implementasi sekitar Rp. 782.764.784.

Kata kunci : batubara, emisi debu, *open pit*, *coal processing plant*, *dust supression*

ABSTRACT

Coal is a primary energy source in Indonesia, with production reaching 775.2 million tons in 2023, accounting for approximately 8.5% of global production. The high level of coal production activities has the potential to degrade environmental quality, particularly through significant increases in dust emissions. PT X in East Kalimantan covers a concession area of 78,004 hectares with four main mining areas, possessing coal resources of approximately 3.341 million tons and reserves of about 404.1 million tons. This study aims to: (a) assess the existing ambient air quality conditions around PT X; (b) quantify the inventory of fugitive dust emissions (TSP) from operational activities; (c) analyze dust dispersion using a dispersion model to estimate fugitive dust concentrations; (d) develop mitigation measures to reduce environmental impacts and occupational health and safety (OHS) risks; and (e) prepare a cost estimate (budget plan) for dust control implementation. The study focuses on two mining areas: Site A (Coal Processing Plant) and Site B (Open Pit). Major emission sources at Site A include wind erosion, conveyors, crushers, hauling activities, and heavy equipment operations, while at Site B they include wind erosion, blasting, heavy equipment activities, and hauling. The results indicate that under existing conditions without optimal control, emission factors at Site A for ROM 1, ROM 3, and hauling activities are 4.5×10^{-7} g/s/m², 4.5×10^{-7} g/s/m², and 1.5×10^{-3} g/s/m², respectively, while Site B has an emission factor of 2.28×10^{-3} g/s/m². Improved control measures were then planned, including the use of water sprinklers (50% effectiveness) and chemical dust suppressants applied via water trucks (70–89% effectiveness). After implementation, emission factors at Site A decreased to 2.2×10^{-7} g/s/m² for ROM areas and 1.65×10^{-4} g/s/m² for hauling activities, while at Site B they decreased to 2.51×10^{-4} g/s/m². Thus, the combination of water spraying and chemical dust suppressants is effective in reducing dust emissions, improving air quality, and minimizing OHS risks, with an estimated total implementation cost of IDR 782,764,784.

Keywords: coal, dust emissions, open pit, coal processing plant, dust suppression

DAFTAR SINGKATAN DAN AKRONIM

AERMOD	: <i>Environmental Protection Agency Regulatory Model</i>
AQMS	: <i>Air Quality Monitoring System</i>
A2B	: Alat-alat Berat
Barging	: Kegiatan pengangkutan material tambang menggunakan tongkang melalui jalur perairan menuju lokasi tujuan
CPP	: <i>Coal Processing Plant</i>
CV	: Conveyor
Disposal	: Tempat pembuangan material sisa pertambangan
DT	: <i>Dump Truck</i>
FPM	: <i>Fixed Plant Maintenance</i>
Hauler	: Kendaraan pengangkut material
OB	: Material <i>overburden</i> atau batuan sedimen
PBL	: <i>Planetary Boundary Layer</i>
RC	: Istilah inventarisasi ROM pada perusahaan
Rehandling	: Kegiatan pemindahan kembali material
ROM	: <i>Run of Mine</i>
Short-term	: Perencanaan operasional tambang jangka pendek
Spontaneous combustion	: Peristiwa batubara terbakar secara alami tanpa sumber api eksternal
Transshipment	: Proses pemindahan barang dari satu moda ke moda lain
US-EPA	: <i>United States Environmental Protection Agency</i>
VKT	: Jarak tempuh kendaraan (dalam kilometer)
VMT	: Jarak tempuh kendaraan (dalam mil)
WT	: <i>Water Truck</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batubara merupakan salah satu bahan bakar fosil berupa batuan sedimen yang memiliki nilai kalor tinggi dan mudah terbakar (Anshariah, 2016). Saat ini, batubara masih menjadi salah satu sumber energi utama di Indonesia. Pada tahun 2023, Indonesia menempati peringkat ketiga sebagai produsen batubara terbesar di dunia setelah Tiongkok dan India, dengan total produksi sebesar 775,2 juta ton atau sekitar 8,5% dari produksi global (Energy Institute, 2024). Meskipun memiliki peran penting dalam mendukung penyediaan energi nasional, kegiatan pertambangan batubara berpotensi menimbulkan berbagai dampak lingkungan. Dampak tersebut meliputi perubahan bentang alam dan topografi lahan, penurunan tingkat kesuburan tanah akibat kerusakan sifat fisik dan kimia, serta munculnya ancaman serius terhadap keanekaragaman hayati akibat hilangnya habitat satwa liar (Refliaty & Endriani, 2018; Samsudin et al., 2023; Sobirin et al., 2024). Selain itu, aktivitas tersebut juga memicu penurunan kualitas perairan melalui kontaminasi air serta penurunan kualitas udara akibat polusi debu yang dihasilkan selama proses eksploitasi dan pengangkutan (Jimmy & Merang, 2020; Purwanto, 2015).

PT X merupakan salah satu perusahaan pertambangan batubara yang beroperasi di Provinsi Kalimantan Timur. Perusahaan ini memiliki luas konsesi sekitar 78.004 hektare. Sumber daya batubara yang dimiliki mencapai 3,341 juta ton, dengan cadangan sekitar 404,1 juta ton. Dalam menjalankan kegiatan operasionalnya, perusahaan berkomitmen untuk mengelola sumber daya alam secara berkelanjutan melalui penerapan standar operasional yang mengutamakan keselamatan kerja, perlindungan lingkungan, dan kesejahteraan masyarakat sekitar (Annual Report, 2024).

Kegiatan operasional pertambangan batubara di PT X berlangsung pada empat wilayah operasional tambang utama. Setiap wilayah memiliki karakteristik kegiatan dan potensi sumber emisi debu yang berbeda, bergantung pada jenis aktivitas, intensitas operasional, serta kondisi fisik area tambang. Area dengan

aktivitas mekanis yang tinggi, seperti penambangan terbuka, pengangkutan, pengolahan, pemindahan, dan penimbunan batubara, menjadi bagian penting untuk dikaji karena berpotensi menghasilkan emisi partikulat ke udara. Berdasarkan karakteristik tersebut, Site A dan Site B merupakan wilayah yang strategis untuk menggambarkan kondisi emisi di wilayah perusahaan X. Dimana, kedua area tersebut mencakup kegiatan penambangan dengan metode *open-pit*, serta proses pengolahan dan penanganan batubara dari *run of mine* (ROM), *crusher unit*, *transfer conveyor*, hingga penyimpanan pada *stockpile* sebagai produk akhir yang dapat diperdagangkan.

Menurut Sinclair Knight Merz (2005), kontribusi sumber emisi debu antara aktivitas penambangan dan pengolahan menunjukkan variasi yang cukup besar. Emisi didominasi oleh aktivitas *material handling/processing* dengan kisaran sekitar 50–90%, diikuti oleh *wheel generated dust* sebesar 15–40% yang berasal dari pergerakan alat berat. Selain itu, *wind erosion* juga memberikan kontribusi signifikan dengan rentang yang cukup lebar, yaitu sekitar 10–85%, terutama pada area terbuka yang dipengaruhi oleh kondisi angin dan permukaan lahan. Sementara itu, kontribusi dari *drilling* dan *blasting* relatif kecil yaitu 1-15%. Variasi rentang kontribusi ini menunjukkan bahwa sumber emisi debu tidak bersifat seragam, melainkan sangat dipengaruhi oleh jenis aktivitas dan kondisi lingkungan di setiap area operasional, sehingga diperlukan pendekatan pengendalian yang spesifik dan terintegrasi sesuai karakteristik sumber emisi.

Dalam upaya pengendalian pencemaran debu, perusahaan telah menerapkan berbagai langkah mitigasi untuk menjaga kualitas udara di sekitar area operasional agar tetap berada dalam batas aman. Upaya tersebut meliputi penyiraman rutin pada jalan tambang dan area *stockpile*, revegetasi pada lahan pascatambang, serta pemasangan alat penyiraman air otomatis di beberapa lokasi strategis. Selain itu, pemantauan kualitas udara ambien juga dilakukan secara berkala untuk memastikan konsentrasi pencemar tidak melebihi baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan. Upaya tersebut merupakan bagian dari komitmen perusahaan dalam mendukung pengelolaan lingkungan yang bertanggung jawab dan berkelanjutan (Annual Report, 2024).

Berdasarkan penelitian Zhang et al. (2020), sekitar 70% partikel debu di area dekat lantai tambang batubara memiliki ukuran lebih dari 15,3 μm akibat proses pengendapan partikel berukuran besar. Oleh karena itu, parameter TSP dipilih dalam penelitian ini karena area operasional berada sangat dekat dengan reseptor sensitif. Pada Site A dan Site B, jarak antara aktivitas tambang dengan permukiman warga berkisar antara 15–300 meter. Selain itu, semakin besar ukuran partikel maka semakin cepat debu jatuh (*settling velocity*) sehingga jarak transportasi partikulat semakin pendek yang menandai konsentrasi TSP lebih tinggi pada area yang dekat dengan sumber emisi dan akan menurun secara signifikan seiring bertambahnya jarak akibat proses sedimentasi gravitasi (Assefa et al., 2025).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pengendalian emisi debu pada aktivitas pertambangan dan penanganan batubara dapat dilakukan melalui penyiraman air secara berkala pada jalur transportasi untuk meminimalisir suspensi partikel (Wang et al., 2024; xia et al., 2023). Penggunaan *dust suppressant* berbahan kimia (seperti senyawa polimer atau agen pembasah) juga terbukti efektif meningkatkan koagulasi debu dan menahan kelembapan permukaan lebih lama dibandingkan air biasa (Shen et al., 2023; xia et al., 2023; Zhao et al., 2021). Selain itu, pemasangan *windbreak* atau panel penahan angin serta penghijauan di sekitar area operasional dapat mengurangi kecepatan angin yang membawa debu keluar dari lokasi tambang (Kung et al., 2023; Zongliang, 2010). Namun, efektivitas setiap metode pengendalian tersebut sangat dipengaruhi oleh karakteristik sumber emisi, intensitas kegiatan, kondisi meteorologi seperti kecepatan angin dan penguapan, serta konfigurasi area operasional.

Oleh karena itu, strategi pengendalian emisi debu perlu disusun secara lebih efektif dan terintegrasi, khususnya pada area *coal yard* dan *open-pit* yang memiliki aktivitas intensif berupa penimbunan, penambangan, pemindahan, dan pengangkutan batubara. Aktivitas tersebut berpotensi meningkatkan konsentrasi partikulat tersuspensi di udara dan memungkinkan penyebarannya hingga ke luar area tambang, sehingga dapat berdampak pada kualitas udara ambien, kenyamanan masyarakat sekitar, keseimbangan lingkungan, serta risiko keselamatan dan kesehatan kerja. Sehingga kajian ini perlu dilakukan dengan evaluasi pengendalian

emisi debu yang tidak hanya didasarkan pada pemantauan kualitas udara ambien, tetapi juga mengintegrasikan inventarisasi emisi, pemodelan dispersi, karakteristik sumber emisi, dan alternatif pengendalian yang sesuai dengan kondisi operasional aktual. Pendekatan ini diharapkan dapat menghasilkan rekomendasi pengendalian debu yang lebih terukur, aplikatif, dan sejalan dengan prinsip pertambangan berkelanjutan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang didapatkan identifikasi masalah yang digunakan sebagai acuan perencanaan yaitu:

1. Adanya emisi debu fugitif yang dihasilkan dari proses pengelolaan batubara yang meliputi penambangan, transportasi dan penyimpanan yang berpotensi menurunkan udara ambien serta menimbulkan gangguan kesehatan dan keselamatan kerja bagi pekerja dan masyarakat sekitar.
2. Pengendalian mitigasi belum dilakukan secara maksimal dalam mengurangi/mencegah dampak lingkungan dan sosial dari emisi debu fugitif batubara.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, masalah-masalah pada perencanaan ini diuraikan menjadi beberapa pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi eksisting kualitas udara ambien di sekitar PT X?
2. Berapa inventarisasi emisi debu fugitif dari partikulat TSP yang dihasilkan dari kegiatan operasional di PT X?
3. Bagaimana sebaran emisi debu fugitif dengan “model dispersi” untuk mengevaluasi perkiraan konsentrasi emisi debu di PT X?
4. Bagaimana bentuk mitigasi pengendalian yang efektif untuk mencegah dampak lingkungan, sosial dan K3 akibat emisi debu fugitif batubara?
5. Berapa Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk perencanaan pengendalian emisi debu fugitif di *coal processing plant* dan *open pit* PT X?

1.4 Rumusan Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan dilakukannya perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi eksisting kualitas udara ambien di sekitar PT X.
2. Menghitung inventarisasi emisi debu fugitif dari partikulat TSP yang dihasilkan dari kegiatan operasional di PT X.
3. Menganalisis sebaran debu dengan “model dispersi” untuk mengevaluasi perkiraan konsentrasi emisi debu fugitif di PT X.
4. Merencanakan bentuk mitigasi pengendalian untuk mencegah dampak lingkungan sosial dan risiko K3 dari emisi debu fugitif batubara.
5. Menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk perencanaan pengendalian emisi debu fugitif di *coal processing plant* dan *open-pit* PT X.

1.5 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah bertujuan untuk mengarahkan perencanaan agar berfokus pada tujuan tertentu. Pada perencanaan ini terdapat cakupan yang sangat luas untuk dipertimbangkan dan diperhatikan. Sehingga perencanaan ini perlu adanya pembatasan masalah yang terdiri dari:

1. Wilayah perencanaan yang dipilih adalah PT X Site A dan Site B.
2. Data yang digunakan berupa data sekunder maupun data primer yang bersumber dari PT X, serta pengukuran.
3. Parameter yang diukur mencakup konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP).
4. Penelitian dibatasi pada identifikasi dan perencanaan mitigasi pengendalian emisi debu fugitif batubara di area operasional yang berpotensi menimbulkan dampak lingkungan, sosial, dan risiko K3.

1.6 Rumusan Manfaat

Manfaat yang dapat diberikan dari perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi IPTEK

- a. Memberikan informasi mengenai dampak lingkungan, sosial serta K3 dari emisi debu yang dihasilkan oleh kegiatan industri.
- b. Memberikan referensi, wawasan dan informasi dalam pengendalian emisi debu dari kegiatan industri.

2. Bagi Perusahaan

- a. Membantu perusahaan dalam melakukan upaya pengurangan emisi debu yang dihasilkan pada proses penyimpanan batubara.
- b. Memberikan usulan skenario mitigasi pengendalian pencemaran debu yang dapat diaplikasikan pada usaha yang dijalankan.

3. Bagi Masyarakat

Dapat meningkatkan kualitas udara di masyarakat yang bermukim di sekitar PT X.

DAFTAR PUSTAKA

- Anshariah, M. (2016). Pendugaan kandungan sulfur batubara pada formasi tanjung di Kalimantan Selatan menggunakan metode inversi geostatistik. *Jurnal Geologi Indonesia*, 11(2), 85–94.
- Ardeniswan. (2015). Pencemaran udara akibat emisi kendaraan bermotor. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.
- Arianto. 2016. *Pencemaran Udara*. Yogyakarta.
- Assefa, F., Xiang, L., Yang, Z., Gebretsadik, A., Wahab, A., Fissha, Y., Cheepurupalli, N., & Sazid, M. (2025). Research on Dust Concentration and Migration Mechanisms on Open-Pit Coal Mining Roads: Effects of Meteorological Conditions and Haul Truck Movements. *Mining*. <https://doi.org/10.3390/mining5030043>.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2022). Ekspor Batubara Indonesia Tahun 2022 . Diakses dari: <https://www.bps.go.id>
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2018). SNI 924:2018 – Cara Uji Kadar Debu Total Suspended Particulate (TSP) di Udara Ambien.
- Bajsanski, I., Stojakovic, V., Tepavcevic, B., Jovanovic, M., & Mitov, D. (2017). An application of the shark skin denticle geometry for windbreak fence design and fabrication. *Journal of Bionic Engineering*, 14(3), 579–587. [https://doi.org/10.1016/S1672-6529\(16\)60423-7](https://doi.org/10.1016/S1672-6529(16)60423-7)
- Barceló-Ordinas, J. M., Doudou, M., García-Vidal, J., & Badache, N. (2018). Self-calibration methods for low-cost air pollution monitoring sensors. *Sensors*, 18(8), 2509.
- Bhowmick, T., Bandopadhyay, S., & Ghosh, T. (2015). *Three-dimensional CFD modeling approach to approximate air pollution conditions in high-latitude open-pit mines*. WIT Transactions on the Built Environment. <https://doi.org/10.2495/SD150652>
- Bui, N. X., Nguyen, H., Lee, C., Le, T. Q., & Bui, T. V. (n.d.). *Effects of Meteorological Conditions on the Air Quality in Deep Open - Pit Mines in Vietnam*. [https://doi.org/10.46326/jmes.2021.62\(4\).01](https://doi.org/10.46326/jmes.2021.62(4).01)
- Burchill, C., Smith, T., & Johnson, M. (2017). *Coal stockpile management and dust suppression techniques*.
- Cahyono, T. 2017. *Penyehatan Udara*. Yogyakarta.
- Chen, L., Zhang, Y., & Zheng, B. (2020). Health risks of PM2.5-bound heavy metals in coal mining areas of China . *Environmental Pollution* , 265(Part A), 114792.
- Choudhury, A., & Bandopadhyay, S. (2016). *The effect of overall pit slope and pit geometry on the dispersion of pollutants in a hypothetical arctic open-pit mine*. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. <https://doi.org/10.1080/23802693.2016.1231499>
- Cong, X. C., Du, H. B., Peng, S. T., & Dai, M. X. (2013). Field measurements of shelter efficacy for installed wind fences in the open coal yard. *Journal of*

- Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 117, 18–24.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jweia.2013.04.004>
- Cooper, C. D., & Alley, F. C. 2011. *Air Pollution Control: A Design Approach*. Long Grove, Illinois: Waveland.
- Energy Institute (2024). *Statistical Review of World Energy 2024 (73rd ed.)*. Energy Institute. <https://www.energyinst.org/statistical-review>
- Elisephane, I., & Ozunu, A. (2024). Emission Flux and Dispersion Analysis of Particulate Matter (PM10) from Mining and Industrial Areas in Rusizi District-Rwanda. *Water, Air, & Soil Pollution*, 235. <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07127-z>.
<https://doi.org/10.1007/s11270-024-07127-z>.
- Fileni, L., Matteucci, G., Passerini, G., & Rizza, U. (2018). ANALYSIS OF AIR POLLUTANT EMISSIONS IN A WASTEWATER TREATMENT PLANT USING DISPERSION MODELS. *Air Pollution XXVI*. <https://doi.org/10.2495/air180211>.
- Fino. (2019). SO₂ dan dampaknya terhadap kesehatan manusia. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 15(2), 45–52.
- Foundations. (2016). *Foundations of Safe Bulk Materials Handling*. Martin Eng. Company: USA
- Gibson, M., Kundu, S., & Satish, M. (2013). Dispersion model evaluation of PM_{2.5}, NO_x and SO₂ from point and major line sources in Nova Scotia, Canada using AERMOD Gaussian plume air dispersion model. *Atmospheric Pollution Research*, 4, 157-167. <https://doi.org/10.5094/apr.2013.016>.
- Hadlocon, L., Zhao, L., Bohrer, G., Kenny, W., Garrity, S., Wang, J., Wyslouzil, B., & Upadhyay, J. (2015). Modeling of particulate matter dispersion from a poultry facility using AERMOD. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 65, 206 - 217. <https://doi.org/10.1080/10962247.2014.986306>.
<https://doi.org/10.1080/10962247.2014.986306>.
- Handoko, H. (1993). *Klimatologi Dasar: Landasan Pemahaman Fisika Atmosfer dan Unsur-unsur Iklim*. Jakarta: Pustaka Jaya.
- Hanna, S., & Chang, J. (2012). Acceptance criteria for critical outlier test results in air quality model evaluation. *Atmospheric Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.09.044>
- Hinds, C. W (2001). *Particulate Air Pollution*. www.ioes.ucla.edu.
- Holton, J. R. (2004). *An Introduction to Dynamic Meteorology* (4th ed.). Academic Press. <https://www.elsevier.com/books/an-introduction-to-dynamic-meteorology/holton/978-0-12-354015-7>
- Huboyo, H. S., & Budihardjo, M. A. 2021. *Pengendalian Pencemaran Udara*. Semarang.
- Kamanzi, C., Becker, M., Jacobs, M., Konečný, P., Von Holdt, J., & Broadhurst, J. (2023). The impact of coal mine dust characteristics on pathways to respiratory harm: investigating the pneumoconiotic potency of coals. *Environmental Geochemistry and Health*, 45, 7363 - 7388. <https://doi.org/10.1007/s10653-023-01583-y>.

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2017). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2017 tentang Baku Mutu Emisi Tidak Bergerak Sumber Tidak Langsung*. Jakarta: Kementerian LHK.
- Khare, M., Kota, S. H., Sharma, P., & Chinthala, S. 2021. *Air Pollution: Science, Engineering and Management Fundamentals*. Boca Raton: CRC Press.
- Kucbel, M., Raclavská, H., Slamová, K., Švédová, B., & Kolat, P. (2024). Environmental impact assessment of the coal yard and ambient pollution. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32490-z>
- Kundu, S., & Pal, A. (2018). Application of AERMOD model in air quality (PM10) impact assessment of selected opencast mines in The Jharia Coalfield, Jharkhand, India. *Environment Protection Engineering*, 44. <https://doi.org/10.37190/epe180401> <https://doi.org/10.37190/epe180401>
- Kung, H.-C., Lin, W.-C., Huang, B.-W., Mutuku, J. K., & Chang-Chien, G.-P. (2023). Techniques for suppressing mineral dust aerosol from raw material stockpiles and open pit mines: A review. *Aerosol and Air Quality Research*, 24(2), 230166. <https://doi.org/10.4209/aaqr.230166>
- Kurniawan, S., Huboyo, H., & Samadikun, B. (2021). Prediction of coal dust dispersion to total suspended particulate (TSP) concentration in ambient air quality, case study: PLTU Tanjung Jati B. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 623. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/623/1/012035>.
- Liao, R., Wypych, P., Pan, R., Hastie, D., & Roberts, J. (2019, July). *Dust suppression efficiency of spraying systems – A review*. In Proceedings of the 13th International Conference on Bulk Materials Storage, Handling and Transportation. Gold Coast, Queensland, Australia. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/334528505_Dust_Suppression_Efficiency_of_Spraying_Systems-A_Review
- Nguyen, V.-D., Lee, C. W., Bui, X.-N., Nguyen, H., Tran, Q.-H., Long, N. Q., Le, Q.-T., Cao, X.-C., Do, N.-T., Heo, W.-H., & Nguyen, N.-B. (2021). *Evaluating the Air Flow and Gas Dispersion Behavior in a Deep Open-Pit Mine Based on Monitoring and CFD Analysis: A Case Study at the Coc Sau Open-Pit Coal Mine (Vietnam)* (pp. 224–244). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60839-2_12
- Omidvarborna, H., Baawain, M., Al-Mamun, A., & Al-Muhtaseb, A. (2018). Dispersion and deposition estimation of fugitive iron particles from an iron industry on nearby communities via AERMOD. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-7009-4>. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-7009-4>.
- Park, C.-W., & Lee, S.-J. (2002). Verification of the shelter effect of a windbreak on coal piles in the POSCO open storage yards at the Kwang-Yang works.

- Atmospheric Environment, 36, 2171–2185. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(02\)00195-4](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(02)00195-4)
- Pasquill, F. (1974). *Atmospheric Diffusion: The Dispersion of Windborne Material from Industrial and Other Sources* (2nd ed.). London: Ellis Horwood Limited.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Prasad, N., Mishra, A., Bhattacharya, T., Lal, B., Jha, P. C., & Kumar, A. (2024). *Validation of AERMOD prediction accuracy for particulate matters (PM10, PM2.5) for a large coal mine complex: A multisource perspective*. Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4023310/v1>
- Putranto, T. T., & Rude, T. (2011). Seasonal variation and monsoonal influence on climate patterns in Indonesia. *Journal of Climate Research*, 5(2), 45–53.
- Rahmasari, R. N., Jati, D. R., & Jumiati. (2023). Inventarisasi emisi dari sektor transportasi darat di Kota Pontianak. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(3), 627–635. <https://doi.org/10.1234/jil.2023.567890>
- Refliaty, & Endriani. (2018). Kepadatan tanah pasca tambang batu bara setelah direvegetasi (studi kasus reklamasi lahan bekas tambang batubara PT. Nan Riang). *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*, 2(2), 107
- Reid, R. (2017). *Dust Control Strategies in Bulk Material Handling*. *Journal of Environmental Management*, 204, 45–53.
- Roy, S. (2011). *Assessment of Atmospheric and Meteorological Parameters for Control of Blasting Dust at an Indian Large Surface Coal Mine*.
- Salma, H. (2024). Analisis kualitas udara akibat aktivitas truk batubara di Provinsi Jambi (*Air quality analysis due to coal truck activities in Jambi Province*). *JSSIT: Jurnal Sains dan Sains Terapan*, 2(1), 1–9.
- Samsudin, A., Hidayat, R., Lestari, A. D., Amaliyah, F. D., Minallah, N., & Akbar, D. I. (2023). Pengaruh pengambilan keputusan lokasi pertambangan batu bara terhadap dampak lingkungan. *El-Mujtama: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(3), 573–580. <https://doi.org/10.47467/elmujtama.v3i3.2801>
- Seinfeld, J. H. (1975). *Air Pollution: Physical and Chemical Fundamentals*. New York: McGraw-Hill.
- Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change* (3rd ed.). John Wiley & Sons. <https://www.wiley.com/en-us/Atmospheric+Chemistry+and+Physics%3A+From+Air+Pollution+to+Climate+Change%2C+3rd+Edition-p-9781118947401>
- SEPA. (2016). *Ambient Air Monitoring Reference and Equivalent Methods*. <https://www.epa.gov/amtic/ambient-air-monitoring-reference-equivalent-methods>.
- Shen, Z., Ao, Z., Wang, Z., & Yang, Y. (2023). Study on crust-shaped dust suppressant in non-disturbance area of open-pit coal mine—A case study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20, 934. <https://doi.org/10.3390/ijerph20020934>
- Simanjuntak, N. S. R., Suwondo, A., & Wahyuni, I. (2013). Hubungan antara kadar debu batubara total dan terhirup serta karakteristik individu dengan gangguan

- fungsi paru pada pekerja di lokasi coal yard PT X Jepara. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip)*, 2(2), 326–334.
<http://ejournals1.undip.ac.id/index.php/jkm/article/view/3084>
- Sinclair Knight Merz. (2005). *Improvement of NPI fugitive particulate matter emission estimation techniques* (RFQ No. 0027/2004).
- Slamet, J. S. 2018. *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University.
- Sobirin, A., Wicaksono, A. P., Nugroho, N. E., Lukito, H., & Prasetya, J. D. (n.d.). Pengaruh water holding capacity terhadap erosi pada 3 variasi tapak tumbuh PT Bharinto Ekatama Kecamatan Teweh Timur, Kabupaten Barito Utara. Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan SATU BUMI, UPN Veteran Yogyakarta.
- Srivastava, A., Kumar, A., & Elumalai, S. (2021). Evaluating Dispersion Modeling of Inhalable Particulates (PM10) Emissions in Complex Terrain of Coal Mines. *Environmental Modeling & Assessment*, 26, 385-403.
<https://doi.org/10.1007/s10666-021-09762-w>
<https://doi.org/10.1007/s10666-021-09762-w>
- Techarat, P., & Tontiwachwuthikul, P. (2020). Coal dust dispersion from a coal storage pile. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 42(3), 557–563.
- Trechera, P., Moreno, T., Córdoba, P., Moreno, N., Zhuang, X., Li, B., Li, J., Shangguan, Y., Dominguez, A., Kelly, F., & Querol, X. (2021). Comprehensive evaluation of potential coal mine dust emissions in an open-pit coal mine in Northwest China. *International Journal of Coal Geology*, 235, 103677. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2021.103677>.
- Trechera, P., Querol, X., Lah, R., Johnson, D., Wrana, A., Williamson, B., & Moreno, T. (2022). Chemistry and particle size distribution of respirable coal dust in underground mines in Central Eastern Europe. *International Journal of Coal Science & Technology*, 9. <https://doi.org/10.1007/s40789-022-00468-2>.
- Trevor Hastie, & Robert Tibshirani. (1990). *Generalized additive models*. London: Chapman and Hall.
- Turner, D. B. (1994). *Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates: An Introduction to Dispersion Modeling* (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2006). AP-42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 13: Miscellaneous Sources – 13.2.2 Unpaved Roads. Retrieved from <https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-10/documents/c13s0202.pdf>
- Vallero, D. A. (2025). *Fundamentals of air pollution* (6th ed.). Academic Press.
- Vesilind, P. A., Peirce, J. J., & Weiner, R. F. (1988). Air Pollution. In *Environmental Engineering* (pp. 363–390). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/b978-0-409-90050-7.50021-4>
- Wang, Y., & Mu, H. (2014). Life cycle GHG emissions of coal power generation in China. *Energy Procedia*, 61, 2164–2167.

- Wang, Y., Zhou, G., Xu, C., Jiang, W., & Zhang, Z. (2020). Synthesis and characteristics of a novel dust suppressant with good weatherability for controlling dust in open coal yards. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 19327-19339. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08309-y>.
- Wark, K., & Warner, C. F. (1981). *Air Pollution: Its Origin and Control*. New York: Harper & Row.
- Winatama, D., Syafrudin, & Widayat. (2023). *Analisis kualitas udara pada kawasan transportasi, industri, perkotaan, permukiman, dan perdagangan di Kota Tegal*. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(2), 381–386.
- Zhang, L., Zhou, G., , Y., Jing, B., Sun, B., Han, F., He, M., & Chen, X. (2021). Numerical analysis on spatial distribution for concentration and particle size of particulate pollutants in dust environment at fully mechanized coal mining face. *Powder Technology*, 383, 143-158. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2021.01.039>.
- Zhao, L., Zhao, X., Wang, J., & Zhang, Y. (2018). Field investigation on windblown dust suppression using dust fences in open coal stockyards . *Atmospheric Pollution Research* , 9(6), 1075–1083.
- Zhao, X., Zhao, X., Han, F., Song, Z., Wang, D., Fan, J., Jia, Z., & Jiang, G. (2021). A research on dust suppression mechanism and application technology in mining and loading process of burnt rock open pit coal mines. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 71(12), 1568–1584. <https://doi.org/10.1080/10962247.2021.1979123>