Analisis Kualitas Udara pada Industri Pertambangan: Studi Kasus Industri Pertambangan X di Maluku Utara

Mohammad Dhasyriel Ghazaly[1*], Eko Siswoyo[2]

[1] Program Studi Teknik Lingkungan Program Magister, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55584
[2] Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55584

*Korespondensi: 24927002@students.uii.ac.id

Abstrak. Pertumbuhan industri pertambangan di Indonesia, khususnya di Provinsi Maluku Utara, memberikan kontribusi signifikan terhadap ekonomi nasional, namun juga menimbulkan dampak potensial terhadap kualitas lingkungan, terutama pada kualitas udara. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas udara di salah satu lingkungan industri pertambangan nikel di Maluku Utara melalui pengukuran emisi cerobong dan kualitas udara ambien. Pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi deskriptif dengan menggambarkan kondisi keberlanjutan dan aspek lingkungan di industri pertambangan dengan teknik pengambilan sampel di lakukan secara *purposive*. Hasil pengujian emisi Smelter berdasarkan regulasi PermenLHK No. 4/2014 masih berada di bawah baku mutu : SO_2 222,8 - 293,5 mg/Nm^3 (baku mutu 700 mg/Nm^3) NO_x 272,9 - 611,6 mg/Nm^3 (baku mutu 800 mg/Nm^3) Partikulat 16,1 - 19,3 mg/Nm^3 (baku mutu 150 mg/Nm^3) Opasitas <10 % (baku mutu 20%). Emisi PLTU berdasarkan regulasi PermenLHK No. P.15/2019 juga masih berada di bawah baku mutu : SO_2 100,3 mg/Nm^3 (baku mutu 200 mg/Nm^3) NO_x 158,68 mg/Nm^3 (baku mutu 200 mg/Nm^3) Partikulat 19,5 mg/Nm^3 (baku mutu 50 mg/Nm^3) Merkuri 0,0003 mg/Nm^3 (baku Mutu 0,03 mg/Nm^3). Udara ambien juga memenuhi standar berdasarkan regulasi PP No. 22/2021 Lampiran VII dengan SO_2 <30–32 µg/Nm³ (baku mutu 150 µg/Nm³), NO_2 17–26 µg/Nm³ (baku mutu 200 µg/Nm³), CO <1100 µg/Nm³ (baku mutu 10.000 µg/Nm³), PM_{10} 35,2–60,7 µg/Nm³ (baku mutu 75 µg/Nm³), $PM_{2,5}$ 25,2–33,1 µg/Nm³ (baku mutu 55 µg/Nm³), dan Pb <0,1 µg/Nm³ (baku mutu 2 µg/Nm³). Pengukuran udara ambien di empat lokasi pemantauan juga mengindikasikan bahwa emisi industri smelter dan PLTU berkontribusi terhadap penyebaran polutan, meskipun masih dalam ambang batas yang diizinkan regulasi. Penerapan alat pengendali emisi Electrostatic Precipitator (efisiensi 99%) dan Flue Gas Desulfurization (efisiensi 95%) terbukti efektif menekan emisi. Secara keseluruhan, kualitas udara di kawasan industri pertambangan nikel masih memenuhi baku mutu, meskipun pemantauan berkelanjutan tetap diperlukan.

Kata Kunci: emisi cerobong, industri pertambangan, kualitas udara, Maluku Utara, udara ambien

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri pertambangan di Indonesia telah memberikan konstribusi signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi nasional. Provinsi Maluku Utara merupakan salah satu wilayah yang kaya akan sumber daya mineral terutama nikel, telah menjadi pusat perhatian dalam

pengembangan sektor pertambangan. Aktivitas pertambangan ini mencakup eksplorasi, ekstraksi, pengolahan, hingga transportasi yang semuanya memiliki potensi besar untuk mempengaruhi kualitas lingkungan khususnya kualitas udara (Ghose *et al*., 2007). Dalam konteks ini kualitas udara menjadi salah satu isu utama yang harus diperhatikan karena dampaknya yang langsung terhadap kesehatan manusia, ekosistem dan keberlanjutan lingkungan hidup (Hoffman *et al.*, 2021).

Terdapat beberapa penelitian terkait dengan kualitas udara di industri pertambangan yang telah dilakukan beberapa daerah. Penelitian oleh Rahma, 2021 menunjukan bahwa dampak dari industri pertambangn menimbulkan banyak masalah salah satunya masalah kesehatan lingkungan. Penelitian oleh Sukana *et al*., 2013 menunjukan bahwa pencemaran udara di industri pertambangan akibat debu partikel dapat menyebabkan penyakit ISPA (Infeksi Saluruan Pernapasan Akut). Sedangkan penelitian oleh Fitriyanti, 2016 menunjukan bahwa keberadaan pertambangan menimbulkan dampak terhadap perubahan bentang alam, penurunan kesuburan tanah, terjadinya ancaman terhadap keanekaragaman hayati, penurunan kualitas udara serta pencemaran lingkungan dan menurunnya kualitas kesehatan masyarakat.

Penelitian mengenai kualitas udara di wilayah pertambangan masih relatif terbatas, khususnya di Maluku Utara. Padahal data dan analisis yang komprehensif sangat diperlukan untuk memahami dinamika pencemaran udara dan dampaknya secara spesifik di wilayah ini. Penelitian yang mendalam dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai sumber-sumber polutan, pola sebarannya, serta dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi dasar bagi pemerintah dan pihak industri untuk merumuskan kebijakan dan strategi pengelolaan lingkungan yang lebih efektif.

Oleh karena itu, kajian tentang analisis kualitas udara pada lingkungan industri pertambangan di Maluku Utara menjadi sangat relevan dan mendesak untuk dilakukan. Kajian ini tidak hanya bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi tingkat pencemaran udara, tetapi juga untuk memberikan rekomendasi strategis dalam upaya pengendalian dan perbaikan kualitas udara. Dengan pendekatan yang berbasis data ilmiah, diharapkan penelitian ini dapat berkontribusi pada upaya pelestarian lingkungan dan peningkatan kualitas hidup masyarakat di Maluku Utara, sekaligus mendukung keberlanjutan industri pertambangan di wilayah tersebut.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode pengumpulan data dengan cara mengamati langsung di lapangan atau observasi deskriptif dengan menggambarkan kondisi keberlanjutan dan aspek lingkungan di industri pertambangan dengan teknik pengambilan sampel di lakukan secara purposive. Pengumpulan data akan di lakukan dari salah satu industri pertambangan yang ada di Provinsi Maluku Utara yang kemudian akan di analisis berdasarkan aspek udara. Penelitian di lakukan dengan pengumpulan data primer dan sekunder untuk mengumpulkan informasi mengenai aspek pengelolaan kualitas udara.

2.1 Emisi Cerobong

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat pengukuran gas analyzer E-com D untuk pengujian emisi gas pada cerobong dan pengujian emisi partikulat menggunakan Apex Instrumens

(*isokinetic dust sampler*). Acuan yang digunakan dalam pemantauan emisi cerobong menggunakan metode uji pada Tabel 1.

Tabel 1. Metode pengujian emisi cerobong

Parameter	Metode
Sulfur Dioksida (SO_2)	(SNI 19-7117-10-2005)
Nitrogen Oksida (NO_x)	(SNI 19-7117-10-2005)
Partikulat	(SNI 7117-17-2009)
Merkuri	(SNI 7117-20-2009)
Opasitas	(SNI 19-7117-11-2005)

Pemantauan emisi cerobong akan di lakukan pada satu unit boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan kapasitas 380 MW dan *smelter* yang sudah beroperasi secara keseluruhan yaitu pada smelter A dan smelter B. Pada satu *smelter* terdapat empat line produksi di mana setiap line produksi memiliki satu cerobong emisi pembuangan, sehingga pemantauan emisi buangan yang akan di pantau dari dua smelter tersebut yaitu delapan emisi cerobong.

2.2 Udara Ambien

Pengukuran di lakukan dengan menggunakan alat pengukuran inpinger gas sampler dan High Volume Air Sampler (HVAS) dan data di analisis dengan menggunakan motode statistik. Hasil penelitian ini menjadi langkah penting dalam mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan, melindungi kesehatan pekerja dan masyarakat dan menjaga keberlanjutan lingkungan (Brook *et al*., 2010). Acuan yang digunakan dalam pemantauan udara ambien menggunakan metode uji pada Tabel 2.

Tabel 2. Metode pengujian kualitas udara ambien

Parameter	Metode
Sulfur Dioksida (SO_2)	(SNI 7119-7-2017)
Nitrogen Dioksida (NO_2)	(SNI 7119-2-2017)
Karbon Monoksida (CO)	(SNI 7119-10-2011)
Ozone (O_3)	(SNI 7119-8-2017)
Hidrokarbon Non Metana (NMHC)	(SNI 7119-13-2009)
Partikel Tersuspensi Total (TSP)	(SNI 7119-3-2017)
Partikulat Matter (PM_{10})	(SNI 7119-15-2016)
Partikulat ($PM_{2,5}$)	(SNI 7119-14-2016)
Timbal (Pb)	(SNI 7119.4:2017)

Pemantauan kualitas udara ambien dilakukan pada empat titik lokasi. Titik lokasi pantau pertama dan kedua yaitu berada pada lokasi area industri pertambangan dan area akomodasi karyawan, dan dua titik lokasi pantau lainnya akan di lakukan pada desa yang berada di sisi kiri dan sisi kanan sekitar industri pertambangan, yaitu pada Desa A dan Desa B, di mana titik-titik lokasi pemantauan udara ambien tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh serta penyebaran emisi buangan dari industri smelter yang masuk ke dalam udara ambien.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Emisi Cerobong

Pengujian emisi cerobong merupakan upaya proaktif dalam pengelolaan lingkungan yang bertujuan untuk mencegah dan meminimalkan dampak negatif aktivitas industri terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat (USEPA, 2022). Acuan yang di gunakan untuk baku mutu dari pengujian emisi gas buangan PLTU yaitu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.15/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 Tentang Baku Mutu Emisi Pembangkit Listrik Tenaga Termal pada lampiran 1B. Sedangkan acuan yang di gunakan untuk baku mutu dari pengujian emisi gas buangan smelter yaitu berdasarkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pertambangan pada Lampiran 1B. Dimana parameter yang wajib pantau pada emisi buangan PLTU dan smelter berdasarkan regulasinya adalah Sulfur Dioksida (SO_2), Nitrogen Oksida (NO_x), partikulat, merkuri dan opasitas.

Menurut sebuah penelitian yang di terbitkan pada tahun 2024 dampak kesehatan masyarakat dan lingkungan akibat penggunaan batu bara secara terus menerus yaitu pada kesehatan masyarakat akan menyebabkan penyakit pernapasan, kanker, penyakit kardiovaskular, penyakit ginjal dan hasil kelahiran yang buruk (Lelieveld *et al*., 2019). Sedangkan dampak pada lingkungan yaitu dapat menyebabkan pencemaran pada udara, tanah, air permukaan dan air tanah (Hendryx *et a*l., 2024). Oleh karena itu yang sangat penting untuk melakukan pemantauan emisi pada setiap sumber emisi untuk tindakan pencegahan dampak buruk dari pencemaran udara pada kesehatan baik manusia maupun lingkungan. Pada setiap cerobong yang di lakukan pemantauan sudah terdapat alat pengendalinya, seperti pada setiap cerobong smelter telah terpasang alat pengendali Electrostatic Precipitator (ESP) sedangkan pada cerobong PLTU terpasang alat pengendali Electrostatic Precipitator (ESP) dan Flue Gas Desulfurization (FGD). Hasil pengujian emisi cerobong berdasarkan metode uji pada emisi PLTU dan smelter dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji emisi cerobong PLTU

Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu	Metode
Sulfur Dioksida (SO_2)	mg/Nm^3	100.3	200	SNI 19-7117.10-2005
Nitrogen Oksida (NO_x)	mg/Nm^3	158.68	200	SNI 19-7117.10-2005
Partikulat	mg/Nm^3	19.05	50	SNI 7117.17:2009
Merkuri	mg/Nm^3	0.0003	0.03	SNI 7117.20:2009

Baku mutu berdasarkan PermenLHK 15/2019 Lamp. 1B
Koreksi oksigen 7 %

Berdasarkan hasil pengujian emisi pada Tabel 3, dapat dilihat bahwa dari keempat parameter yang diuji yaitu Sulfur Dioksida (SO_2), Nitrogen Oksida (NO_x), Partikulat, dan Merkuri memiliki konsentrasi yang masih berada di bawah nilai baku mutu yang ditetapkan regulasi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.15/MENLHK/ SETJEN/KUM.1/4/2019 tentang Baku Mutu Emisi Pembangkit Listrik Tenaga Termal.

Tabel 4. Hasil uji emisi cerobong line produksi 1 smelter A

Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu	Metode
Sulfur Dioksida (SO_2)	mg/Nm^3	261.0	700	SNI 19-7117.10-2005
Nitrogen Oksida (NO_x)	mg/Nm^3	611.6	800	SNI 19-7117.10-2005
Partikulat	mg/Nm^3	19.3	150	SNI 7117.17:2009
Opasitas	%	<10	20	SNI 19-7117.11-2005

Baku mutu berdasarkan PermenLHK 4/2014 Lamp. 1B
Koreksi oksigen 10 %

Berdasarkan hasil pengujian emisi cerobong line produksi 1 smelter A di Tabel 4, dapat dilihat bahwa dari keempat parameter yang diuji yaitu Sulfur Dioksida (SO_2), Nitrogen Oksida (NO_x), Partikulat, dan Opasitas memiliki nilai yang masih berada di bawah nilai baku mutu yang ditetapkan regulasi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pertambangan.

Tabel 5. Hasil uji emisi cerobong line produksi 2 smelter A

Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu	Metode
Sulfur Dioksida (SO_2)	mg/Nm^3	243.7	700	SNI 19-7117.10-2005
Nitrogen Oksida (NO_x)	mg/Nm^3	571.2	800	SNI 19-7117.10-2005
Partikulat	mg/Nm^3	16.1	150	SNI 7117.17:2009
Opasitas	%	<10	20	SNI 19-7117.11-2005

Baku mutu berdasarkan PermenLHK 4/2014 Lamp. 1B
Koreksi oksigen 10 %

Berdasarkan hasil pengujian emisi cerobong line produksi 2 smelter A di Tabel 5, dapat dilihat bahwa dari keempat parameter yang diuji yaitu Sulfur Dioksida (SO_2), Nitrogen Oksida (NO_x), Partikulat, dan Opasitas memiliki konsentrasi yang masih berada di bawah nilai baku mutu yang ditetapkan regulasi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pertambangan.

Tabel 6. Hasil uji emisi cerobong line produksi 3 smelter A

Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu	Metode
Sulfur Dioksida (SO_2)	mg/Nm^3	234.5	700	SNI 19-7117.10-2005
Nitrogen Oksida (NO_x)	mg/Nm^3	551.8	800	SNI 19-7117.10-2005
Partikulat	mg/Nm^3	16.7	150	SNI 7117.17:2009
Opasitas	%	<10	20	SNI 19-7117.11-2005

Baku mutu berdasarkan PermenLHK 4/2014 Lamp. 1B
Koreksi oksigen 10 %

Berdasarkan hasil pengujian emisi cerobong line produksi 3 smelter A di Tabel 6, dapat dilihat bahwa dari keempat parameter yang diuji yaitu Sulfur Dioksida (SO_2), Nitrogen Oksida (NO_x), Partikulat, dan Opasitas memiliki konsentrasi yang masih berada di bawah nilai baku mutu yang ditetapkan regulasi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha dan/ atau Kegiatan Pertambangan.

Tabel 7. Hasil uji emisi cerobong line produksi 4 smelter A

Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu	Metode
Sulfur Dioksida (SO_2)	mg/Nm^3	222.8	700	SNI 19-7117.10-2005
Nitrogen Oksida (NO_x)	mg/Nm^3	559.7	800	SNI 19-7117.10-2005
Partikulat	mg/Nm^3	17.2	150	SNI 7117.17:2009
Opasitas	%	<10	20	SNI 19-7117.11-2005

Baku mutu berdasarkan PermenLHK 4/2014 Lamp. 1B
Koreksi oksigen 10 %

Berdasarkan hasil pengujian emisi cerobong line produksi 4 smelter A di Tabel 7, dapat dilihat bahwa dari keempat parameter yang diuji yaitu Sulfur Dioksida (SO_2), Nitrogen Oksida (NO_x), Partikulat, dan Opasitas memiliki konsentrasi yang masih berada di bawah nilai baku mutu yang ditetapkan regulasi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pertambangan.

Tabel 8. Hasil uji emisi cerobong line produksi 1 smelter B

Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu	Metode
Sulfur Dioksida (SO_2)	mg/Nm^3	293.5	700	SNI 19-7117.10-2005
Nitrogen Oksida (NO_x)	mg/Nm^3	285.0	800	SNI 19-7117.10-2005
Partikulat	mg/Nm^3	19.2	150	SNI 7117.17:2009
Opasitas	%	<10	20	SNI 19-7117.11-2005

Baku mutu berdasarkan PermenLHK 4/2014 Lamp. 1B
Koreksi oksigen 10 %

Berdasarkan hasil pengujian emisi cerobong line produksi 1 smelter B di Tabel 8, dapat dilihat bahwa dari keempat parameter yang diuji yaitu Sulfur Dioksida (SO_2), Nitrogen Oksida (NO_x), Partikulat, dan Opasitas memiliki konsentrasi yang masih berada di bawah nilai baku mutu yang ditetapkan regulasi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pertambangan.

Tabel 9. Hasil uji emisi cerobong line produksi 2 smelter B

Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu	Metode
Sulfur Dioksida (SO_2)	mg/Nm^3	285.1	700	SNI 19-7117.10-2005
Nitrogen Oksida (NO_x)	mg/Nm^3	277.0	800	SNI 19-7117.10-2005
Partikulat	mg/Nm^3	17.1	150	SNI 7117.17:2009
Opasitas	%	<10	20	SNI 19-7117.11-2005

Baku mutu berdasarkan PermenLHK 4/2014 Lamp. 1B
Koreksi oksigen 10 %

Berdasarkan hasil pengujian emisi cerobong line produksi 2 smelter B di Tabel 9, dapat dilihat bahwa dari keempat parameter yang diuji yaitu Sulfur Dioksida (SO_2), Nitrogen Oksida (NO_x), Partikulat, dan Opasitas memiliki konsentrasi yang masih berada di bawah nilai baku mutu yang ditetapkan regulasi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pertambangan.

Tabel 10. Hasil uji emisi cerobong line produksi 3 smelter B

Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu	Metode
Sulfur Dioksida (SO_2)	mg/Nm^3	281.1	700	SNI 19-7117.10-2005
Nitrogen Oksida (NO_x)	mg/Nm^3	280.5	800	SNI 19-7117.10-2005
Partikulat	mg/Nm^3	16.5	150	SNI 7117.17:2009
Opasitas	%	<10	20	SNI 19-7117.11-2005

Baku mutu berdasarkan PermenLHK 4/2014 Lamp. 1B
Koreksi oksigen 10 %

Berdasarkan hasil pengujian emisi cerobong line produksi 3 smelter B di Tabel 10, dapat dilihat bahwa dari keempat parameter yang diuji yaitu Sulfur Dioksida (SO_2), Nitrogen Oksida (NO_x), Partikulat, dan Opasitas memiliki konsentrasi yang masih berada di bawah nilai baku mutu yang ditetapkan regulasi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pertambangan.

Tabel 11. Hasil uji emisi cerobong line produksi 4 smelter B

Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu	Metode
Sulfur Dioksida (SO_2)	mg/Nm^3	281.2	700	SNI 19-7117.10-2005
Nitrogen Oksida (NO_x)	mg/Nm^3	272.9	800	SNI 19-7117.10-2005
Partikulat	mg/Nm^3	15.1	150	SNI 7117.17:2009
Opasitas	%	<10	20	SNI 19-7117.11-2005

Baku mutu berdasarkan PermenLHK 4/2014 Lamp. 1B
Koreksi oksigen 10 %

Berdasarkan hasil pengujian emisi cerobong line produksi 4 smelter B di Tabel 11, dapat dilihat bahwa dari keempat parameter yang diuji yaitu Sulfur Dioksida (SO_2), Nitrogen Oksida (NO_x), Partikulat, dan Opasitas memiliki konsentrasi yang masih berada di bawah nilai baku mutu yang ditetapkan regulasi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pertambangan.

Hasil uji emisi cerobong baik untuk cerobong PLTU dan delapan cerobong smelter, semua parameter yang diuji memiliki konsentrasi yang masih berada di bawah baku mutu berdasarkan regulasi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.15/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 Tentang Baku Mutu Emisi Pembangkit Listrik Tenaga Termal dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pertambangan.

3.2 Udara Ambien

Pengujian udara ambien adalah langkah penting dalam pengelolaan kualitas udara untuk memantau tingkat pencemaran udara dan mengevaluasi dampaknya terhadap kesehatan, ekosistem dan lingkungan (Xiao *et al*., 2020). Acuan yang di gunakan untuk menjadi baku mutu dari pengujian kualitas udara ambien yaitu berdasarkan pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggara Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan pada lampiran VII terkait baku mutu udara ambien. Dimana parameter yang di pantau berdasarkan regulasi tersebut adalah sembilan parameter yaitu Sulfur Dioksida (SO_2), Nitrogen Dioksida (NO_2), Karbon Monoksida

(CO), Ozone (O_3), Hidrokarbon Non Metana (NMHC), Partikel Tersuspensi Total (TSP), Partikulat Matter (PM_{10}), Partikulat ($PM_{2,5}$) dan Timbal (Pb).

Menurut sebuah penelitian yang diterbitkan pada tahun 2019, pencemaran udara dari aktivitas industri dapat menurunkan kualitas lingkungan yang pada waktunya juga dapat menurunkan kualitas hidup masyarakat yang berada di sekitar kasawan industri tersebut (Anwar, 2019). Sehingga diperlukan pemantauan kualitas udara ambien guna memastikan kualitas udara tidak terjadi pencemaran atau kualitas udara masih sesuai dengan baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan dalam regulasi. Hasil pengujian berdasarkan metode uji dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil uji udara ambien area industri

Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu	Metode
Sulfur Dioksida (SO_2)	µg/Nm^3	32	150	SNI 7119.7:2017
Nitrogen Dioksida (NO_2)	µg/Nm^3	17	200	SNI 7119.2:2017
Karbon Monoksida (CO)	µg/Nm^3	<1100	10000	SNI 7119.10-2011
Ozone (O_3)	µg/Nm^3	31	150	SNI 7119.8:2017
Hidrokarbon Non Metana (NMHC)	µg/m^3	<0.65	160	SNI 7119.13-2009
Partikel Tersuspensi Total (TSP)	µg/Nm^3	119.8	230	SNI 7119.3:2017
Partikulat Matter (PM_{10})	µg/Nm^3	50.1	75	SNI 7119.15:2016
Partikulat ($PM_{2,5}$)	µg/Nm^3	31	55	SNI 7119.16:2016
Timbal (Pb)	µg/Nm^3	<0.1	2	SNI 7119-4-2017

Baku mutu berdasarkan PP. 22 Tahun 2021 lamp. VII

Berdasarkan hasil pengujian kualitas udara ambien area industri di Tabel 12, dapat dilihat bahwa dari kesembilan parameter yang diuji yaitu Sulfur Dioksida (SO_2), Nitrogen Oksida (NO_x), Karbon Monoksida (CO), Ozone (O_3), Hidrokarbon Non Metana (NMHC), Partikel Tersuspensi Total (TSP), Partikulat Matter (PM_{10}), Partikulat ($PM_{2,5}$) dan Timbal (Pb) memiliki nilai konsentrasi yang masih berada di bawah nilai baku mutu yang ditetapkan regulasi.

Tabel 13. Hasil uji udara ambien area akomodasi karyawan

Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu	Metode
Sulfur Dioksida (SO_2)	µg/Nm^3	<30	150	SNI 7119.7:2017
Nitrogen Dioksida (NO_2)	µg/Nm^3	19	200	SNI 7119.2:2017
Karbon Monoksida (CO)	µg/Nm^3	<1100	10000	SNI 7119.10-2011
Ozone (O_3)	µg/Nm^3	36	150	SNI 7119.8:2017
Hidrokarbon Non Metana (NMHC)	µg/m^3	<0.65	160	SNI 7119.13-2009
Partikel Tersuspensi Total (TSP)	µg/Nm^3	130.7	230	SNI 7119.3:2017
Partikulat Matter (PM_{10})	µg/Nm^3	60.7	75	SNI 7119.15:2016
Partikulat ($PM_{2,5}$)	µg/Nm^3	31.1	55	SNI 7119.16:2016
Timbal (Pb)	µg/Nm^3	0.1	2	SNI 7119-4-2017

Baku mutu berdasarkan PP. 22 Tahun 2021 lamp. VII

Berdasarkan hasil pengujian kualitas udara ambien area akomodasi karyawan di Tabel 13, dapat dilihat bahwa dari kesembilan parameter yang diuji yaitu Sulfur Dioksida (SO_2), Nitrogen Oksida (NO_x), Karbon Monoksida (CO), Ozone (O_3), Hidrokarbon Non Metana (NMHC), Partikel Tersuspensi Total (TSP), Partikulat Matter (PM_{10}), Partikulat ($PM_{2,5}$) dan Timbal (Pb) memiliki nilai konsentrasi yang masih berada di bawah nilai baku mutu yang ditetapkan regulasi.

Tabel 14. Hasil uji udara ambien area Desa A

Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu	Metode
Sulfur Dioksida (SO_2)	µg/Nm^3	<30	150	SNI 7119.7:2017
Nitrogen Dioksida (NO_2)	µg/Nm^3	26	200	SNI 7119.2:2017
Karbon Monoksida (CO)	µg/Nm^3	<1100	10000	SNI 7119.10-2011
Ozone (O_3)	µg/Nm^3	32	150	SNI 7119.8:2017
Hidrokarbon Non Metana (NMHC)	µg/m^3	<0.65	160	SNI 7119.13-2009
Partikel Tersuspensi Total (TSP)	µg/Nm^3	50.1	230	SNI 7119.3:2017
Partikulat Matter (PM_{10})	µg/Nm^3	37.9	75	SNI 7119.15:2016
Partikulat ($PM_{2,5}$)	µg/Nm^3	25.2	55	SNI 7119.16:2016
Timbal (Pb)	µg/Nm^3	0.1	2	SNI 7119-4-2017

Baku mutu berdasarkan PP. 22 Tahun 2021 lamp. VII

Berdasarkan hasil pengujian kualitas udara ambien area desa A di Tabel 14, dapat dilihat bahwa dari kesembilan parameter yang diuji yaitu Sulfur Dioksida (SO_2), Nitrogen Oksida (NO_x), Karbon Monoksida (CO), Ozone (O_3), Hidrokarbon Non Metana (NMHC), Partikel Tersuspensi Total (TSP), Partikulat Matter (PM_{10}), Partikulat ($PM_{2,5}$) dan Timbal (Pb) memiliki nilai konsentrasi yang masih berada di bawah nilai baku mutu yang ditetapkan regulasi.

Tabel 15. Hasil uji udara ambien area Desa B

Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu	Metode
Sulfur Dioksida (SO_2)	µg/Nm^3	32	150	SNI 7119.7:2017
Nitrogen Dioksida (NO_2)	µg/Nm^3	24	200	SNI 7119.2:2017
Karbon Monoksida (CO)	µg/Nm^3	<1100	10000	SNI 7119.10-2011
Ozone (O_3)	µg/Nm^3	32	150	SNI 7119.8:2017
Hidrokarbon Non Metana (NMHC)	µg/m^3	<0.65	160	SNI 7119.13-2009
Partikel Tersuspensi Total (TSP)	µg/Nm^3	44.7	230	SNI 7119.3:2017
Partikulat Matter (PM_{10})	µg/Nm^3	35.2	75	SNI 7119.15:2016
Partikulat ($PM_{2,5}$)	µg/Nm^3	33.1	55	SNI 7119.16:2016
Timbal (Pb)	µg/Nm^3	<0.1	2	SNI 7119-4-2017

Baku mutu berdasarkan PP. 22 Tahun 2021 lamp. VII

Berdasarkan hasil pengujian kualitas udara ambien area desa B di Tabel 15, dapat dilihat bahwa dari ke sembilan parameter yang diuji yaitu Sulfur Dioksida (SO_2), Nitrogen Oksida (NO_x), Karbon Monoksida (CO), Ozone (O_3), Hidrokarbon Non Metana (NMHC), Partikel Tersuspensi Total (TSP), Partikulat Matter (PM_{10}), Partikulat ($PM_{2,5}$), dan Timbal (Pb) memiliki nilai konsentrasi yang masih berada di bawah nilai baku mutu yang ditetapkan regulasi.

Hasil uji kualitas udara ambien pada empat titik lokasi meliputi area kawasan industri, area akomodasi karyawan, desa A dan desa B, rata-rata semua parameter uji udara ambien memiliki nilai konsentrasi yang masih berada di bawah baku mutu berdasarkan regulasi Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggara Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan pada lampiran VII terkait baku mutu udara ambien.

4. KESIMPULAN

Pengelolaan kualitas udara pada industri pertambangan X di Maluku Utara ini memenuhi standar baku mutu baik dari pembuangan emisi dan kualitas udara ambien. Pada setiap cerobong emisi

buangannya baik di smelter maupun di PLTU sudah memiliki unit alat pengendali seperti *Electrostatic Precipitator* (ESP) dan *Flue Gas Desulfurization* (FGD). ESP dapat menangkap partikulat debu dengan ukuran partikel terkecil 2.5 μm dari gas buangan dengan dengan tingkat efisiensi mencapai 99% sehingga partikulat yang keluar dari cerobong memiliki nilai yang jauh lebih rendah (Pirhadi *et al*., 2020). Dan alat pengendalian FGD dapat menghilangkan Sulfur Dioksida (SO_2) dari gas buang yang di keluarkan melalui cerobong dengan tingkat efisiensi mencapai 95% (Srivastava *et al*., 2001). Hal ini yang membuat emisi buang yang dikeluarkan baik dari delapan cerobong smelter dan satu cerobong PLTU memiliki nilai konsentrasi yang masih berada di bawah baku mutu pada semua parameter uji. Sedangkan hasil uji kualitas udara ambien pada empat titik lokasi meliputi area industri, area akomodasi karyawan, desa A dan desa B, rata-rata memiliki nilai konsentrasi yang masih berada dibawah baku mutu pada setiap parameter uji.

REFERENSI

Anwar, F.S., Mallongi, A., & Maidin, M.A. (2019). Kualitas Udara Ambien CO Dan TSP di Permukiman Sekitar Kawasan Industri PT. Semen Tonasa. *JKMM: Jurnal Kesehatan Masyarakat Maritim, 2*(2), 84–92. https://doi.org/10.30597/jkmm.v2i1.10060

Brook, R.D., Rajagopalan, S., Pope, C.A., Brook, J.R., Bhatnagar, A., Diez-Roux, A.V., et al. (2010). Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: an update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, *121*(21), 2331–2378. https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e3181dbece1

Fitriyanti, R. (2016). Pertambangan Batubara: Dampak Lingkungan, Sosial dan Ekonomi. *Jurnal Redoks*, *1*:1, 34–40. https://doi.org/10.31851/redoks.v1i1.2017

Ghose, M. K., & Majee, S. R. (2007). Characteristics of hazardous airborne dust around an Indian surface coal mining area. Environmental Monitoring and Assessment, 130(1), 17-25.

Hendryx, M., Zullig, K.J., & Luo, J. (2020). Impacts of Coal Use on Health. *Annual Review of Public Health*, *2*:41, 397–415. https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth

Hoffmann, B., Boogaard, H., de Nazelle, A., Andersen, Z.J., Abramson, M., Brauer, M., et al. (2021). WHO air quality guidelines 2021 – aiming for healthier air for all: a joint statement by medical, public health, scientific societies and patient representative organisations. *International Journal of Public Health*, *66*, 1604465. https://doi.org/10.3389/ijph.2021.1604465

Lelieveld, J., Klingmüller, K., Pozzer, A., Burnett, R. T., Haines, A., & Ramanathan, V. (2019). Effects of fossil fuel and total anthropogenic emission removal on public health and climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *116*(15), 7192–7197.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan. (2019). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.15/Menlhk/Setjen/Kum.1/4/2019 Tentang Baku Mutu Emisi Pembangkit Listrik Tenaga Termal.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup. (2014). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pertambangan.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Pirhadi, M., Mousavi, A., & Sioutas, C. (2020). Evaluation of a high flow rate electrostatic precipitator (ESP) as a particulate matter (PM) collector for toxicity studies. *Science of the Total Environment*, *739*, 140060. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140060

Rahma, N. (2021). Dampak Pertambangan Batu Bara Pada Kesehatan Lingkungan: A Systematic Review. *Health Safety Environment Journal*, *2*(2). https://ejournal.upnvj.ac.id/HSE/article/view/4455

SNI 19-7117-10-2005. (2005). Emisi gas buang - sumber tidak bergerak bagian 10 : Cara uji konsentrasi CO, CO2, dan O2 dengan peralatan analisis otomatik.

SNI 19-7117-11-2005. (2005). Emisi gas buang - sumber tidak bergerak bagian 11 : Cara uji opasitas menggunakan skala Ringelmann untuk asap hitam.

SNI 7117-17-2009. (2009). Emisi gas buang sumber tidak bergerak bagian 17 : Penentuan kadar partikulat secara isokinetis.

SNI 7117-20-2009. (2009). Emisi gas buang sumber tidak bergerak bagian 20 : Penentuan kadar logam.

SNI 7119-2-2017. (2017). Udara ambien bagian 2 : Cara uji kadar nitrogen dioksin NO2 dengan metode griess saltzman menggunakan spektrofotometer.

SNI 7119-3-2017. (2017). Udara ambien bagian 3 : Cara uji partikel tersuspensi total menggunakan peralatan HVAS dengan gravimetri.

SNI 7119.4:2017. (2017). Udara ambien – Bagian 4 : Cara uji kadar timbal (Pb) dengan metoda destruksi cara basah menggunakan spektrofotometer serapan atom.

SNI 7119-7-2017. (2017). Udara ambien bagian 7 : Cara uji kadar sulfur dioksida SO2 dengan metoda pararosanilin menggunakan spektrofotometer.

SNI 7119-8-2017. (2017). Udara ambien bagian 8 : Cara uji kadar oksidan dengan metode neutral buffer kalium iodida menggunakan spektrofotometer.

SNI 7119-10-2011. (2011). Udara ambien bagian 10 : Cara uji kadar karbon monoksida CO menggunakan metode non dispersive infra red.

SNI 7119-13-2009. (2009). Udara ambien bagian 13 : Cara uji hidrokarbon menggunakan hydrocarbon analyzer dengan detektor ionisasi nyala.

SNI 7119-14-2016. (2016). Udara ambien bagian 14 : Cara uji partikel dengan ukuran $PM_{2,5}$ menggunakan HVAS dengan metode gravimetri.

SNI 7119-15-2016. (2016). Udara ambien bagian 15 : Cara uji partikel dengan ukuran PM_{10} menggunakan HVAS dengan metode gravimetri.

Srivastava, R. K., & Jozewicz, W. (2001). Flue gas desulfurization: the state of the art. *Journal of the Air & Waste Management Association*, *51*(12), 1676–1688. https://doi.org/10.1080/10473289.2001.10464387

Sukana, B. , Lestary, H. , & Hananto, M. (2013). Kajian kasus ispa pada lingkungan pertambangan batu bara di kabupaten muara enim, sumatera selatan. Indonesian.

United States Environmental Protection Agency (EPA) (2022). Air emissions and regulations for industrial facilities. https://www.epa.gov

Xiao, Q., Geng, G., Liang, F., Wang, X., Lv, Z., Lei, Y., Huang, X., Zhang, Q., Liu, Y., & He, K. (2020). Changes in spatial patterns of $PM_{2.5}$ pollution in China 2000-2018: Impact of clean air policies. *Environment International*, *141*(105776). https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105776