

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Aktivitas sehari-hari masyarakat seperti konsumsi makanan, pembelian barang kemasan, dan berbagai kebutuhan hidup menghasilkan timbunan sampah rumah tangga yang terus bertambah setiap tahun (Sekarsari et al., 2022). Sampah yang tidak terkelola dengan baik tidak hanya mengakibatkan masalah estetika kota tetapi juga menimbulkan tekanan pada sistem lingkungan seperti kualitas udara dan potensi emisi gas rumah kaca yang semakin meningkat.

Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), timbunan sampah nasional pada tahun 2023 mencapai sekitar 38,6 juta ton, dengan mayoritas berasal dari sampah rumah tangga dan kawasan permukiman. Dari total tersebut, sekitar 62% merupakan sampah organik, sedangkan sisanya terdiri atas plastik, kertas, logam, dan limbah lain yang sulit terurai.

Kota Bekasi sebagai salah satu wilayah penyangga ibu kota memiliki dinamika urbanisasi yang tinggi, diikuti dengan meningkatnya produksi sampah dari aktivitas rumah tangga, komersial, maupun industri kecil. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), total timbunan sampah di Kota Bekasi pada tahun 2022 tercatat sebesar 821.379 ton per tahun, atau setara dengan sekitar 2.200 ton per hari (SIPSN KLHK, 2022). Sementara itu, data dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Bekasi menunjukkan bahwa jumlah sampah yang berhasil diangkut dan dikelola mencapai 630.688 ton per tahun, atau sekitar 1.700–1.800 ton per hari (Portal Satu Data Kota Bekasi, 2022).

Perbedaan data tersebut menunjukkan adanya selisih antara total timbunan sampah dan volume sampah yang terangkut, secara konseptual mencerminkan kesenjangan antara produksi sampah masyarakat dan kapasitas pengelolaan di tingkat kota. Data dari SIPSN menggambarkan total potensi beban limbah yang

dihasilkan masyarakat, sedangkan data DLH lebih menggambarkan efektivitas sistem pengumpulan dan pengangkutan menuju TPA Sumur Batu sebagai fasilitas pengolahan utama. Fenomena ini memperlihatkan bahwa meskipun sistem persampahan Kota Bekasi telah beroperasi secara rutin, masih terdapat porsi sampah yang belum terkelola secara optimal, baik karena keterbatasan armada, infrastruktur, maupun perilaku masyarakat dalam memilah dan mengelola sampah dari sumbernya.

Secara umum, sampah dapat diklasifikasikan menjadi sampah organik, sampah anorganik, dan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Sampah organik berasal dari bahan alami seperti sisa makanan, daun, dan ranting yang relatif mudah terurai secara biologis. Sampah anorganik, seperti plastik, logam, kaca, dan kemasan sintetis, memiliki karakteristik yang lebih sulit terurai. Sementara itu, limbah B3, seperti baterai, lampu bekas, limbah elektronik, dan bahan kimia rumah tangga, memerlukan penanganan khusus karena berpotensi membahayakan lingkungan dan kesehatan manusia. Perbedaan karakteristik sampah tersebut menyebabkan proses pengelolaan sampah menjadi semakin kompleks, terutama apabila berbagai jenis sampah bercampur dan tidak melalui proses pemilahan yang baik.

Dalam penelitian ini, jenis sampah yang menjadi fokus pembakaran adalah sampah domestik rumah tangga non-B3, terutama sampah kering yang mudah terbakar, seperti kertas, kardus, daun kering, ranting, dan kayu berukuran kecil. Pemilihan jenis sampah tersebut didasarkan pada karakteristik *incinerator* yang digunakan serta pertimbangan keamanan proses pembakaran. Sampah B3, seperti baterai, lampu bekas, limbah elektronik, dan bahan kimia rumah tangga, tidak termasuk dalam bahan uji karena memerlukan prosedur pengelolaan khusus dan berpotensi menghasilkan emisi berbahaya apabila dibakar tanpa sistem pengendalian yang sesuai.

Salah satu teknologi yang digunakan dalam pengelolaan sampah adalah *incinerator*. *Incinerator* merupakan teknologi pengolahan sampah secara termal yang bekerja dengan cara membakar sampah pada suhu tertentu sehingga volume sampah dapat berkurang dan menghasilkan residu berupa abu serta gas

buang. Teknologi ini sering dipertimbangkan sebagai alternatif pengurangan volume sampah, terutama pada wilayah dengan keterbatasan lahan pembuangan. Namun, penggunaan *incinerator* juga perlu memperhatikan aspek lingkungan karena proses pembakaran dapat menghasilkan emisi gas buang yang berpotensi mencemari udara apabila tidak dikendalikan dengan baik.

Gas buang hasil pembakaran sampah dapat mengandung berbagai parameter pencemar, antara lain karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), sulfur dioksida (SO_2), hidrokarbon, partikulat, serta senyawa pencemar lainnya. Dalam proses pembakaran, CO umumnya terbentuk akibat pembakaran yang tidak sempurna, sedangkan NO_x dapat terbentuk akibat reaksi oksidasi nitrogen pada suhu pembakaran tertentu. Oleh karena itu, kadar CO dan NO_x dapat digunakan sebagai salah satu indikator untuk menilai kualitas proses pembakaran dan potensi pencemaran udara dari gas buang *incinerator*.

Untuk mengurangi potensi pencemaran udara akibat gas buang *incinerator*, diperlukan sistem pengendalian emisi sebelum gas dilepaskan ke lingkungan. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah sistem *multistage* filter, yaitu sistem penyaringan bertahap yang memanfaatkan lebih dari satu media filter untuk membantu menurunkan kandungan polutan pada gas buang. Pada penelitian ini, media filter yang digunakan adalah zeolit dan karbon aktif. Zeolit merupakan material berpori yang memiliki kemampuan adsorpsi dan pertukaran ion, sedangkan karbon aktif memiliki luas permukaan dan porositas yang tinggi sehingga banyak digunakan sebagai adsorben untuk menyerap senyawa gas, bau, dan polutan tertentu.

Penggunaan kombinasi zeolit dan karbon aktif pada sistem *multistage* filter diharapkan dapat membantu memperbaiki kualitas gas buang *incinerator*. Namun, kualitas emisi gas buang tidak hanya dipengaruhi oleh keberadaan filter, tetapi juga oleh suhu pembakaran, jenis sampah, suplai udara, waktu pembakaran, kondisi ruang bakar, serta karakteristik media filter yang digunakan. Oleh karena itu, diperlukan pengujian secara empiris untuk mengetahui kadar emisi gas buang yang dihasilkan, khususnya pada parameter CO dan NO_x .

Dalam konteks pengolahan sampah secara termal, pemerintah Indonesia telah menetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.70 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Emisi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Sampah secara Termal. Peraturan ini menjadi acuan dalam menilai apakah emisi gas buang dari proses pembakaran sampah telah memenuhi ketentuan baku mutu emisi yang ditetapkan. Dengan adanya standar tersebut, hasil pengukuran emisi gas buang *incinerator* dapat dianalisis secara lebih objektif melalui perbandingan antara kadar emisi terukur dengan baku mutu yang berlaku.

Berdasarkan peraturan tersebut, pengujian emisi gas buang *incinerator* menjadi penting untuk mengetahui tingkat kesesuaian kadar polutan terhadap baku mutu lingkungan. Namun, dalam praktiknya, pengujian emisi pada *incinerator* skala kecil atau skala komunitas masih terbatas. Sebagian besar penggunaan *incinerator* skala kecil lebih menekankan pada kemampuan alat dalam mengurangi volume sampah, sedangkan aspek kesesuaian kadar emisi terhadap baku mutu belum banyak dikaji secara langsung. Hal ini menunjukkan adanya kebutuhan untuk melakukan analisis terhadap hasil emisi gas buang, terutama pada parameter yang dapat diukur menggunakan alat uji yang tersedia.

Disisi lain peraturan ini bertujuan untuk melindungi kesehatan masyarakat serta mencegah penurunan kualitas atmosfer di sekitar fasilitas pembakaran. Meskipun peraturan ini telah berlaku untuk usaha dan/atau kegiatan pembakaran, termasuk fasilitas pengolahan sampah, pemahaman dan implementasinya belum merata. Kesenjangan antara ketentuan regulatif dan praktik lapangan ini menjadi isu utama yang perlu dikaji secara ilmiah. Sebagian besar penelitian yang telah dilakukan di Indonesia masih berfokus pada estimasi emisi gas rumah kaca dari pengelolaan sampah skala makro (Alawiyah, 2023), atau evaluasi kinerja teknologi pembakaran tanpa mengaitkannya langsung dengan standar baku mutu emisi nasional.

Hal ini menunjukkan adanya kebutuhan untuk melakukan analisis terhadap hasil emisi gas buang, terutama pada parameter yang dapat diukur menggunakan alat uji yang tersedia. Penelitian ini difokuskan pada analisis kesesuaian kadar CO dan NO_x pada gas buang *incinerator multistage* filter. Pemilihan parameter CO dan NO_x didasarkan pada ketersediaan hasil pembacaan gas *analyzer* serta relevansinya sebagai parameter pencemar dari proses pembakaran. Penelitian ini tidak diarahkan untuk menguji efektivitas filter secara menyeluruh, melainkan untuk mengetahui apakah kadar CO dan NO_x yang terukur pada gas buang *incinerator* masih berada di bawah atau melebihi baku mutu emisi berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.70 Tahun 2016.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini penting dilakukan sebagai bentuk evaluasi awal terhadap kualitas emisi gas buang *incinerator multistage* filter. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan data empiris mengenai kadar CO dan NO_x pada gas buang *incinerator*, serta menjadi dasar pertimbangan dalam pengembangan sistem pengendalian emisi yang lebih baik pada penelitian selanjutnya.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat diketahui identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Timbulan sampah nasional yang terus meningkat setiap tahun menunjukkan bahwa sistem pengelolaan sampah di Indonesia masih belum mampu menyeimbangkan antara produksi dan penanganan limbah, terutama pada kawasan perkotaan padat penduduk seperti Kota Bekasi.
2. Dominasi sampah organik sebesar 62% dari total timbulan nasional (KLHK, 2023) memperlihatkan potensi besar untuk pengolahan berbasis biologis, namun kenyataannya sebagian besar masih berakhir di TPA tanpa proses pemilahan atau pemanfaatan.
3. Perbedaan data antara SIPSN KLHK dan Dinas Lingkungan Hidup Kota Bekasi menunjukkan adanya selisih antara total timbulan sampah dan

volume sampah yang terangkut, sehingga mencerminkan adanya tantangan dalam sistem pengumpulan, pengangkutan, dan pengelolaan sampah di tingkat daerah.

4. Ketergantungan terhadap tempat pemrosesan akhir (TPA) dapat menyebabkan peningkatan volume timbunan sampah, memperpendek umur layanan TPA, serta menimbulkan dampak lingkungan seperti bau tidak sedap, dan emisi gas hasil pembusukan sampah.
5. Pemanfaatan *incinerator* sebagai alternatif pengelolaan sampah mulai diterapkan di beberapa wilayah, namun penggunaannya tetap berpotensi menghasilkan emisi gas buang apabila proses pembakaran tidak dikendalikan dengan baik.
6. Kualitas emisi gas buang *incinerator* dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis sampah, kadar air sampah, suhu ruang bakar, suhu cerobong, suplai udara, waktu pembakaran, serta kondisi media filter yang digunakan.
7. Proses pembakaran sampah pada *incinerator* dapat menghasilkan parameter pencemar udara, antara lain karbon monoksida (CO) dan nitrogen oksida (NO_x), yang perlu dianalisis karena berkaitan dengan kualitas pembakaran dan potensi pencemaran udara.
8. Jenis sampah domestik rumah tangga non-B3 yang digunakan sebagai bahan pembakaran, seperti kertas, kardus, daun kering, ranting, dan kayu kecil, memiliki karakteristik mudah terbakar, tetapi tetap berpotensi menghasilkan emisi CO dan NO_x selama proses pembakaran berlangsung.
9. Belum banyak pengujian empiris yang secara langsung menganalisis kadar CO dan NO_x pada gas buang *incinerator* skala kecil atau skala komunitas, khususnya yang menggunakan sistem *multistage* filter berbahan zeolit dan karbon aktif.

10. Hasil pengukuran emisi gas buang *incinerator* perlu dibandingkan dengan baku mutu emisi berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.70 Tahun 2016 agar dapat diketahui tingkat kesesuaian kadar CO dan NO_x terhadap standar lingkungan yang berlaku.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam penulisan ini, penulis memberikan batasan masalah guna menghindari pembahasan yang terlalu luas serta agar fokus penelitian tetap terjaga. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : Penelitian ini dibatasi pada analisis kadar emisi karbon monoksida (CO) dan nitrogen oksida (NO_x) pada gas buang *incinerator multistage* filter berdasarkan hasil pengujian menggunakan gas *analyzer*, kemudian dibandingkan dengan baku mutu emisi dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.70 Tahun 2016, dengan memperhatikan keterbatasan alat uji, serta penggunaan sampah domestik rumah tangga non-B3 yang kering secara visual tanpa pengukuran kadar air secara laboratorium.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah di atas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana karakteristik kadar karbon monoksida (CO) dan nitrogen oksida (NO_x) pada gas buang *incinerator multistage* filter berdasarkan hasil pengujian menggunakan gas *analyzer*?
2. Bagaimana kadar CO dan NO_x pada gas buang *incinerator multistage* filter terhadap baku mutu emisi berdasarkan Permen LHK No. P.70 Tahun 2016?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mengidentifikasi karakteristik kadar karbon monoksida (CO) dan nitrogen oksida (NO_x) pada gas buang *incinerator multistage* filter berdasarkan hasil pengujian menggunakan gas *analyzer*.

2. Menganalisis kesesuaian kadar CO dan NO_x pada gas buang *incinerator multistage* filter terhadap baku mutu emisi berdasarkan Permen LHK No. P.70 Tahun 2016.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang nyata bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan penerapan kebijakan, khususnya dalam pengelolaan emisi hasil pembakaran sampah di kawasan padat penduduk dengan penggunaan *incinerator multistage* filter. Dibawah ini manfaat penelitian sebagai berikut :

1. Manfaat Teoritis

- A. penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan kajian ilmiah mengenai emisi gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran sampah menggunakan *incinerator*.
- B. Fokus penelitian pada parameter karbon monoksida (CO) dan nitrogen oksida (NO_x) diharapkan dapat memperkaya pemahaman mengenai karakteristik emisi hasil pembakaran, terutama pada *incinerator* yang dilengkapi dengan sistem *multistage* filter berbahan zeolit dan karbon aktif..
- C. Penelitian ini juga dapat memperkuat pemahaman mengenai pentingnya penggunaan baku mutu emisi sebagai dasar dalam menilai kualitas gas buang dari proses pengolahan sampah secara termal.

2. Manfaat Secara Teknis (Bagi Masyarakat)

- A. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan data empiris awal mengenai kadar CO dan NO_x pada gas buang *incinerator multistage* filter berdasarkan hasil pengujian menggunakan gas *analyzer*. Data tersebut dapat digunakan sebagai bahan evaluasi awal terhadap kualitas emisi gas buang yang dihasilkan selama proses pembakaran sampah domestik rumah tangga non-B3.

B. Hasil penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengoperasian *incinerator*, pengendalian emisi, serta pengembangan sistem filtrasi gas buang agar proses pembakaran sampah dapat berlangsung lebih terkendali dan sesuai dengan prinsip perlindungan lingkungan.

3. Manfaat Bagi Akademis

A. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi mahasiswa, peneliti, maupun pihak lain yang akan melakukan kajian terkait emisi gas buang *incinerator*, khususnya pada parameter CO dan NO_x.

B. Penelitian ini juga dapat menjadi dasar bagi penelitian lanjutan yang ingin mengembangkan pengujian dengan jumlah sampel yang lebih banyak, parameter emisi yang lebih lengkap, metode pengukuran yang lebih mendalam, serta analisis yang lebih komprehensif terhadap kesesuaian emisi *incinerator* dengan baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.70 Tahun 2016.

Intelligentia - Dignitas