

## Sosialisasi Seminar Teknologi Pengendalian Pencemaran Udara Widya Mulya<sup>1</sup>, Iin Pratama<sup>2</sup>, James Evert Adolf Liku<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universitas Balikpapan  
<sup>1</sup>widya@uniba-bpn.ac.id

### Abstrak

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.15/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019). Partikulate Matter (PM 2,5) adalah partikel udara yang berukuran lebih kecil dari atau sama dengan 2,5  $\mu\text{m}$  (mikrometer). PM 2,5 di Indonesia pada Tahun 2022 dilaporkan menjadi yang terburuk ke-26 dari 131 Negara secara global, tingkat konsentrasi PM 2,5 harian Indonesia pada Tahun 2022 mencapai 30,4  $\mu\text{gram}/\text{m}^3$  (dirilis IQAir, perusahaan teknologi berbasis di Swiss). Pengendalian pencemaran udara merupakan serangkaian proses dan pendekatan teknis untuk meniadakan atau mengurangi tingkat toksik senyawa tertentu pada gas buang, sehingga tidak melebihi baku mutu emisi yang ditetapkan. Pengendalian pencemaran udara yang benar diperlukan syarat-syarat teknis yang harus dipenuhi dalam konstruksi unit pemrosesan *waste to energy* yang memerlukan penilaian pada bagian awal perencanaan maupun pemilihan teknologi pengendalian (standar nasional maupun internasional). Pemilihan teknologi pengendalian pencemaran udara berdasarkan pertimbangan parameter yang diproses, pemilihan peralatan (parameter eksternal dan karakteristik peralatan), desain sistem (peralatan dan instrumen). Teknologi pengendalian partikulat terdiri dari proses gravitasi, sentrifugal, elektrostatik, impaksi, intersepsi, difusi. Sedangkan teknologi pengendalian gas terdiri dari proses adsorpsi, absorpsi, kondensasi, *combustion*.

**Kata Kunci:** Teknologi, Pengendalian Pencemaran Udara.

### Abstract

*Air pollution is the entry or inclusion of substances, energy and/or other components into the ambient air so that the quality of the ambient air drops to a certain level which causes the ambient air to be unable to fulfill its function (Regulation of the Minister of Environment and Forestry of the Republic of Indonesia Number P.15/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019). Particulate Matter (PM 2.5) are airborne particles that are smaller than or equal to 2.5  $\mu\text{m}$  (micrometer). PM 2.5 in Indonesia in 2022 is reported to be the 26th worst out of 131 countries globally, Indonesia's daily PM 2.5 concentration level in 2022 reaches 30.4  $\mu\text{gram}/\text{m}^3$  (released by IQAir, a Swiss-based technology company). Air pollution control is a series of processes and technical approaches to eliminate or reduce the toxic level of certain compounds in exhaust gases, so that they do not exceed the established emission quality standards. Proper control of air pollution requires technical requirements that must be met in the construction of a waste to energy processing unit which requires an assessment at the beginning of the planning as well as the selection of control technology (national and international standards). The selection of air pollution control technology is based on consideration of the parameters being processed, selection of equipment (external parameters and characteristics of the equipment), system design (equipment and instruments). Particulate control technology consists of gravity, centrifugal, electrostatic, impaction, interception, diffusion processes. While gas control technology consists of adsorption, absorption, condensation, combustion processes.*

*Keywords: Technology, Air Pollution Control.*

### 1. Pendahuluan

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya (Peraturan Menteri

Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.15/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019).

Partikulate Matter (PM 2,5) adalah partikel udara yang berukuran lebih kecil dari atau sama dengan 2,5  $\mu\text{m}$  (mikrometer). PM 2,5 di Indonesia pada Tahun 2022 dilaporkan menjadi yang

terburuk ke-26 dari 131 Negara secara global, tingkat konsentrasi PM 2,5 harian Indonesia pada Tahun 2022 mencapai 30,4  $\mu\text{gram}/\text{m}^3$  (dirilis IQAir, perusahaan teknologi berbasis di Swiss).

Pengendalian pencemaran udara merupakan serangkaian proses dan pendekatan teknis untuk meniadakan atau mengurangi tingkat toksik senyawa tertentu pada gas buang, sehingga tidak melebihi baku mutu emisi yang ditetapkan. Pengendalian pencemaran udara yang benar diperlukan syarat-syarat teknis yang harus dipenuhi dalam konstruksi unit pemrosesan *waste to energy* (WtE) yang memerlukan penilaian pada bagian awal perencanaan maupun pemilihan teknologi pengendalian (standar nasional maupun internasional). Terdapat berbagai potensi dampak negatif dari suatu fasilitas WtE yang harus diidentifikasi, dimonitor dan dikendalikan. Potensi dampak negatif tersebut bisa saja diakibatkan adanya pencemar berupa partikulat (dust, ash, smoke, dan fume) dan gas buang ( $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , Dioksin dan Furan).

Tujuan pengabdian ini, seminar diperuntukan bagi perwakilan pelaksana pada perusahaan penghasil emisi agar mengetahui dan memahami teknologi pengendalian pencemaran udara.

Menurut Suharto (2011), sumber pencemar udara meliputi:

- 1) Sumber pencemar udara primer terdiri atas senyawa kimia yang tidak berubah komposisinya, bentuk fisik dan atau bentuk senyawa kimia dari sumber pencemar ke udara dengan waktu tinggal cukup lama dari waktu bulanan ke tahunan dan sangat stabil. Sumber pencemar udara primer meliputi  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , partikulat, hidrokarbon, Pb, debu, metan, benzene.
- 2) Sumber pencemar udara sekunder yang dihasilkan di atmosfer oleh peristiwa reaksi kimia seperti hidrolisis, oksidasi dan reaksi fotokimia. Bahan pencemar udara sekunder diperoleh dari sumber bergerak yang merupakan sumber emisi bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat dari kendaraan bermotor dan bahan kimia berbahaya yang terbentuk dari senyawa lain dan dilepaskan ke udara. Gas buangan dari kendaraan yang mengandung bahan bakar fosil seperti bensin, minyak diesel, minyak tanah, batu bara dan gas alam.

Menurut Suharto (2011), sumber pencemar bencana alam dan bencana buatan manusia meliputi:

- 1) Sumber pencemar udara dari bencana alam seperti meletusnya gunung berapi yang mengeluarkan senyawa kimia  $\text{SO}_x$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , metana, ammonia dan  $\text{NO}_x$ .
- 2) Sumber pencemar udara dari buatan manusia yang dapat digolongkan menjadi sumber pencemar udara stasioner dan bergerak misalnya mobil, truk diesel dengan bahan bakar fosil sebagai sumber energinya.
- 3) Sumber pencemar udara yang dikeluarkan oleh sumber tidak bergerak merupakan sumber emisi tetap berasal dari dunia industry.
- 4) Limbah gas  $\text{SO}_x$ ,  $\text{HCL}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{NO}_x$  dan senyawa hidrokarbon yang mudah menguap selama perjalanan di atmosfer dikonversi menjadi asam sulfat dan asam nitrat, garam ammonium dan ozon. Senyawa kimia ini jatuh ke tanah sebagai air hujan asam, partikel kecil dan kering, kabut dan salju. Semua bahan pencemar ini akan merusak tanaman pangan khususnya sayur-mayur dan buah-buahan. Pencemaran air permukaan tanah menyebabkan lahan menjadi asam sehingga lahan tidak dapat ditanami dengan tanaman pangan. Hal ini dapat menurunkan nilai pH lahan tanaman pangan.

Menurut Suharto (2011), bahan pencemar partikulat di udara meliputi:

- 1) Senyawa kimia nitrogen oksida merupakan senyawa kimia gas hasil reaksi kimia antara nitrogen dan oksigen. Senyawa kimia gas  $\text{NO}_x$  terdiri atas  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  dan  $\text{N}_2\text{O}$  yang mempunyai dampak negatif terhadap pertumbuhan tanaman pangan, pemanasan global, korosi terhadap alat dan mesin logam, pembentukan kabut berbahaya dan gangguan Kesehatan manusia.
- 2) Senyawa kimia sulfur dioksida atau  $\text{SO}_2$  hasil reaksi antara belerang dengan oksigen, sulfurdioksida tidak berwarna, iritasi dan merupakan pencemar udara primer.
- 3) Senyawa kimia karbon monoksida dan karbondioksida merupakan bahan pencemar udara yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak terasa, sangat beracun

dan mengurangi transport oksigen dalam darah manusia.

- 4) Senyawa kimia hidrokarbon
- 5) Ozon pada lapisan troposfer merupakan pencemar udara.

Menurut Pusat Pendidikan dan Pelatihan Jalan, Perumahan, Permukiman, dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah (2018), Secara mekanistik teknologi pengendalian partikulat terdiri dari 6 cara, yaitu:

- 1) Proses Gravitasi

Pada proses ini penyisihan dilakukan dengan memanfaatkan gaya berat/gravitasi dari partikulat itu sendiri yang menghasilkan kecepatan pengendapan. Sehingga mekanisme penyisihannya memanfaatkan ruang yang mampu menghasilkan kecepatan terminal saat partikulat terpisah dari stream aliran gas buang. Proses ini hanya efektif pada ukuran partikulat lebih dari 70 mikron.

- 2) Proses Sentrifugal

Pada proses ini, kelemahan pada mekanisme gravitasi dicoba diatasi dengan memberikan percepatan gaya sentrifugal dan pembentukan vortex. Sehingga partikulat dapat terpisah dari stream aliran gas buang. Penambahan gaya sentrifugal ini mampu menyisihkan partikulat hingga ukuran 5 mikron.

- 3) Proses Elektrostatik

Pada proses ini partikulat diberikan muatan pada bagian permukaannya kemudian ditangkap oleh bidang pengumpul yang bermuatan berlawanan. Pada mekanisme pemberian muatan ini, ukuran partikel efektif adalah lebih kecil dari 10 mikron karena pada ukuran yang lebih besar, muatan akan mudah lepas dari bidang permukaan seiring dengan berkurangnya gaya induksi elektrik.

- 4) Proses Impaksi

Proses penyisihan pada proses ini adalah melalui menumbukkan partikel dengan bidang material tertentu yang tegak lurus dengan garis edar gas buang. Proses impaksi akan efektif jika pada titik tumbukan tercapai kecepatan terminal sehingga tidak terpantul kembali dan terbawa aliran gas buang.

- 5) Proses Intersepsi

Pada proses intersepsi, partikulat masih akan terbawa dalam garis edar gas buang namun ketika memasuki zona porositas,

partikel akan mengalami kehilangan tekan sehingga terpisah dari gas buang.

- 6) Proses Difusi

Proses ini merupakan mekanisme lebih lanjut dari partikulat dengan proses impaksi namun terjadi kesetimbangan momentum sehingga perilaku partikel akan mengalami perubahan sesuai materi atau bidang yang terkena impaksi.

Menurut Pusat Pendidikan dan Pelatihan Jalan, Perumahan, Permukiman, dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah (2018), secara mekanistik teknologi pengendalian gas terdiri dari 4 proses, yaitu:

- 1) Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi dalam penyisihan gas berupa terserapnya gas pada permukaan padat. Tiga elemen penting dalam proses adsorpsi, yaitu Adsorpsi : proses tertahannya pencemar gas pada permukaan padat; Adsorben: permukaan padat yang mampu menarik molekul gas pencemar (seperti karbon aktif, silika gel, activated alumina); Adsorbat adalah molekul gas pencemar yang tertahan pada permukaan padat (seperti senyawa organik volatil, thinner cat, pelarut / solvents).

- 2) Proses Absorpsi

Absorpsi adalah mekanisme dimana satu atau lebih zat pencemar dalam aliran gas dieliminasi atau dihilangkan dengan cara melarutkannya dalam cairan.

- 3) Proses Kondensasi

Proses penyisihan gas pencemar dengan cara merubah fasa dari fasa gas ke fasa cair.

- 4) Proses Combustion

Proses penyisihan gas yang bekerja dengan prinsip okidasi. Biasanya digunakan untuk mengendalikan senyawa organik volatil (VOC) dan atau senyawa-senyawa beracun. Pembakaran atau disebut juga oksidasi secara kimia berlangsung dengan mereaksikan senyawa tertentu dengan oksigen baik secara langsung ataupun dengan bantuan katalis.

## 2. Bahan dan Metode

Metode kegiatan pengabdian seminar online diperuntukan bagi perwakilan pelaksana pada perusahaan penghasil emisi agar mengetahui dan memahami teknologi pengendalian pencemaran udara adalah sebagai berikut:

- 1) Tahap Persiapan
  - a) Persiapan tim pelaksana yang mengkoordinasi pendaftaran peserta seminar online, yang mengkoordinasi sertifikasi bagi peserta, yang mengkoordinasi *rundown* acara dan moderator.
  - b) Persiapan materi oleh narasumber tentang sumber pencemar udara, sumber pencemar bencana alam dan bencana buatan manusia, bahan pencemar partikulat di udara, teknologi pengendalian partikulat, teknologi pengendalian gas.

menunjukkan pelaksanaan kegiatan seminar online.

- 2) Tahap Pelaksanaan
  - a) Metode ceramah  
Metode ceramah ini dipilih untuk memberikan penjelasan tentang sumber pencemar udara, sumber pencemar bencana alam dan bencana buatan manusia, bahan pencemar partikulat di udara, teknologi pengendalian partikulat, teknologi pengendalian gas.
  - b) Metode tanya jawab  
Metode tanya jawab ini sangat penting bagi peserta baik disaat menerima penjelasan dan pemahaman tentang sumber pencemar udara, sumber pencemar bencana alam dan bencana buatan manusia, bahan pencemar partikulat di udara, teknologi pengendalian partikulat, teknologi pengendalian gas.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Tahapan kegiatan ini meliputi:

- 1) Seminar online teknologi pengendalian pencemaran udara.  
Seminar online diperuntukan bagi perwakilan pelaksana pada perusahaan penghasil emisi agar mengetahui dan memahami teknologi pengendalian pencemaran udara. Gambar 1



**Gambar 1 Peserta Pelaksanaan Seminar Online Teknologi Pengendalian Pencemaran Udara**

Seminar online ini berisikan mengenai:

- 1) Penjelasan dan pemahaman tentang sumber pencemar udara, sumber pencemar bencana alam dan bencana buatan manusia, bahan pencemar partikulat di udara.
- 2) Setelah memahami dan dapat mengidentifikasi sumber pencemar dan bahan pencemar, selanjutnya memilih teknologi pengendali yang akan digunakan, adapun perbandingan alat-alat pengendali pencemaran udara yang tersaji pada table 1.
- 3) Terdapat berbagai macam proses dan teknologi pengendalian emisi partikulat, berbagai macam proses dan teknologi tersebut memiliki karakteristik masing-masing, sehingga dalam pengendalian emisi partikulat harus menggunakan kombinasi beberapa proses dan teknologi.
- 4) Terdapat berbagai macam proses dan teknologi pengendalian emisi gas, berbagai macam proses dan teknologi tersebut memiliki karakteristik masing-masing, sehingga dalam pengendalian emisi gas harus menggunakan kombinasi beberapa proses dan teknologi.

Tabel 1 Perbandingan Alat-alat Pengendali Pencemaran Udara

	Absorber (Packed-Bed/ Packed-Tower Wet Scrubber)	Thermal Combustion Unit	Catalytic Combustion Unit	Electrostatic Precipitator (Jenis Kering, Wire-Plate)	Cyclone	Gravity Settling Chamber	Wet Scrubber (Spray Chamber/ Spray Tower)	Fabric Filter
Polutan yang dapat disisihkan	Gas/ uap/ asap anorganik, VOC, PM, PM10, PM2,5, PMHAP	VOC, beberapa jenis PM, soot	VOC, beberapa jenis PM	PM, PM10, PM2,5, PMHAP	PM, terutama untuk PM dengan diameter aerodinami k>10m	PM, terutama untuk PM dengan diameter aerodinami k >10m	PM, PM10, PM2.5, PMHAP, gas/ uap/ fume anorganik, VOC	PM, PM10, PM2.5, PMHAP
Temperatur	Tipikal temperature <i>inlet</i> untuk: PM: 4–370 °C Gas: 4–38 °C	590–650 °C untuk senyawa organik, 980–1200 °C untuk senyawa bahan berbahaya dan beracun	320–430 °C sebelum <i>bed</i> katalis dan 540–675 °C dari <i>exhaust</i> katalis	Dapat digoperasikan untuk temperatur gas hingga 700 °C	Temperatur maksimum bergantung pada material <i>cyclone</i> , dapat mencapai 540 °C	Dapat dioperasikan untuk temperature hingga 540 °C	PM: 4–370 °C Gas: 4–38 °C	Dapat digoperasikan untuk temperatur gas hingga 260 °C
Laju Aliran Udara	0,25–35 Nm <sup>3</sup> /det	0,24–24 Nm <sup>3</sup> /det	0,33–24 Nm <sup>3</sup> /det	100–500 Nm <sup>3</sup> /det	0,5–12 Nm <sup>3</sup> /det	0,25–0,5 Nm <sup>3</sup> /det per m <sup>3</sup> volume chamber	0,7–47 Nm <sup>3</sup> /det	
Tipikal Aplikasi pada Industri	Industri kimia, aluminium, makanan dan pertanian, <i>electroplating</i> krom	Ventilasi reaktor, ventilasi distilasi, proses pembuatan pelarut dan proses yang melibatkan oven, pengering serta kiln	Oven pemroses kertas <i>filter</i> ; proses pengeringan kayu lapis; stasiun pemuatan bahan bakar; proses manufaktur karet dan polimer; resin polietilen, polistiren dan polyester; ventilasi proses dari industri kimia organik sintetik	Industri utilitas listrik; industri pulp dan kertas; industri semen dan mineral lainnya; serta industri logam non besi	Biasanya digunakan setelah proses pengeringan <i>spray</i> pada industri makanan dan kimia, setelah proses <i>crushing</i> , <i>grinding</i> dan <i>calcining</i> pada industri mineral dan kimia	Industri penyulingan logam, <i>power plant</i>	Pengendalian emisi dari tanki penyimpanan benzene dan <i>light-oil</i> , sebagai bagian dari FGD untuk mengendalikan emisi dari pembakaran batu bara dan minyak pada peralatan listrik dan industri	Boiler (batu bara), boiler industri/ komersial/ institusi (batu bara, kayu), proses pengolahan logam besi dan baja, industri semen, proses pembuatan aspal, proses penggilingan biji-bijian

Sumber: Pusat Pendidikan dan Pelatihan Jalan, Perumahan, Permukiman, dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah (2018)

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan kegiatan pengabdian ini yaitu memahami teknologi pengendalian pencemaran udara, pemilihan teknologi pengendalian pencemaran udara berdasarkan:

- 1) Pertimbangan parameter yang diproses meliputi suhu, tekanan, volume alir, kerapatan, komposisi, volume kandungan air, toksisitas, korositas, viskositas, sifat mudah terbakar, konsentrasi, distribusi diameter partikel, densitas, sifat gesek, sifat melarut, sifat ledak, daya rekat.
- 2) pemilihan peralatan (parameter eksternal dan karakteristik peralatan),
- 3) Desain sistem, peralatan dan instrumen meliputi *hood*, *fan*, sistem pembuangan debu terkumpul, pipa *duct*, kontrol panel, peralatan pendingin gas, peralatan pengolah air limbah, kecepatan aliran

dasar, *start up*, *shut down*, kestabilan sistem, potensi ekonomi.

Teknologi pengendalian partikulat terdiri dari proses gravitasi, sentrifugal, elektrostatik, impaksi, intersepsi, difusi. Sedangkan teknologi pengendalian gas terdiri dari proses adsorpsi, absorpsi, kondensasi, *combustion*.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu pengabdian ini, sehingga terlaksana dengan baik, peserta yang telah meluangkan waktu untuk mengikuti kegiatan webinar teknologi pengendalian pencemaran udara dan panitia yang telah menyiapkan segala perlengkapan webinar.

## 6. Daftar Rujukan

- Anonim. (2018). *Pengendalian Emisi Partikulat dan Gas dari Fasilitas WtE*. Bandung: Pusat Pendidikan dan Pelatihan Jalan, Perumahan, Permukiman, dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah.
- Mulya Widya. (2022). *Sosialisasi Pengendalian Polusi Udara*. Jurnal Eunoia, 1(2), 65-62. <https://jurnal.d4k3.uniba-bpn.ac.id/index.php/EUNOIA/issue/view/19>
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.15/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019. (2019). *Baku Mutu Emisi Pembangkit Listrik Energi Termal*. Jakarta.
- Suharto. (2011). *Limbah Kimia dalam Pencemaran Udara dan Air*. Yogyakarta: Andi.