

PENGARUH EMISI CEROBONG BOILER BATUBARA TERHADAP UDARA AMBIEN

Rofiq Sunaryanto dan Addy Prasetyo
liedyprasetyo@gmail.com

Abstrak

Pencemaran udara khususnya di kota-kota besar sudah merupakan masalah yang perlu segera ditanggulangi. Polutan yang dihasilkan dari cerobong boiler batubara didominasi oleh senyawa gas SO_2 , NO_x , CO dan partikulat. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui polusi yang dihasilkan oleh aktifitas cerobong boiler batubara dan mengetahui kualitas udara ambien di sekitar cerobong boiler batubara. Kandungan NO_2 , SO_2 , dan partikulat di udara ambien pada jarak 50 meter setelah dianalisa sebanyak 4 kali ulangan diperoleh nilai tertinggi 60,55 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), 38,68 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), dan 147 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) sedangkan nilai yang terendah sebesar 26,58 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), 25,06 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), dan 104 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$). Dan untuk jarak 100 meter diperoleh nilai tertinggi sebesar 30,22 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), 26,28 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), dan 127 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) sedangkan nilai yang terendah sebesar 24,15 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), 24,25 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), dan 72 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

Kata kunci : pencemaran udara, cerobong boiler batubara, udara ambient

Abstract

Air pollution especially in big cities is an issue that should be overcome. Pollutants generated from the boiler coal SO_2 , dominated by a gas NO_x , CO and particulates. The aim of this research is to know the pollution produced by the experience of a boiler flue coal and knowing the air ambient around chimney boiler coal. NO_2 content, SO_2 ; and particulates in air ambient on the 50 metres after analysis four times as much as was acquired highest score 60.55 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), 38.68 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), and 147 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) while the lowest is 26.58 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), 25.06 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), and 104 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$). And to 100 meters range of the value of the acquired 30.22 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), 26.28 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), and 127 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) while the lowest is 24.15 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), 24.25 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), and 72 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

Keywords : air pollution, chimney boiler coal, air ambient

A. PENDAHULUAN

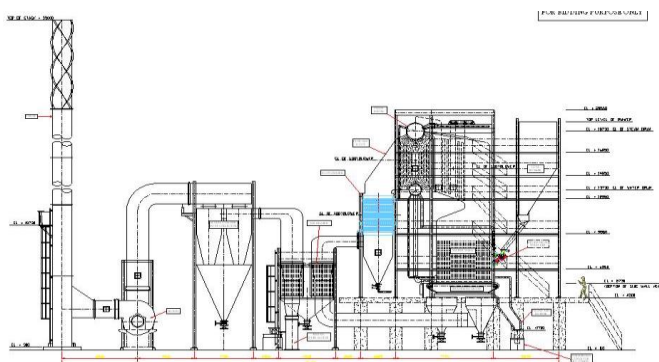
1. Latar Belakang

Pembangunan yang sangat pesat pada berbagai bidang akan memberikan manfaat yang cukup besar diantaranya yaitu peningkatan perekonomian, kemajuan teknologi dan kemajuan pembangunan. Kemajuan pembangunan yang diikuti dengan adanya pembangunan sarana dan prasarana yang digunakan untuk kepentingan masyarakat akan memberikan dampak positif berupa peningkatan kualitas hidup. Penurunan kualitas lingkungan diantaranya adalah pencemaran udara, tanah dan air. Meningkatnya pencemar di udara disebabkan oleh bertambahnya jumlah industri dan transportasi yang menghasilkan buangan. Degradasi lingkungan tersebut memerlukan perhatian yang cukup serius dari berbagai pihak karena akhirnya akan memberikan dampak yang cukup luas baik secara langsung maupun tidak langsung (Bakhtiar, 2006). Kegiatan industri dengan cerobongnya menghasilkan emisi yang sangat tinggi. Dengan semakin banyaknya industri yang menggunakan cerobong sebagai bahan pembakaran maka semakin besar pula pencemaran pada udara.

Cerobong emisi biasanya vertikal untuk aliran gas lancar menarik udara ke dalam pembakaran. Tingginya pembangunan cerobong asap dimaksudkan untuk menarik tinggi-tinggi udara yang ada dan selanjutnya menyapukan polutan-polutan yang terkandung dalam gas buang menuju wilayah yang lebih luas sehingga dapat mengurangi konsentrasi polutan yang telah disesuaikan dengan batasan peraturan yang berlaku. Polutan yang dihasilkan dari cerobong didominasi oleh senyawa gas SO_2 , NO_x , CO dan partikulat. Gas SO_2 dihasilkan akibat kandungan senyawa sulfur (S) dalam batubara, gas NO_x dan CO dihasilkan akibat proses pembakaran yang memerlukan oksigen

yang disuplai dari udara bebas yang didominasi oleh gas nitrogen. Sedangkan partikulat berupa *fly ash* (abu terbang) dihasilkan akibat kandungan abu dalam batubara yang terdiri dari dua macam partikulat yaitu yang mampu mengendap dan partikulat yang ikut terbawa keluar melalui stack sebagai abu terbang (*fly ash*).

Boiler adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas (*steam*) yang bersuhu sekitar 2500-3000°F. *Steam* pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses untuk membangkitkan energi. Sistem boiler terdiri dari sistem air umpan yaitu menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan *steam*. Sistem *steam* berfungsi mengumpulkan dan mengontrol produksi *steam* dalam boiler dan sistem bahan bakar. Boiler tersusun dari beberapa komponen seperti cerobong, *super heater*, *steam drum*, *economizer* yang berperan membantu memanaskan *feed water* yang digunakan dalam boiler (Akbar *et al.*, 2009).



Gambar 1. Skema Boiler Barubara.

Gambar di atas merupakan skema boiler batubara dimana terdapat bagian-bagian dari boiler dengan fungsi masing-masing bagian boiler sebagai berikut :

- *Main Furnace* adalah tempat terjadi fluidaisasi dan proses pembakaran dari *coal boiler*.
- *Furnace Bottom*, penambahan tungku yang ditujukan untuk menghasilkan uap yang lebih banyak. Menambah luas penampang dari tungku sehingga terjadi penurunan suhu tungku dengan persediaan batubara yang sama. Ketika suhu tungku turun maka persediaan batu bara bisa ditambah, sehingga menghasilkan tambahan uap.
- *Recyle Cyclone*, sisa-sisa pembakaran batu bara dan pasir silica yang terbawa angin akan terbang dan menuju *recycle cyclone*. Di dalam *cyclone* ini akan terjadi proses pemilahan antara *fly ash* dan *bottom ash*.
- *Electro Static Precipitator (ESP)*, berisi *hammer* dan *fish bone* yang bersifat magnet. Dengan memanfaatkan batu bara yang bersifat karbon maka akan dilakukan proses magnetisasi.
- *Ash vessel*, berisi *fly ash* yaitu abu-abu yang ringan.
- *Chimney*, tempat keluaran dari asap yang bersih, setelah proses yang bertahap maka asap akan dikeluarkan melalui *chimney*. (Rachim, *et al.*, 2011).

Batubara sebagai bahan bakar merupakan bahan bakar fosil yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang memfosil. Pada penggunaan bahan bakar batubara menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan, yaitu pelepasan polutan gas seperti NO_2 , SO_2 , hidrokarbon dan abu yang relatif besar, ada dua jenis limbah abu yang dihasilkan dari proses pembakaran batubara, yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*) (Lestari, 2013).

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh emisi cerobong bahan bakar batubara terhadap kualitas udara ambien dengan membandingkan jarak pengukuran kualitas udara terhadap cerobong.

3. Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian:

- Mengetahui polusi yang dihasilkan oleh aktivitas cerobong boiler batubara.
- Mengetahui kualitas udara ambien di sekitar cerobong boiler batubara.

B. METODE PENELITIAN

1. Tempat dan Waktu Penelitian

Pengambilan sampel dilakukan pada cerobong boiler batubara dan udara ambien di industri kimia daerah Cilegon, sedangkan, analisis laboratorium dilakukan di laboratorium PT. Unilab Perdana.

2. Alat yang digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Gas Analyzer Instrument E-4400, Wet Gas Meter Sinagawa Terdiri dari (Alat untuk Tes Temperatur, Manometer, Flow Meter, Pompa Vacum), Barometer, High Volume Sampler Graseby, dan Air Sampler Impinger.

3. Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah filter penyerap debu Glass Microfiber Thimble Whatman 0,3 - 0,45 μm .

4. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan menganalisa emisi cerobong boiler batubara dan analisa udara ambien dari jarak 50 dan 100 meter dari cerobong dengan ulangan sebanyak empat kali.

Pada tahap persiapan, filter dipanaskan terlebih dahulu pada temperatur 105°C selama 2 jam. Kemudian simpan filter dalam desikator selama 24 jam, setelah itu filter di timbang untuk memperoleh berat awal (g). Sebelum digunakan filter disimpan kembali di dalam desikator. Pasang filter yang telah ditimbang pada alat pemegang filter (*filter holder*) yang terdapat pada pipa pengambilan contoh uji. Pasang *nozzle* yang telah dipilih. Rangkaian seluruh peralatan pengambil contoh uji seperti pada gambar di atas. Masukkan pipa pengambil contoh uji pada posisi titik-titik lintas catat pembacaan awal V1 (L) pada gas meter atau flowmeter. Hidupkan pompa penghisap udara dan atur laju alir dengan putaran pompa sesuai. Setelah kurang lebih 2 menit (d disesuaikan dengan jumlah titik pengukuran dan konsentrasi partikel), pindahkan pipa pengambil contoh pada titik lintas pengukuran berikutnya. Catat tekanan (Pm) dan temperatur (tm) pada gas meter atau alat sampling. Ulangi langkah seperti di atas untuk titik lintas berikutnya. Setelah pengambilan contoh uji di semua titik lintas selesai, matikan pompa, posisikan pipa pengambil contoh uji ke arah berlawanan aliran gas buang. Keluarkan pipa pengambil contoh uji dari cerobong asap. Catat pembacaan akhir gas meter V2 (L) atau flowmeter. Setelah dingin lepaskan filter dari tempat pemegangnya lalu masukkan ke dalam kotak filter. Tandai botol penyimpanan filter dengan jelas.

Langkah awal dengan memulai pemasangan stick probe pada alat e-instrument 4400, lalu hidupkan alat e-instrument 4400, biarkan selama 5 menit untuk pemanasan (*warming-up*) kemudian atur bahan bakar yang digunakan, setelah selesai pengaturan, bisa dilakukan pengujian emisi gas buang dengan alat e-instrument 4400. Disiapkan penjerap sulfur dioksida dan penjerap nitrogen dioksida sebanyak 10 mL kemudian dimasukan kedalam tabung impinger dan tempatkan di peralatan air sampel impinger. Kemudian diatur laju alir, sebesar 0,5 L/menit untuk polutan gas sulfur dioksida dan laju alir sebesar 0,4 L/menit untuk polutan gas nitrogen oksida selama 60 menit lalu dicatat laju alir minimal tiga kali. Sampel dapat disimpan selama 24 jam pada suhu 5°C. Disiapkan larutan standar sulfur dioksida dan nitrogen dioksida kemudian dibuat deret standar kemudian ditambahkan larutan penjerap sebanyak 10 mL lalu dibaca absorbansinya menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 550 nm kemudian dibuat kurva kalibrasinya. Kemudian sampel SO₂ yang telah diperoleh dipindahkan kedalam labu ukur 25 mL dengan perlakuan seperti pada standar lalu diukur pada panjang gelombang yang sama dengan larutan standar kemudian dihitung konsentrasi SO₂

sampel dengan menggunakan kurva kalibrasi. Setelah itu disiapkan kertas saring yang telah diketahui bobot keringnya. Kemudian kertas saring dipasang pada alat high volume sampel dan diatur laju alir sebesar 30 L/menit. Pengambilan sampel debu dilakukan selama 60 menit dan dicatat laju alir minimal tiga kali.

5. Variabel Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan variable :

1. Variable yang ditetapkan yaitu :
 - a. Pengukuran polutan di cerobong boiler batubara
 - b. Pengukuran udara ambien di sekitar cerobong boiler batubara
2. Variabel perubah yaitu :
 - a. Pengukuran pada udara ambien dibedakan terhadap jarak 50 meter dan 10 meter yang masing-masing jarak pengukurannya dilakukan sebanyak empat kali ulangan.

6. Pengolahan Data

Pada penelitian ini pengukuran yang di analisa yaitu cerobong boiler batubara dan udara ambien dengan jarak 50 meter dan 100 meter yang masing-masing pengukurang dilakukan sebanyak empat kali ulangan. Dalam pengujian ini pengolahan data dihitung berdasarkan uji F yang membandingkan antara F hitung dengan F tabel, jika F hitung > dari F tabel maka Ho ditolak H₁ diterima dan sebaliknya jika F hitung < F tabel maka Ho diterima dan H₁ ditolak.

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Varian (ragam)	F hit	F tabel
Antar Kolom	$v_1 = k - 1$	JKK	$S_1^2 = \frac{JKK}{v_1}$	$\frac{S_1^2}{S_2^2}$	
Sisaan	$v_2 = N - k$	JKS	$S_2^2 = \frac{JKS}{v_2}$		
	N-1	JKT			

Keterangan :

N = banyaknya pengamatan $n_1 + n_2 + \dots + n_k$

k = jumlah populasi atau perlakuan

JKK = jumlah kuadrat antar kolom = $(\sum \frac{T_i^2}{n_i}) - \frac{T^2}{N}$

JKT = jumlah kuadrat total = $(\sum X_i^2) - \frac{T^2}{N}$

JKS = jumlah kuadrat sisaan = JKT - JKK

S = standar deviasi

\bar{X} = jumlah hasil setelah perlakuan

μ_0 = jumlah hasil sebelum perlakuan

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengecekan Udara Ambien Terhadap Kualitas Udara di Sekitar Cerobong Boiler

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas udara ambien dan dampak pencemaran dari emisi cerobong boiler batubara terhadap lingkungan. Cerobong Boiler merupakan salah satu bagian terpenting dalam industri terutama untuk mengontrol produksi. Karena alasan tersebut cerobong perlu dirawat dan dijaga terutama polutan yang dapat dihasilkan dari proses pembakarannya dijaga agar tidak mencemari lingkungan baik lingkungan kerja maupun penduduk sekitar. Kualitas parameter udara ambien yang berpengaruh dievaluasi berdasarkan Baku Mutu Lampiran PP

No.41/1999 tentang Pengendalian Pencemaran (Tabel 1) dan semua hasil pemantauan untuk parameter ambien partikulat, SO₂, NO₂ berada di bawah baku mutu yang dipersyaratkan.

Tabel 1. Baku Mutu Udara Ambien

No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
1	SO ₂ (<i>Sulfur Dioksida</i>)	1 Jam	900 µg/Nm ³	Pararosanilin	Spektrofotometer
2	CO (<i>Karbon Monoksida</i>)	1 Jam	30.000 µg/Nm ³	NDIR	NDIR Analyzer
3	NO ₂ (<i>Nitrogen Dioksida</i>)	1 Jam	400 µg/Nm ³	Saltzman	Spektrofotometer
4	O ₃ (<i>Oksida</i>)	1 Jam	235 µg/Nm ³	Chemiluminescent	Spektrofotometer
5	HC (<i>Hidro Karbon</i>)	3 Jam	160 µg/Nm ³	Flame Ionization	Gas Chromatografi
6	PM10 (Partikel < 10 mm)	24 Jam	150 µg/Nm ³	Gravimetric	Hi – Vol
	PM2,5 (Partikel < 2.5 mm)	24 Jam	65 µg/Nm ³	Gravimetric	Hi – Vol
7	TSP (<i>Debu</i>)	24 Jam	230 µg/Nm ³	Gravimetric	Hi – Vol
8	Pb (<i>Timah Hitam</i>)	24 Jam	2 µg/Nm ³	Gravimetric	Hi – Vol
9	Dustfall (<i>Debu Jatuh</i>)	30 Hari	10 ton/km ² / Bulan (pemukiman) 20 ton/km ² / Bulan (industri)	Gravimetric	Cannister
10	Total <i>Fluorides</i> (as F)	24 Jam	3 µg/Nm ³	Specific Ion	Impinger/ Countinous Analyzer
11	<i>Flour</i> Indeks	30 Hari	40 µg/Nm ³ Dari Kertas limed filter	Colourimetric	Limed filter paper
12	<i>Khlorine & Khlorine Dioksida</i>	24 Jam	150 µg/Nm ³	Specific Ion	Impinger/ Countinous Analyzer
13	<i>Sulphat</i> Indeks	30 Hari	1 mg/SO ₃ /100 Cm ³ dari lead Peroksida	Colourimetric	Lead peroksida candle

Adapun untuk parameter emisi sumber tidak bergerak dari cerobong boiler batubara dievaluasi berdasarkan Baku Mutu PermenLH No. 07 tahun 2007. Berikut hasil pengukuran kualitas udara ambien pada jarak 50 dan 100 meter :

Tabel 2. Hasil Pengukuran Udara Ambien Terhadap Emisi Cerobong Pada Jarak Tertentu

Emisi Cerobong			Udara Ambien Jarak 50 meter			Udara Ambien Jarak 100 meter			
NO ₂ (µg/Nm ³)	SO ₂ (µg/Nm ³)	Partikulat (µg/Nm ³)	NO ₂ (µg/Nm ³)	SO ₂ (µg/Nm ³)	Partikulat (µg/Nm ³)	NO ₂ (µg/Nm ³)	SO ₂ (µg/Nm ³)	Partikulat (µg/Nm ³)	
176000	336000	70000	30,22	26,28	113	27,26	24,06	89	
178000	334000	67000	60,55	38,68	147	30,22	26,28	127	
177000	331000	69000	27,9	25,38	104	24,15	22,28	72	
179000	334000	68000	26,58	25,06	106	24,9	24,38	78	
Jumlah	710000	1335000	274000	145,25	115,4	470	106,53	97	366
Rata-rata	177500	333750	68500	36,313	28,85	117,500	26,633	24,25	91,5

Berdasarkan hasil dari tabel di atas dapat dilihat nilai NO₂, SO₂, dan partikulat pada pengukuran emisi cerobong awal sangatlah tinggi, tetapi setelah dilakukan pengukuran udara ambien dapat terlihat konsentrasi ketiga parameter tersebut semakin berkurang seiring jauhnya jarak dari cerobong boiler. Hal tersebut dapat terlihat dimana konsentrasi ketiga parameter tersebut untuk jarak 100 m lebih kecil dibandingkan konsentrasi ketiga parameter untuk jarak 50 m. Namun, untuk konsentrasi keseluruhan sudah memenuhi baku mutu sesuai peraturan PPRI No. 41 Tahun 1999. Untuk membuktikan bahwa konsentrasi ketiga parameter tersebut berbeda jauh antara pengukuran awal emisi cerobong dan kualitas udara ambien setelahnya, maka dilakukan ANAVA.

2. Hasil Analisis NO₂ Udara Ambien

Hasil analisa udara ambien di jarak 50 dan 100 meter dari cerobong dapat dilihat dan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kadar NO₂ Udara Ambien

Ulangan	NO ₂ (µg/Nm ³) Udara Ambien		
	Emisi Cerobong	Jarak 50 (m)	Jarak 100 (m)
1	176000	30,22	27,26
2	178000	60,55	30,22
3	177000	27,9	24,15
4	179000	26,58	24,9
Jumlah	710000	145,25	106,53
Rata-rata	177500	36,3125	26,6325

Kandungan NO₂ di udara ambien pada jarak 50 meter setelah dianalisa sebanyak 4 (empat) kali diperoleh nilai tertinggi 60.55 (µg/Nm³) dan nilai yang terendah sebesar 26,58 (µg/Nm³) dan rata-rata nilai NO₂ sebesar 36,3125 (µg/Nm³). Udara ambien dengan jarak 100 meter dari udara emisi diperoleh nilai tertinggi sebesar 30,22 (µg/Nm³) dan yang terendah NO₂ sebesar 24,15 (µg/Nm³) dengan rata-rata sebesar 26,63 (µg/Nm³). Rata-rata hasil analisis NO₂ di emisi cerobong sebesar 177500 (µg/Nm³), pada jarak 50 meter kandungan NO₂ udara ambien sebesar 36.3125 (µg/Nm³) dan pada jarak 100 meter dari cerobong udara ambien sebesar 26,6325 (µg/Nm³), terlihat bahwa jarak mempengaruhi nilai udara ambien. Penurunan kandungan NO₂ udara ambien sebesar 26,66% karena penurunannya sebesar 9,68 (µg/Nm³).

Tabel 4. Analisis Varian NO₂

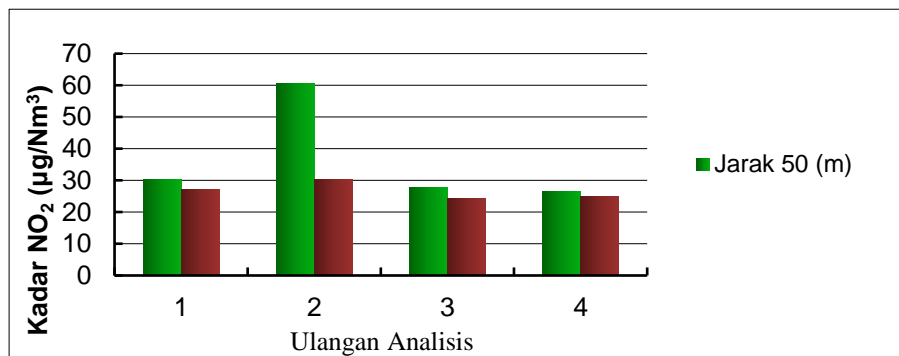
Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Varian (Ragam)	F hit	F tabel (95%=0,05)
Perlakuan	1	83987	83986	10077	4,36
Galat	6	50008	83346		
Total	7	83992	41994		

Keterangan :

H₀ : NO₂ emisi cerobong dan udara ambien nilainya sama

H₁ : NO₂ emisi cerobong dan udara ambien nilainya tidak sama

Pada Tabel 4, hasil sidik ragam antar perlakuan penelitian adalah signifikan atau berbeda nyata karena F hitung (10077) lebih besar dari F tabel (4,36) pada selang kepercayaan 95%. Maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan jarak analisis udara ambien dari cerobong akan menghasilkan NO₂ yang berbeda. Hal ini di sebabkan oleh kecepatan angin yang merupakan bagian dari parameter meteorologi yang dapat mempengaruhi kadar gas pencemar di udara. Kecepatan angin menentukan kedalaman seberapa banyak udara pencemar tersebut mula-mula tercampur dan ketidak teraturan kecepatan serta arah angin menentukan laju penyebaran pencemar ketika terbawa dalam arah angin. Faktor ini yang menentukan suatu daerah akan tercemar dan seberapa cepat kadar pencemar menipis akibat pencampuran dengan udara lingkungan setelah bahan tersebut meninggalkan sumbernya.

Gambar 2. Histogram NO₂.

Pada Gambar 2, terlihat bahwa kadar NO₂ di udara ambien pada jarak 100 meter lebih rendah dibandingkan jarak 50 meter dari cerobong industri batubara.

3. Hasil Analisis SO₂ Udara Ambien

Hasil analisis udara ambien di jarak 50 dan 100 meter dari cerobong dapat dilihat dan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kadar SO₂ Udara Ambien

Ulangan	SO ₂ (µg/Nm ³) Udara Ambien		
	Emisi Cerobong	Jarak 50 (m)	Jarak 100 (m)
1	336000	26,28	24,06
2	334000	38,68	26,28
3	331000	25,38	22,28
4	334000	25,06	24,38
Jumlah	1335000	115,4	97
Rata-rata	333750	28,85	24,25

Kandungan SO₂ di udara ambien pada jarak 50 meter setelah dianalisa sebanyak 4 (empat) kali diperoleh nilai tertinggi 38,68 (µg/Nm³) dan nilai yang terendah sebesar 25,06 (µg/Nm³) dan rata-rata nilai SO₂ sebesar 28,85 (µg/Nm³). Udara ambien dengan jarak 100 meter dari udara emisi diperoleh nilai tertinggi sebesar 26,28 (µg/Nm³) dan yang terendah SO₂ sebesar 22,28 (µg/Nm³) dengan rata-rata sebesar 24,25 (µg/Nm³). Rata-rata hasil analisis SO₂ di emisi cerobong sebesar 333750 (µg/Nm³), pada jarak 50 meter kandungan SO₂ udara ambien sebesar 28,85 (µg/Nm³) dan pada jarak 100 meter dari cerobong udara ambien sebesar 24,25 (µg/Nm³), terlihat bahwa jarak mempengaruhi nilai udara ambien. Penurunan kandungan SO₂ udara ambien sebesar 15,94% karena penurunannya sebesar 4,6 (µg/Nm³).

Tabel 6. Analisa Varian SO₂

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Varian (Ragam)	F hit	F tabel (95% = 0,05)
Perlakuan	1	29699	29699	1,33	4,36
Galat	6	13367	22278		
Total	7	16336	41994		

Keterangan :

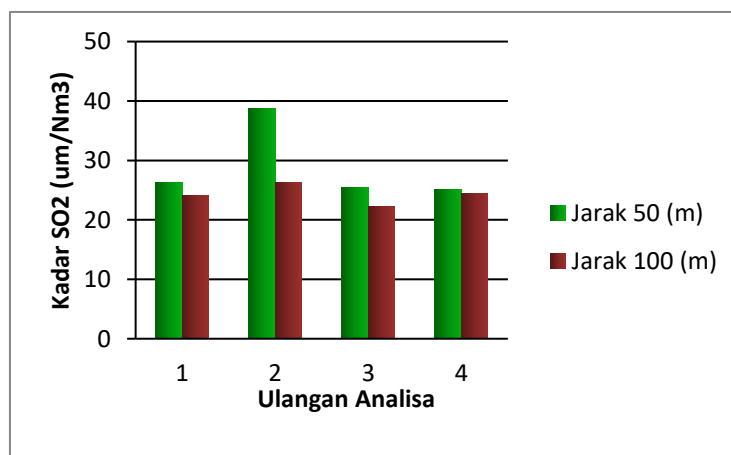
H₀ : SO₂ emisi cerobong dan udara ambien nilainya sama

H₁ : SO₂ emisi cerobong dan udara ambien nilainya tidak sama

Pada Tabel 6, hasil sidik ragam antar perlakuan penelitian adalah signifikan atau berbeda nyata karena F hitung (1,33) lebih kecil dari F tabel (4,36) pada selang kepercayaan 95%. Maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan jarak analisis udara ambien dari cerobong akan menghasilkan SO₂ yang berbeda. Hal ini disebabkan

oleh kecepatan angin yang merupakan bagian dari parameter meteorologi yang dapat mempengaruhi kadar gas pencemar di udara. Kecepatan angin menentukan kedalaman seberapa banyak udara pencemar tersebut mula-mula tercampur dan ketidak teraturan kecepatan serta arah angin menentukan laju penyebaran pencemar ketika terbawa dalam arah angin. Faktor ini yang menentukan suatu daerah akan tercemar dan seberapa cepat kadar pencemar menipis akibat pencampuran dengan udara lingkungan setelah bahan tersebut meninggalkan sumbernya.

Pada Gambar 3, terlihat bahwa kadar SO₂ di udara ambien pada jarak 100 meter lebih rendah dibandingkan jarak 50 meter dari cerobong industri batubara.



Gambar 3. Histogram SO₂.

4. Hasil Analisa Partikulat Udara Ambien

Hasil analisa udara ambien di jarak 50 dan 100 meter dari cerobong dapat dilihat dan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Kadar Partikulat Udara Ambien

Ulangan	Partikulat ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) Udara Ambien		
	Emisi Cerobong	Jarak 50 (m)	Jarak 100 (m)
1	70000	113	89
2	67000	147	127
3	69000	104	72
4	68000	106	78
Jumlah	274000	470	366
Rata-rata	68500	117,5	91,5

Kandungan partikulat di udara ambien pada jarak 50 meter setelah dianalisa sebanyak 4 kali diperoleh nilai tertinggi 147 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) dan nilai yang terendah sebesar 104 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) dan rata-rata nilai partikulat sebesar 117,5 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$). Udara ambien dengan jarak 100 meter dari udara emisi diperoleh nilai tertinggi sebesar 127 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) dan yang terendah partikulat sebesar 72 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) dengan rata-rata sebesar 91,5 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$). Rata-rata hasil analisis partikulat di emisi cerobong sebesar 68500 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), pada jarak 50 meter kandungan partikulat udara ambien sebesar 117,5 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) dan pada jarak 100 meter dari cerobong udara ambien sebesar 91,5 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), terlihat bahwa jarak mempengaruhi nilai udara ambien. Penurunan kandungan partikulat udara ambien sebesar 22,13% karena penurunannya sebesar 26,00 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

Tabel 8. Analisa Varian Partikulat

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Varian (Ragam)	F hit	F tabel (95% = 0,05)
Perlakuan	1	12474	12474	1,33	4,36
Galat	6	56307	93845		
Total	7	68782	41994		

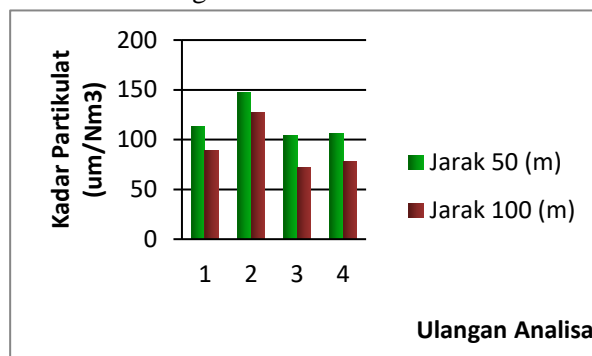
Keterangan :

H_0 : Partikulat emisi cerobong dan udara ambien nilainya sama

H_1 : Partikulat emisi cerobong dan udara ambien nilainya tidak sama

Pada Tabel 10, hasil sidik ragam antar perlakuan penelitian adalah signifikan atau berbeda nyata karena F hitung (1,33) lebih kecil dari F tabel (4,36) pada selang kepercayaan 95%. Maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan jarak analisis udara ambien dari cerobong akan menghasilkan partikulat yang berbeda. Hal ini di sebabkan oleh perbedaan kesetabilan atmosfer sehingga tinggi kepulan, tempertatur, penyinaran matahari dan kecepatan angin, sehingga semakin rendah dan secara gravitasi partikel debu akan semakin cepat jatuh. Faktor ini yang menentukan suatu daerah akan tercemar dan seberapa cepat kadar pencemar menipis akibat pencampuran dengan udara lingkungan setelah bahan tersebut meninggalkan sumbernya.

Pada Gambar 4, terlihat bahwa kadar SO_2 di udara ambien pada jarak 100 meter lebih rendah dibandingkan jarak 50 meter dari cerobong industri batubara.



Gambar 4. Histogram Partikulat.

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari kualitas udara ambien pada jarak 50 meter untuk kadar NO_2 , SO_2 , dan partikulat dengan rata-rata sebesar $36,3125$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$); $28,85$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$); $117,5$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) lebih besar daripada jarak 100 meter untuk kadar NO_2 , SO_2 , dan partikulat dengan rata-rata sebesar $26,63$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$); $24,25$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$); $91,5$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$). Hasil tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan PT. Indorama Synthetics Tbk di daerah Purwakarta menghasilkan kadar NO_2 , SO_2 , dan partikulat di udara ambien yang sudah terpengaruh oleh aktifitas cerobong boiler batubara dari industri tersebut memiliki nilai tertinggi pada jarak 2.750 meter sebesar $67,68$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$; $52,62$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$; $40,55$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan, nilai terendah pada jarak 2.550 meter sebesar $55,35$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$; $45,30$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$; $28,29$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

D. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu kualitas udara ambien yang berada disekitar cerobong boiler batubara mengeluarkan polutan di bawah ambang batas yang ditentukan. Terlihat semakin jauh jarak pengukuran udara ambien terhadap cerobong semakin kecil tingkat pencemarannya. Hal ini dapat dilihat nilai konsentrasi udara ambient pada masing masing jarak. Nilai NO_2 pada jarak 50 meter sebesar $30,22$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), $60,55$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), $27,9$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), dan $26,58$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$). Dan untuk nilai NO_2 pada jarak 100 meter sebesar $27,26$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), $30,22$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), $24,15$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), dan $24,9$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$). Untuk nilai SO_2 pada jarak 50 meter sebesar $26,28$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), $38,68$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), $25,38$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), dan $25,06$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$). Dan nilai SO_2 pada jarak 100 meter sebesar $24,06$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), $26,28$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), $22,28$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), $24,38$ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$). Untuk partikulat pada jarak 50 meter nilai yang didapatkan sebesar 113 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), 147 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), 104 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), 106 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$). Dan untuk jarak 100 meter nilai yang didapatkan sebesar 89 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), 127 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), 72 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), 78 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$). Selain itu, didapatkan nilai $F_{\text{hit}} > F_{\text{tabel}}$ parameter NO_2 , sedangkan untuk SO_2 dan partikulat didapatkan nilai $F_{\text{hit}} < F_{\text{tabel}}$, sehingga hipotesa nol (H_0) tidak dapat diterima untuk semua pengujian.

2. Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil tersebut yaitu agar setiap pabrik yang memiliki cerobong boiler batubara melakukan pemantauan kualitas udara ambien secara berkala agar kualitas udara ambien di daerah sekitar cerobong boiler batubara tidak melewati baku mutu yang sudah ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

Akbar M. S., Fredi S., dan Dedy D. P. 2009. "Kinerja Economizer Pada Boiler". *Jurnal Teknik Industri*, vol. 11, No. 1, Juni 2009, Institut Teknologi Sepuluh November, Kampus Keputih Sukolilo, Surabaya.

- Bakhtiar S.A. 2006."Pemetaan Penyebaran Polutan Sebagai Bahan Pertimbangan Pembangunan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Cilegon". Skripsi. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Depkes. 1987. Parameter Pencemar Udara dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2009. Modul Diklat Pengendalian Pencemaran Udara Evaluasi Data Hasil Pemantauan Kualitas Udara. Jakarta : Penerbit Pusat Pendidikan dan Pelatihan.
- Lestari Y. T. 2013. Pemanfaatan Abu Terbang Batu Bara Sebagai Adsorben Untuk Penentuan Kadar Gas NO₂ di Udara. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Jember.
- Muhammad A., dan Nurbianto B. 2006. Jakarta Kota Polusi (Menggugat Hak Atas Udara Bersih). Jakarta : LP3S.
- Peraturan Pemerintah. 1999. Peraturan Pemerintah No.41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.
- PT. Indorama Synthetics. (2003). Studi Permodelan Sebaran Emisi Dari Cerobong Powerplant Terhadap Kualitas Udara Ambien. Purwakarta.
- Rachim V. P., dan Iwan Setiawan. 2011. "Pengontrolan Tekanan Pada Sistem FBHE of Coal Boiler dengan DCS Yokogawa Centum CS 3000". Makalah Seminar Kerja Praktek, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Semarang