

MODIFICATION OF THE WET SCRUBBER TO REDUCE DUST LEVELS AND SMOKE CONCLUSIONS AT IMMOVABLE EMISSION SOURCES

MODIFIKASI CEROBONG WET SCRUBBER UNTUK MENURUNKAN KADAR DEBU DAN KEPEKATAN ASAP PADA SUMBER EMISI TIDAK BERGERAK

Siti Nuryani¹, Sigid Sudaryanto², H.Sardjito Eko Windarso³ Joko Malis Sunarno⁴
^{1,2,3} Poltekkes Kemenkes Yogyakarta, ⁴ Politeknik Banjarnegara
e-mail: ⁴keslingbara@gmail.com

ABSTRACT

The air quality in the environment is decreasing. Human activity is the main factor causing the decline in air quality in the environment. Changes in the air environment are caused by air pollution, namely the entry of pollutants (in the form of gases and small particles / aerosols) into the air. Pollutants that enter the air can be natural (smoke from forest fires, caused by volcanoes, meteorite dust, and salt emission from the sea) and human activities (transportation, industrial waste disposal). The concentration of air pollution in several big cities and industrial areas of Indonesia causes respiratory problems, irritation of the eyes and ears, the emergence of certain diseases and impaired visibility. Particles with a size between 0.01 – 5 m are the main source of air pollutants because their condition is not visible and continues to exist in the atmosphere for quite a long time. The purpose of the study was to determine the effect of chimney modifications on dust levels and smoke density as air pollution materials. Techniques for controlling particle emission are all based on capturing particles before they are released into the atmosphere. The method used to achieve this goal is influenced by the particle size. Some of the tools used for this purpose include gravity settling chamber systems, cyclone collectors, wet brush scrubbers and electrostatic precipitators. Environmental control is very necessary for the creation of a clean and healthy environment, it can be done by improving the quality of the tool and making modifications to node I, namely the pollutant source. an average of 0.2726 mg/L (54.2978%), and the parameter range of smoke density remains at levels 0 – 20%. The conclusion of the study is that there is a difference in the average dust content using a modified Wet Scrubber chimney but the smoke density parameter remains.

Key words: chimney, dust content, emission

ABSTRAK

Kualitas udara dilingkungan semakin menurun. Aktivitas manusia merupakan faktor utama penyebab menurunnya kualitas udara. Perubahan lingkungan udara disebabkan pencemaran udara, yaitu masuknya zat pencemar (berbentuk gas – gas dan partikel kecil / aerosol) kedalam udara. Zat pencemar masuk kedalam udara dapat secara alamiah (asap kebakaran hutan, akibat gunung berapi, debu meteorit, dan pancaran garam dari laut) dan aktivitas manusia (transportasi, industri pembuangan sampah). Konsentrasi pencemaran udara di beberapa kota besar dan daerah industri Indonesia menyebabkan adanya gangguan pernafasan, iritasi pada mata dan telinga, timbulnya penyakit tertentu serta gangguan jarak pandang. Partikel dengan ukuran antara 0,01 – 5 µm merupakan sumber pencemar udara yang utama karena keberadaannya tidak terlihat secara nyata dan terus berada pada atmosfer untuk waktu yang cukup lama. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh modifikasi cerobong asap terhadap kadar debu dan kepekatan asap sebagai bahan pencemaran udara. Metode yang digunakan untuk mencapai tujuan tersebut dipengaruhi oleh ukuran partikel. Beberapa alat yang digunakan untuk tujuan tersebut diantaranya sistem ruang pengendap gravitasi, kolektor siklon, penggosok sikat basah dan presipitator elektrostatis. Pengendalian lingkungan sangat diperlukan demi terciptanya lingkungan yang bersih dan sehat, dapat dilakukan dengan cara meningkatkan kualitas alat dan melakukan modifikasi pada simpul I yaitu sumber pencemar. Hasil

penelitian menunjukkan nilai Sig α 0.000 (< 0.05) pada parameter kadar debu dan penurunan kadar debu rata – rata sebesar 0.2726 mg/L (54,2978%), serta rentang parameter kepekatan asap tetap pada kadar 0 – 20%. Kesimpulan dari penelitian adalah terdapat perbedaan rata – rata kadar debu menggunakan modifikasi cerobong asap Model *Wet Scrubber* tetapi parameter kepekatan asap tetap.

Kata Kunci: cerobong, emisi, kadar debu, kepekatan asap

PENDAHULUAN

Kualitas udara di lingkungan semakin menurun. Aktivitas manusia merupakan faktor utama penyebab menurunnya kualitas udara di lingkungan. Perubahan lingkungan udara disebabkan pencemaran udara, yaitu masuknya zat pencemar (berbentuk gas – gas dan partikel kecil / aerosol) ke dalam udara. Menurunnya kualitas udara berpotensi menyebabkan terjadinya kerusakan lingkungan biotik maupun abiotic. Lingkungan biotik antara lain manusia, hewan dan tumbuhan sedangkan lingkungan abiotic antara lain air, tanah, batuan dan bangunan. Oleh karena itu pengendalian kualitas baik fisik, kimia maupun mikrobiologi udara sangat diperlukan untuk mendukung keberlangsungan kehidupan. Menurut Saputra (2021) bahwa permasalahan yang timbul akibat pembakaran limbah medis dan biomasa adalah pencemaran udara yang berupa Carbon Monoxia (CO), Carbon Dioxida (CO₂), dan Hydro Carbon (HC). Pencemaran udara ini akan semakin buruk apabila suhu pembakaran semakin rendah. Kesetimbangan pembakaran diperoleh dari penampuran antara bahan bakar dan jumlah oksigen. Semakin sedikit jumlah oksigen dalam pembakaran maka akan menghasilkan pembakaran yang tidak sempurna sehingga menghasilkan gas CO yang membahayakan bagi kesehatan manusia.

Emisi pencemaran udara oleh industri sangat tergantung dari jenis industri dan prosesnya, peralatan industri dan utilitasnya. Partikel dengan ukuran antara 0,01 – 5 μm merupakan sumber pencemar udara yang utama karena keberadaannya tidak terlihat secara nyata dan terus berada pada atmosfer untuk waktu yang cukup lama. Pencemaran udara karena partikel debu biasanya menyebabkan penyakit pernafasan kronis seperti bronchitis khronis, emfisema (penggelembungan rongga atau jaringan karena gas atau udara didalamnya; busung angin), paru, asma bronkial dan kanker paru. Pencemar gas yang terlarut dalam udara dapat langsung masuk kedalam tubuh sampai ke paru – paru yang pada akhirnya diserap oleh sistem peredaran darah. Semua teknik untuk mengontrol emisi partikel didasarkan pada penangkapan partikel sebelum dilepaskan ke atmosfer. Metode yang digunakan untuk mencapai tujuan tersebut dipengaruhi oleh ukuran partikel. Beberapa alat yang digunakan untuk tujuan tersebut diantaranya sistem ruang pengendap gravitasi, kolektor siklon, penggosok sikat basah dan presipitator elektrostatis. Pengendalian lingkungan sangat diperlukan demi terciptanya lingkungan yang bersih dan sehat. Perlindungan terhadap lingkungan dapat dilakukan dengan cara meningkatkan kualitas alat dan melakukan modifikasi pada simpul I yaitu sumber pencemar (Prabowo dan Muslim, 2018).

Berdasarkan Undang-Undang Perlindungan Lingkungan Hidup No. 32 Tahun 2009, pencemaran lingkungan atau polusi adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan, atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sehingga kualitas lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai peruntukannya. Baku mutu udara ambien merupakan suatu ukuran pada batas atau kadar zat, energi, dan/atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien (Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, 1997).

Debu merupakan faktor kimia yang paling banyak dan berbahaya di tempat kerja. Menurut Suma'mur (2009), debu adalah zat kimia padat, yang disebabkan oleh kekuatan alami atau mekanis seperti pengolahan, penghancuran, pelembutan, pengepakan yang cepat, peledakan, dan lain-lain dari benda, baik organik maupun anorganik. Menurut WHO (1996) dalam Suma'mur (2009) ukuran debu partikel yang dapat membahayakan berkisar 0,1-5 atau 10 mikron, sedangkan Kementerian Kesehatan mengisyaratkan bahwa ukuran debu yang membahayakan berada pada rentang 0,1-10 mikron.

Berdasarkan Permenakertrans RI No.13 tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja, bahwa kadar debu maksimal di tempat kerja ialah 3 mg/m.

Terdapat dua macam system pengendalian pencemaran emisi cerobong asap yaitu pengendalian emisi debu dan pengendalian emisi senyawa pencemar. Bagian yang harus dikontrol adalah cerobong dan ventilator. Cerobong menghasilkan isapan ilmiah yang mampu mengalirkan asap dan gas keluar tapi dipasang setinggi mungkin agar tidak mengganggu lingkungan sekitar. Tarikan ini mungkin perlu dimaksimalkan jika tinggi cerobong tidak mampu mengeluarkan asap secara optimal. Isapan paksa ini bisa ditempuh dengan ventilator. Ada tiga macam, yaitu sistem tarikan isap dimana fan terpasang sebelum cerobong, tarikan tekan dimana fan terpasang sebelum ruang bakar, dan tarikan kombinasi, dimana dua fan terpasang sebelum cerobong dan sebelum ruang bakar.

Rahmawati dkk (2020) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa untuk mengurangi emisi *ash* (abu) yang dapat mencemari udara diperlukan alat pengendali pencemar udara seperti *cyclone* dan *wet scrubber*. Dalam penelitiannya menemukan bahwa menggunakan *wet scrubber* lebih efisien daripada penggunaan *cyclone*. Berdasarkan penelitian tersebut, penulis membuat model *wet scrubber* dengan tujuan untuk dapat menurunkan emisi debu dan kepekatan asap secara efisien. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektifitas penggunaan cerobong asap model *Wet Scrubber* terhadap penurunan kadar emisi debu dan kepekatan asap hasil produksi.

BAHAN DAN METODE

Jenis penelitian ini adalah eksperimen dengan desain penelitian *pre post test without control group design*. Peneliti memberikan intervensi berupa pemasangan cerobong asap yang sudah dimodifikasi pada suatu industri atau penghasil emisi pada sumber yang tidak bergerak, Variabel dalam penelitian ini ada variabel bebas yaitu Cerobong Asap dengan Model *Wet Scrubber* dan variabel terikat yaitu kadar debu dan kepekatan asap. Pengukuran kadar debu dilakukan dengan menggunakan alat LVAS (*Low Volume Air Sampler*) atau *Dust Detector* sedangkan kepekatan asap diukur dengan metode opasitas menggunakan Skala Ringelmann. Pengukuran variabel terikat dilakukan pada kondisi *pre combustion* dan pada kondisi *post combustion*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Debu

Tabel 1. Hasil pengukuran kadar debu pada kondisi *pre combustion* dan *post combustion*

No	Tanggal	Jumlah sampel (pre-post)	Kadar debu			
			Pre	Post	selisih	%
1	6 Sept 2021	10	0,7113	0,2900	0,4213	59,23
2	7 Sept 2021	10	0,2397	0,0955	0,1442	60,15
3	8 Sept 2021	10	0,4872	0,2510	0,2362	48,48
4	9 Sept 2021	10	0,4450	0,2028	0,2422	54,19
5	10 Sept 2021	10	0,4400	0,1787	0,2613	59,39
6	11 Sept 2021	10	0,3233	0,1347	0,1187	58,35
	Rata - rata	60	0,4418	0,1921	0,2490	54,28

Seperti terlihat pada Tabel 1 tersebut diatas bahwa Cerobong Asap Model *Wet Scrubber* dapat menurunkan debu sebesar 48,48% - 60,15% dengan rata rata 54,28%. Data uji dikumpulkan dan diolah serta dilakukan pengujian statistik. Uji normalitas data parameter kadar debu menggunakan uji *Saphiro-Wilk* menunjukkan nilai sig 0.015, artinya data terdistribusi tidak normal. Hasil uji menunjukkan nilai sig 0.000 (< 0.05), yaitu ada perbedaan rata – rata kadar debu pada kelompok uji pre dan post intervensi menggunakan modifikasi cerobong asap Model *Wet Scrubber*.

Pengendalian debu dan asap hasil produksi juga mencakup pemisahan debu. Debu sebagai materi partikulat memerlukan penanganan tersendiri. Emisi debu bisa dikendalikan dengan alat khusus

agar debu bisa terpisah dari aliran gas buang. Alat yang digunakan harus mempertimbangkan aspek ekonomis dan tujuan akhir pengolahan. Secara umum, ada beberapa macam yaitu pemisah Brown, pengendap eletrostatik dan *Wet Scrubber*.



Gambar 1. Cerobong model *Wet Scrubber* yang digunakan dalam penelitian.

Prinsip kerja alat alat *Wet Scrubber* sebagaimana terlihat pada Gambar 1 adalah membuat asap emisi menjadi basah dengan cara melewatkan asap pada suatu cairan atau menyemprotkan cairan pada asap. Dengan cara ini maka partikel debu yang terkandung dalam asap menjadi basah dan berat. Proses selanjutnya partikel akan jatuh bersama percikan air, sedangkan asap yang relative bersih menuju ke atas dan keluar dari Cerobong. bekerja berdasar pada gaya insersia. Pemisah ini mempergunakan susunan penyekat untuk memisahkan partikel gas.

Data Meteorologi dan Kepekatan Asap

Pengendalian pencemaran udara dilakukan melalui tahapan identifikasi sumber cemaran, pola penyebaran serta dampaknya terhadap lingkungan. Teknik pengendalian dilakukan dengan kontrol emisi didasarkan pada penangkapan partikel sebelum dilepaskan ke atmosfer. Indikator kesehatan udara antara lain ditunjukkan dengan kadar debu dan kepekatan asap (Prabowo dan Muslim, 2018).

Kepekatan asap merupakan gas yang mengandung partikel-partikel dari hasil pembakaran yang keluar dari cerobong. Skala Ringelmann digunakan sebagai dasar pembacaan opasitas skala satu sampai lima dan hanya berlaku untuk asap hitam. Hubungan antara skala asap Ringelmann, transmitansi dan opasitas digambarkan sebagai kemampuan asap untuk meredam cahaya, apabila suatu cahaya tidak dapat menembus asap maka kepekatan asap tersebut termasuk kategori 100% sedangkan transmisi cahaya bernilai 0% (Badan Standarisasi Nasional, 2005)

Indikator kadar debu merupakan partikel benda padat yang dihasilkan dari pemecahan reduksi dalam ukuran massa padat dan dipengaruhi oleh gravitasi. Dampak kadar debu terhadap lingkungan dan kesehatan relative kompleks, terutama berkaitan dengan risiko gangguan pernafasan. Pengujian debu dilakukan dengan metode gravimetri (Prayudi dan Susanto, 2001).

Alat *Wet Scrubber* merupakan teknologi yang dikembangkan untuk mengendalikan keluaran asap dari cerobong. Modifikasi cerobong asap Model *Wet Scrubber* didasarkan pada prinsip aliran udara knalpot dengan menghilangkan partikel. Prinsip *wet scrubber* didasarkan pada prinsip gas kotor yang dibawa menuju kotak *liquid* pencuci dengan cara semprotan, dialirkan, dan dilepaskan ke udara. Teknologi ini memiliki kemampuan untuk mengatasi temperatur dan kelembapan yang tinggi. Partikel

gas buang didinginkan untuk selanjutnya dilepaskan ke udara dalam bentuk partikel yang lebih kecil (Suhartono dan Rahmalina, 2017).

Wet Scrubber membuang polutan partikel dari arus gas dengan menangkap partikel dalam bentuk tetesan, kemudian memisahkan tetesan air tersebut dari arus gas. Secara umum, partikel yang lebih besar akan lebih mudah ditangkap dibanding partikel yang kecil. Prinsip utama penangkapan partikel yang efektif pada *wet scrubber* adalah dengan menciptakan kabut atau droplet kecil (Khairumizan, 2008).

Tabel 2. Hasil pengukuran parameter iklim dan kepekatan asap.

No	Tanggal	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Kecepatan angin (m/dtk)	Kepekatan Asap (%)
1	6 Sept 2021	29,46	60,48	3,16	0 - 20
2	7 Sept 2021	28,64	61,12	3,46	0 - 20
3	8 Sept 2021	29,48	60,80	3	0 - 20
4	9 Sept 2021	30,28	69,78	3,14	0 - 20
5	10 Sept 2021	29,34	60,42	3,26	0 - 20
6	11 Sept 2021	28,92	61,60	2,96	0 - 20
	Rata - rata	29,35	60,71	3,16	0 - 20

Prinsip pemecahan partikel pada penggunaan Modifikasi Cerobong Asap Model *Wet Scrubber* merujuk pada keluaran partikel dengan diameter lebih kecil dan pengkabutan, sehingga berdampak pada kepekatan asap dan pengukuran kadar debu secara gravimetri. Berdasarkan hasil analisis diketahui terdapat perbedaan rata – rata kelompok pra dan post intervensi (Tabel 2). Penggunaan alat modifikasi cerobong asap *wet scrubber* dapat menurunkan kadar debu di udara (sig 0.000 < 0.05). Nilai selisih rata – rata kadar debu mencapai 0.2726 atau senilai mengalami penurunan kadar debu sebesar 54,2978%.

Hasil didukung oleh penelitian Fatkhurrahman dkk (2017) bahwa hasil ujicoba alat *Venturi-scrubber* sebagai pengendali cemaran udara menunjukkan penurunan partikulat inhalable sebesar 0,5745 mg/Nm³ dan partikulat respirable sebesar 0,2357 mg/Nm³ pada industri pengecoran logam tungku induksi. Penelitian Budiman dan Aminy (2018) menunjukkan bahwa nilai efisiensi pada *wet scrubber* yang digunakan sebagai pengendali emisi di industri peleburan baja Cilegon – Banten mencapai 99%, ditunjukkan dengan material lolos ukuran 5µm sebesar 0,122, *pressure drop* sebesar 10,406 inci kolom air, partikulat yang disingkirkan sebesar 87,8%. Hasil penelitian Heriantini dkk (2018) menunjukkan bahwa partikulat yang diukur secara gravimetri pada unit *bolier* industri minyak goreng masih melebihi baku mutu ukuran dilepaskan ke lingkungan dengan hasil uji sebesar 0,2657 mg/Nm³ dan 0,8345 mg/Nm³ menggunakan *wet scrubber* dengan dimensi panjang 1,7 m; lebar 1,7 m dan tinggi 8 m. Hasil penelitian Suhartono dan Rahmalina (2017) menunjukkan bahwa rancang bangun *cyclone* dan *wet scrubber* pada incinerator mampu mengurangi partikel dalam asap yang keluar dari cerobong sebanding dengan kecepatan udara dan kecepatan air yang digunakan. Penelitian ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Darmanijati dkk (2016) bahwa *wet scrubber* dapat menurunkan debu sampai 71,5%.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan kadar debu rata – rata pada kelompok pre dan post intervensi menggunakan modifikasi cerobong asap Model *Wet Scrubber*. Analisis deskriptif data hasil uji parameter kadar debu menunjukkan penurunan kadar debu pre dan post intervensi menggunakan modifikasi cerobong asap Model *Wet Scrubber* sebesar 54,2978%. Parameter kepekatan

asap menunjukkan tidak adanya perubahan nilai pada kelompok pre dan post intervensi menggunakan modifikasi cerobong asap Model *Wet Scrubber*, yaitu rentang 0 – 20%. Saran penelitian lanjutan dapat melakukan uji pada kondisi dan ragam sumber pencemaran udara. Pengujian lanjutan dilakukan pada skala sampel dan lokasi yang lebih luas dengan mempertimbangkan lokasi sumber pencemaran udara atau sekitar sumber emisi tidak bergerak.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. 1997. Nomor: KEP-107/KABAPEDAL/11/1997 Mengenai “*Pedoman Teknis Perhitungan dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara*”.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2005. Standar Nasional Indonesia (SNI) Emisi Gas Buang – Sumber Tidak Bergerak - Bagian 11 : Cara uji opasitas menggunakan skala Ringelmann untuk asap hitam. SNI 18-7117.11-2005. BSN. Indonesia.
- Budiman W. dan Aminy N R. 2018. Perencanaan Emisi PM₁₀ pada Industri Peleburan Baja Cilegon – Banten. *Skripsi*. Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan Institut Sepuluh Nopember Surabaya.
- Darmanijati MR, Anggrawati S dan Retno S. 2016. Pengembangan Dinding Kaca Air Terjun Sebagai Wet Scrubber Untuk Reduksi Pencemar Udara Pada Ruang Khusus Merokok, *Jurnal Riset Daerah Bantul*, Vol XV No 2 Agustus 2016.
- Fatkhurrahman, J. A., Sari, I. R. J. and Zen, N. 2017. ‘Low cost particulate sensor sebagai unit kontrol untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air proses wet scrubber’, *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, p. 35. doi: 10.21771/vol8no1tahun2017artikel1546.
- Heriantini, A. F., Afiuddin, A. E. and Sophia, A. V. 2018. ‘Perencanaan Wet Scrubber pada Unit Boiler di Industri Minyak Goreng’, *National Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*, (2623), pp. 47–52.
- Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi. 2011. Permenakertrans RI No.13 tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja.
- Khairumizan P. 2008. Studi Eksperimental Implementasi Venturi Scrubber. *Skripsi*. Universitas Indonesia
- M.Choiril R Fauzi. 2018. Rancang Bangun Alat Pengukur Tingkat Kepekatan Asap Berdasarkan Ringelmann Smoke Chart Pada Perangkat Bergerak. *Engineering Software Requirements* Vol. 1, No. 1, 2018 (eISSN: 1234-5678).
- Prabowo, K dan Muslim, B. 2018. *Penyehatan Udara*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta.
- Prayudi, T. and Susanto, J. P. 2001. Kualitas Debu dalam Udara sebagai Dampak Industri Pengecoran Logam Ceper, *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 2(2), pp. 168–174.
- Rahmawati F, Samadikun BP dan Hadiwidodo, M. 2020. Evaluasi Kinerja Alat Pengendali Partikulat Cyclone dan Wet Scrubber Unit Paper Mill 7/8 PT. Pura Nusapersada Kudus. *Jurnal Presipitasi* Vol 17, No 2, 2020, 144-153.
- Saputra, AI. 2021. Pengolahan Limbah Medis Menggunakan Inchinerator Biomassa Dengan Perbandingan Komposisi Biomassa Dan Limbah Medis Melalui Intervensi Blower Sebagai Suplay Oksigen. *JNPH* Volume 9 No. 1 (April 2021).
- Suhartono T dan Rahmalina D E M. 2017. ‘Rancang Bangun Cyclone Dan Wet Scrubber Pada Incinerator Untuk Mencegah Terjadinya Pencemaran Udara’, *Semantic Scholar*.

Suma'mur. 2009. Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja (HIPERKES). Sagung Seto.

Undang-Undang Pengolahan dan Perlindungan Lingkungan Hidup No. 32 Tahun 2009.