

**PENGARUH PENGGUNAAN CEROBONG ASAP
MODEL “WATER SPONS FILTER” (WSF) TERHADAP
PENURUNAN KADAR SO₂ PADA INDUSTRI TAHU
DI SUKUN, MALANG**

***Influence of Using Water Spons Filter Stack Model
in Decreasing of SO₂ Emission at Tofu Industry in Sukun, Malang***

Nuning Endah Kurniawati¹ dan R. Azizah¹

¹Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga Surabaya
(azizah_fkm@unair.ac.id)

Abstract : This research was purposed to learn the influence of using the “Water Spons Filter” (WSF) smokestack model in case of SO₂ emission decreasing rate at tofu industry in Sukun, Malang. This research was an experimental research type with Laboratorium Test design which its result be analyzed by using the of *Paired Samples T Test*.

The result were mean of SO₂ emission rate before using this WSF smokestack was 24,949 mg/m³, mean of SO₂ emission rate hereafter using this WSF smokestack was 11,402 mg/m³. The existence of the influence of using the WSF smokestack to decreasing of SO₂ rate (p=0,036), with decreasing value about 13,548 mg/m³ (55,06%). This SO₂ rate did not impinge permanent quality of emission air (SK Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur No 129/1996). Therefore, there was an effect of using WSF smokestack model to decrease of SO₂ rate in tofu industry in Sukun, Malang.

It is suggested that tofu industry owner used WSF smokestack model to omit the emission of its combustion process. WSF smokestack model can be used as alternative because does not add high addition cost. To other researchers, it can be use as guidance to afford same kind of research by modifying its form, substance or held a research about the efficiency of it.

Keywords: decreasing of SO₂ emission rate, WSF smokestack model.

PENDAHULUAN

Pencemaran udara adalah salah satu bentuk pencemaran yang disebabkan pesatnya pertumbuhan industri. Masalah pencemaran udara perlu mendapatkan perhatian serius, terutama bagi industri yang menghasilkan gas emisi sisa hasil dari pembakaran yaitu gas NO_x, SO_x, H₂S, CO dan methan.

Industri banyak menggunakan bahan bakar fosil, dalam proses pembakarannya. Pada proses pembakaran bahan bakar fosil, sebagian besar sulfur akan diemisikan sebagai sulfur dioksida (SO_2). Pada industri tahu, dalam proses penggilingan kedelai menggunakan bahan bakar solar dan proses perebusan kedelai menggunakan bahan bakar kayu bakar dan olie sehingga menghasilkan gas SO_2 dari hasil pembakaran tersebut. Sulfur dioksida merupakan gas yang termasuk di dalam sumber pencemar primer.

Baku mutu udara emisi menurut SK Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur No 129/1996 untuk baku mutu SO_2 adalah sebesar 800 mg/m^3 . Menurut WHO udara bersih untuk parameter SO_2 adalah sebesar 0,003–0,02 ppm dan udara tercemar 0,02–2 ppm (Mukono, 2003). Sulfur dioksida dapat menimbulkan iritasi pada tenggorokan terjadi pada konsentrasi 5 ppm atau lebih, bahkan pada beberapa individu yang sensitif, iritasi terjadi pada konsentrasi 1–2 ppm. Sulfur dioksida dianggap polutan yang berbahaya bagi kesehatan terutama terhadap manusia usia lanjut dan penderita yang mengalami penyakit kronis pada sistem pernapasan dan kardiovaskuler. Individu dengan gejala tersebut sangat sensitif jika kontak dengan SO_2 walaupun dengan konsentrasi yang relatif rendah (Kristanto, 2002). Pada kasus Lapindo Brantas, lumpur mengandung hidrogen sulfida, yang kemudian bereaksi dengan oksigen membentuk air dan SO_2 . Gas SO_2 berbau menyengat dan menyekatkan dada sehingga ada dua orang warga Kecamatan Porong meninggal dunia karena sesak nafas setelah menghirup bau lumpur tersebut (<http://www.gatra.com>, 2006).

Industri tahu di Sukun, Malang telah berdiri selama ± 20 tahun terletak di tengah-tengah pemukiman yang padat penduduk. Dari survei awal oleh peneliti diperoleh adanya keluhan pada penduduk setempat di sekitar industri dengan radius jarak ± 300 meter. Dari 30 responden yang diwawancarai ada sekitar 5 (16,67%) orang terkena iritasi pada tenggorokan, 7 (23,33%) orang terkena batuk kronis dan 3 (10%) orang terkena iritasi pada mata. Sebagian besar diderita oleh orang yang berusia lanjut.

Berdasarkan survei awal tersebut, sehingga dipandang perlu adanya alat untuk penurunan kadar SO_2 di industri tahu sebagai industri rumah tangga. Maka dari itu salah satu cara untuk mengatasi pencemaran SO_2 yaitu dengan menghilangkan SO_2 dari gas buang dengan cerobong asap. Peneliti tertarik untuk memodifikasi cerobong menjadi sebuah cerobong model "*Water Spons Filter*" (WSP). Cerobong ini digunakan sebagai alat bantu dengan menggunakan filter berupa spons dan air kapur untuk penurunan kadar SO_2 di udara. Untuk membuat WSP diperlukan alat dan bahan sebagai berikut : seng ketebalan 1,2 mm, kawat kasa, spons (*glass boll*), kran, CaO dan air. Cara kerja pembuatan cerobong asap yaitu pertama,

seng dirangkai dengan membentuk sebuah silinder panjang dengan diameter 23 cm, untuk diameter *outlet* 20 cm dan diameter *inlet* 21 cm, panjang keseluruhan cerobong 60 cm. Kemudian dibuat tempat air kapur setinggi 22 cm dengan diameter 8 cm, saluran air kapur diberi kran untuk mengatur debit air. Pasang spons dari *glass boll* yang dilapisi kawat kasa agar tahan oleh panas dengan diameter 23 cm dan ketebalan 4 cm pada cerobong bagian tengah. Cerobong yang telah dilengkapi filter spons, diberi lubang untuk pengambilan sampel dengan diameter 1 cm pada jarak 8 cm sebelum dan sesudah filter. Larutkan kapur tohor pada air dengan perbandingan: 1000 ml air dan 25 gr kapur tohor. Lalu masukkan air kapur ke dalam tabung penampung disamping cerobong yang sudah disediakan. Teteskan air kapur ke dalam spons secara kontinyu dengan debit 0,6 liter/menit.

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh penggunaan cerobong asap model "*Water Spons Filter*" terhadap penurunan kadar emisi gas SO₂ pada industri tahu di Sukun, Malang.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian *Quasi Eksperimen* dan dilakukan uji laboratorium yang hasilnya akan dianalisis secara deskriptif dan analitik. Sampel penelitian adalah SO₂ emisi pada gas buang industri tahu di Sukun, Malang. Cara pengambilan sampel pada 1 (satu) titik yaitu pada emisi gas buang pada waktu proses penggilingan kedelai dan perebusan kedelai pada 2 (dua) kondisi (sebelum dan sesudah penggunaan cerobong asap model WSP). Tiap kondisi diambil sampel 3 (tiga) kali setiap pengambilan sampel dilakukan selama 3 menit (Kep. Gub. Jatim No.16 thn 2003).

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah penggunaan cerobong asap model "*Water Spons Filter*" (WSF) dengan definisi operasional yaitu suatu rangkaian cerobong yang mempunyai ukuran panjang 60 cm dan terdiri dari filter (*spons*) dan air kapur. Sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini adalah kadar SO₂ emisi pada industri tahu dengan definisi operasional yaitu banyaknya SO₂ yang diambil dari cerobong asap dengan menggunakan *midget impinger* dan air *sampling pump* selama 15 menit (satuan : mg/m³).

Sampel udara diperiksa kadar SO₂ di Laboratorium Balai Hiperkes Surabaya dengan metode turbidimetri dengan alat spektrofotometer.

Data yang diperoleh dilakukan uji *Paired Samples T-Test*, untuk melihat adanya perbedaan kadar SO₂ kualitas udara sebelum dan sesudah penggunaan cerobong asap model WSP.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rata-rata kadar SO_2 emisi sebelum penggunaan cerobong asap model "Water Spons Filter" sebesar $24,949 \text{ mg/m}^3$ (Tabel 1). Sedangkan hasil rata-rata kadar SO_2 emisi sesudah penggunaan cerobong asap model "Water Spons Filter" sebesar $11,402 \text{ mg/m}^3$ (Tabel 2).

Tabel 1. Kadar SO_2 Emisi Sebelum Penggunaan Cerobong Asap Model "Water Spons Filter" pada Industri Tahu di Sukun, Malang, Tahun 2006.

No	Waktu Pengambilan Sampel	Kadar Terukur (mg/m^3)
1.	10.00 – 10.10 WIB	23,278
2.	10.10 – 10.20 WIB	26,273
3.	10.20 – 10.30 WIB	25,297
		x : 24,949
		SD : 1,527

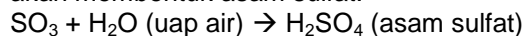
Tabel 2. Kadar SO_2 Emisi Sesudah Penggunaan Cerobong Asap Model "Water Spons Filter" pada Industri Tahu di Sukun, Malang, Tahun 2006.

No	Waktu Pengambilan Sampel	Kadar Terukur (mg/m^3)
1.	10.30 – 10.40 WIB	6,353
2.	10.40 – 10.50 WIB	17,962
3.	10.50 – 11.00 WIB	9,708
		x : 11,402
		SD : 5,974

Sifat SO_2 yaitu gas yang tidak berwarna dengan bau yang menyengat dan menyesakkan pernafasan, umumnya pada SO_2 yang akan berubah menjadi H_2SO_3 (asam sulfit) berubah secara perlahan menjadi asam sulfat yang lebih berbahaya dari SO_2 dan asam sulfit. Sedang di udara bersih akan teroksidasi dengan sangat lambat membentuk SO_3 (sulfur trioksida) (Kristanto, 2002). Apabila SO_2 bereaksi dengan uap air akan membentuk H_2SO_3 (asam sulfit) maupun H_2SO_4 (asam sulfat), dengan reaksi sebagai berikut:

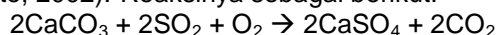
1. Apabila SO_2 bertemu dengan O_2 akan membentuk SO_3
 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 (\text{udara}) \rightarrow 2\text{SO}_3$
2. Udara yang mengandung uap air akan bereaksi dengan gas SO_2 sehingga membentuk asam sulfit.
 $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} (\text{uap air}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 (\text{asam sulfit})$

3. Apabila SO_3 bereaksi dengan udara yang mengandung uap air akan membentuk asam sulfat.



Seperti tampak pada uraian di atas, reaksi antara gas SO_2 dengan uap air yang terdapat di udara akan membentuk asam sulfat maupun asam sulfat. Apabila turun ke bumi bersama-sama jatuhnya hujan terjadilah hujan asam (*Acid Rain*). Hujan asam sangat merugikan karena dapat merusak tanaman maupun kesuburan tanah di lingkungan sekitar (Wardhana, 2004). Konsentrasi H_2SO_4 yang tinggi sebagai polutan udara dapat menyerang berbagai bahan bangunan terutama yang mengandung karbonat sehingga bahan tersebut menjadi berlubang-lubang dan merapuh (Kristanto, 2002).

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengurangi dan mengendalikan SO_2 dan berbagai proses desulfurisasi dilakukan untuk menghilangkan partikel sulfur dari bahan bakar. Adapun metode untuk menghilangkan SO_2 dari gas buang dengan menggunakan sistem penyaringan (*scrubbing*) yang memanfaatkan batu kapur atau dolomite dengan menginjeksikan dolomite atau batu kapur kering ke dalam ketel. Metode yang digunakan untuk mengurangi dan mengendalikan emisi SO_2 diantaranya dengan menghilangkan SO_2 dari gas buang adalah dengan injeksi batu kapur ke dalam zona pembakaran sehingga bereaksi dengan SO_2 dan membentuk garam sulfat (Kristanto, 2002). Reaksinya sebagai berikut:



Metode yang dilakukan untuk mengurangi dan mengendalikan emisi SO_2 dalam penelitian ini dengan penambahan cerobong asap model "*Water Spons Filter*". Cerobong ini terdiri dari rangkaian cerobong yang berbentuk silinder seperti knalpot dan dilengkapi dengan filter berupa spons yang dikontakkan dengan air kapur. Sehingga dengan penambahan cerobong diharapkan dapat mendispersikan gas SO_2 ke udara bebas sesuai fungsi cerobong (Musril, 1992). Spons yang digunakan sebagai filter adalah *glass boll* dengan ketebalan 4 cm yang dilapisi oleh kawat kasa untuk melindungi spons dari panas. Spons (*glass boll*) merupakan bahan yang berongga dan berpori yang mempunyai kemampuan untuk menyerap (Cowd, 1991). Secara fisik *glass boll* mempunyai kerapatan yang cukup tinggi dan pori-porinya cukup memudahkan penyaringan udara keluar. Biasanya *glass boll* ini digunakan untuk menyaring uap knalpot.

Komposisi antara air dengan kapur tohor adalah setiap 25 gram kapur tohor dilarutkan dalam 1 liter air. Dengan komposisi seperti ini dapat menyebabkan spons yang digunakan untuk filter bersifat basa dengan tingkat kebebasan atau pH 8-9. Prinsip kerja dari cerobong asap model "*Water Spons Filter*" sangat sederhana yaitu dengan adanya tumbukan antara gas SO_2 dengan benda keras

(seng) dari tekanan tinggi ke tekanan rendah akan menyebabkan terjadinya pengurangan energi. Dengan dilewatkan melalui filter berupa spons yang dikontakkan dengan air kapur secara kontinyu dengan debit aliran 0,6 liter/menit mampu menurunkan kadar SO_2 emisi yang dihasilkan oleh industri tahu.

Tabel 3. Kadar SO_2 Emisi Sebelum dan Sesudah Penggunaan Cerobong Asap Model "Water Spons Filter" pada Industri Tahu di Sukun, Malang, Tahun 2006.

No	Sebelum Perlakuan (Pre) (mg/m^3)	Sesudah Perlakuan (Post) (mg/m^3)	Penurunan	
			Jumlah (mg/m^3)	Prosentase (%)
1	23,278	6,535	16,743	71,93
2	26,273	17,962	8,311	31,63
3	25,297	9,708	15,589	61,62
x	24,949	11,402	13,548	55,06
SD	1,527	5,974		

Dari Tabel 3. dapat diketahui bahwa rata-rata kadar SO_2 emisi sebelum perlakuan adalah sebesar $24,949 \text{ mg}/\text{m}^3$ sedangkan rata-rata kadar SO_2 emisi setelah penggunaan cerobong asap model "Water Spons Filter" sebesar $11,402 \text{ mg}/\text{m}^3$. Sehingga dari kedua nilai tersebut secara deskriptif terjadi penurunan kadar SO_2 emisi pada industri tahu sebesar $13,548 \text{ mg}/\text{m}^3$ atau sebesar 55,06% dengan penggunaan cerobong asap model "Water Spons Filter". Data tersebut di atas kemudian dianalisis secara statistik dengan uji Normalitas data dan diperoleh hasil pre sebesar 0,989 dan post sebesar 0,973 bahwa hasil data tersebut baik sebelum maupun sesudah penggunaan cerobong asap model "Water Spons Filter" bersifat normal, oleh karena itu uji statistik dilanjutkan dengan uji *Paired Samples T-Test*, menggunakan program komputer. Uji statistik dikatakan bermakna apabila signifikasinya lebih kecil dari α yaitu 0,05. Dari uji tersebut diperoleh signifikasinya sebesar 0,036 sehingga hasilnya bermakna, yang berarti bahwa hasil pengukuran sebelum dan sesudah penggunaan cerobong asap model "Water Spons Filter" ada perbedaan yang bermakna. Dengan adanya perbedaan tersebut berarti terjadi kesesuaian yang bermakna antara sebelum dan sesudah penggunaan cerobong asap model "Water Spons Filter" sehingga ada pengaruh penggunaan cerobong asap model "Water Spons Filter" terhadap penurunan kadar SO_2 pada Industri tahu di Sukun, Malang.

Baku mutu udara Emisi berdasarkan SK Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur No 129/1996 SO_2 sebesar $800 \text{ mg}/\text{m}^3$, sehingga rata-rata kadar SO_2 sebelum perlakuan sebesar 24,949

mg/m^3 (9,559 ppm) dan sesudah perlakuan sebesar $11,402 \text{ mg/m}^3$ tidak melanggar baku mutu lingkungan tersebut. Akan tetapi kadar SO_2 pada konsentrasi 9,559 ppm dalam jumlah minimum dapat mengakibatkan iritasi pada tenggorokan dan hidung (Kristanto, 2002). Selain itu pada kadar tersebut apabila waktu kontak dengan lingkungan lama maka dapat menurunkan daya dukung alam bagi kelangsungan hidup manusia (Wardana, 2004). Menurut WHO udara bersih untuk parameter SO_2 0,003 – 0,02 ppm dan udara tercemar 0,02 – 2 ppm (Mukono, 2003). SO_2 dapat menimbulkan iritasi pada tenggorokan terjadi pada konsentrasi 5 ppm atau lebih, bahkan pada beberapa individu yang sensitif, iritasi terjadi pada konsentrasi 1 – 2 ppm. Pemaparan kadar SO_2 secara terus-menerus dapat berbahaya terutama terhadap orang yang berusia lanjut dan penderita yang mengalami penyakit kronis pada sistem pernapasan dan kardiovaskuler walaupun pada konsentrasi yang rendah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Disimpulkan bahwa rata-rata kadar SO_2 emisi sebelum penggunaan cerobong asap model “*Water Spons Filter*” pada industri tahu di Sukun Malang sebesar $24,949 \text{ mg/m}^3$ dan rata-rata kadar SO_2 emisi sesudah perlakuan dengan penggunaan cerobong asap model “*Water Spons Filter*” pada industri tahu di Sukun Malang sebesar $11,402 \text{ mg/m}^3$. Terdapat pengaruh penggunaan cerobong asap model “*Water Spons Filter*” terhadap penurunan kadar SO_2 emisi pada industri tahu di Sukun, Malang ($p = 0,036$), dengan penurunan sebesar $13,548 \text{ mg/m}^3$ (55,06%). Kadar SO_2 emisi pada industri tahu di Sukun Malang tidak melanggar baku mutu udara emisi SO_2 (SK Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur No 129/1996) baik sebelum dan sesudah penggunaan cerobong asap model “*Water Spons Filter*”.

Saran

Disarankan pemilik industri tahu untuk menggunakan cerobong asap dalam pembuangan gas emisi pada proses pembakarannya, cerobong asap model “*Water Spons Filter*” dapat digunakan sebagai cerobong alternatif pembuangan emisi karena tidak begitu mahal. Bagi peneliti lain, dapat dilakukan penelitian sejenis dengan melakukan modifikasi alat baik bentuk maupun bahan yang digunakan, efisiensi penggunaan cerobong dan melakukan penurunan untuk gas-gas buang yang lain (selain SO_2) dengan menggunakan cerobong asap model “*Water Spons Filter*”.

DAFTAR PUSTAKA

- Cowd MA. 1991. *Kimia Polimer*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- http://www.gatra.com/versi_cetakphp?id=95719 Kasus Lapindo Brantas. (15 juni 2006).
- Keputusan Gubernur Jawa Timur No 16 Tahun 2003. *Cara Standar Uji Udara Emisi Sumber Tidak Bergerak*.
- Kristanto P. 2002. *Ekologi Industri*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Mukono J. 2003. *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya terhadap Gangguan Saluran Pernafasan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Musril. 1992. *Cerobong Asap*. Surabaya: Kumpulan Makalah Pencemaran Udara Pelatihan Guru SPPH dan dosen APK Se-Indonesia.
- Wardhana AW. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Andi Offset.