

CI 1182
SUCIADK 118211

SKRIPSI

PENGARUH PENGGUNAAN CEROBONG ASAP MODEL "WATER SPONS FILTER" TERHADAP PENURUNAN KADAR SO₂ PADA INDUSTRI TAHU DI SUKUN, MALANG

FKM 69/66

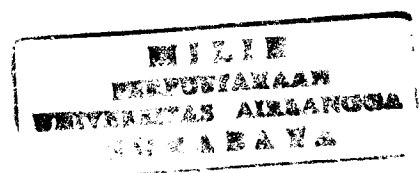
Kur
P



Oleh :

NUNING ENDAH KURNIAWATI
NIM : 100431551

UNIVERSITAS AIRLANGGA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
SURABAYA
2006



PENGESAHAN

Dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga dan
diterima untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar
Sarjana Kesehatan Masyarakat (S.KM)
pada tanggal 17 Juli 2006

Mengesahkan
Universitas Airlangga
Fakultas Kesehatan Masyarakat

Dekan,



Prof. Dr. ~~Ejpto Suwandi~~, dr., M.OH., Sp.Ok
NIP 130517177

Tim Penguji :

1. Prof. Bambang W., dr., M.S., M.CN., Sp.GK.,Ph.D
2. R. Azizah, S.H., M.Kes
3. Suroso Bambang Eko Warno, S.KM, M.Kes

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar
Sarjana Kesehatan Masyarakat (S.KM)
Bagian Kesehatan Lingkungan
Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Airlangga

Oleh :

NUNING ENDAH KURNIAWATI
NIM : 100431551

Surabaya, 24 Juli 2006


Mengetahui :

Ketua Bagian.


Soedjajadi Keman, dr. MS., Ph.D
NIP. 130704155

Menyetujui :

Pembimbing,


R. Azizah, S.H., M.Kes
NIP. 132049480

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunianya, sehingga dapat terselesaikannya skripsi dengan judul “PENGARUH PENGGUNAAN CEROBONG ASAP MODEL *WATER SPONS FILTER* TERHADAP PENURUNAN KADAR SO₂ PADA INDUSTRI TAHU DI SUKUN, MALANG”, sebagai salah satu persyaratan akademis dalam rangka menyelesaikan kuliah di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga.

Dalam skripsi ini dijabarkan bagaimana pengaruh penggunaan cerobong asap model *water spons filter* terhadap penurunan emisi SO₂ di industri tahu, sehingga nantinya dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pemilik industri tahu untuk meminimalkan bahan buangan terutama emisi SO₂ yang dapat mencemari lingkungan fisik terutama pencemaran udara sekitar.

Pada kesempatan ini kami menyampaikan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada R. Azizah, S.H., M.Kes selaku dosen pembimbing yang telah memberikan petunjuk, koreksi serta saran hingga terwujudnya skripsi ini.

Terimakasih dan penghargaan kami sampaikan pula kepada yang terhormat :

1. Prof. Dr. Tjipto Suwandi., dr., M.OH., Sp.Ok. selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga
2. Soedjajadi Keman, dr.M.S., Ph.D, selaku Ketua Bagian Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga.
3. Prof Bambang W, dr., M.S., M.CN., Sp.GK., Ph.D, selaku penguji dari Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga.

4. Suroso Bambang Eko Warno, S.KM, M.Kes, selaku penguji luar dari Politeknik Kesehatan Lingkungan Surabaya.
5. Nursudimo selaku pemilik industri tahu di Sukun, Malang dan para pekerjanya yang telah membantu jalannya penelitian ini.
6. Teruntuk Orang tuaku tercinta yang selalu memberi doa dan dukungannya serta motivasi baik berupa materi maupun non materi selama menumpuh kuliah, hanya ini sedikit balasan yang bisa kupersembahkan untukmu.
7. Adikku tercinta Fajar dan kakakku tersayang Mas Yudo dan Mbak Nurul, terimakasih atas support dan spiritnya.
8. Mas Rudi, thanks for all. saat aku terpuruk hanya kamu yang bisa membuatku tertawa bahagia dan mampu meringankan beban dipundakku.
9. Mbak Alinea, Mbak Mut endelia, Unun, Diah Ayu, Mas Anom, Mas Hanief, Mbak Pras, Mbak Tari, Bu Min, Heny, temen-temen kost hijau semuanya dan rekan-rekan serta pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan dan bantuan hingga terselesaikannya skripsi ini.
10. Semua teman-teman sepeminatan dan seangkatan yang telah membantu dan memberikan saran untuk kelancaran sekripsi ini.

Semoga Allah SWT memberikan balasan pahala atas segala amal yang telah diberikan dan semoga skripsi ini berguna baik bagi diri kami sendiri maupun pihak lain yang memanfaatkan.

Surabaya, Juli 2006

Penyusun

ABSTRACT

Industries combustion process, nowadays, have use the fossil as it fuels, thus most of the sulfur will be emitted as sulfur dioxide (SO₂). As known in tofu industry, soy hulling process were using diesel fuel and soy boiling were using firewood and lubricating oil, which both of this processes produce SO₂ emission. Former survey by researcher found some complaint al local resident around industries with distance about ± 300 m. from 30 respondent, there were 5 people (16,67%) with throat irritation, 7 people (23,33%) with chronic chough and 3 people (10%) with eye irritation.

This research purposed to learn the influence of using the “*Water Spoons Filter*” (WSF) smokestack model in case of SO₂ degradation rate at tofu industry in Sukun, Malang.

This research was an experimental research type with Laboratorium Test design which its result be analyzed descriptively and analytically by using the of *Paired Samples T Test*.

According to measurement result, mean of SO₂ emission rate before using this WSF smokestack were 24,949 mg/m³. Mean of SO₂ emission rate hereafter using this WSF smokestack were 11,402 mg/m³. The existence of the influence of using the WSF smokestack to degradation of SO₂ rate (p=0,036), with degradation value about 13,548 mg/m³ (55,06%). This SO₂ rate do not impinge permanent quality of emission air (SK Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur No 129/1996).

Therefore, there,s an effect of using WSF smokestack model to degradation of SO₂ rate in tofu industry in Sukun, Malang. Suggested to tofu industry owner to use WSF smokestack model to emit the emission of its combustion process. WSF smokestack model can be used as alternative because didn't add high addition cost. To other researcher, it can be use as guidance to afford same kin research by modifying its form, substance or held a research about the efficiency of it.

Keyword : The WSF Smokestack model, degradation of SO₂ rate.

ABSTRAK

Industri-industri saat ini telah banyak yang menggunakan bahan bakar fosil dalam proses pembakarannya, sehingga sebagian besar sulfur akan diemisikan sebagai sulfur dioksida (SO₂). Seperti halnya pada industri tahu yang mana dalam proses penggilingan kedelai menggunakan bahan bakar solar dan proses perebusan kedelai menggunakan bahan bakar kayu bakar dan olie menghasilkan gas emisi berupa SO₂. Dari survei pendahuluan oleh peneliti ditemukan adanya keluhan-keluhan pada penduduk setempat disekitar industri dengan radius jarak ± 300 m. Dari 30 responden ada sekitar 5 orang (16,67 %) terkena iritasi pada tenggorokan, 7 orang (23,33%) terkena batuk kronis dan 3 orang (10%) terkena iritasi pada mata.

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh penggunaan cerobong asap model “*Water Spons Filter*” (WSF) terhadap penurunan kadar SO₂ pada industri tahu di Sukun Malang.

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen dengan desain Uji Laboratorium yang hasilnya akan dianalisis secara deskriptif dan analitik menggunakan uji *Paired Samples T Test*.

Berdasarkan hasil penelitian, rata-rata kadar SO₂ emisi sebelum penggunaan cerobong asap model WSF sebesar 24,949 mg/m³. Rata-rata kadar SO₂ emisi sesudah penggunaan cerobong asap model WSF sebesar 11,402 mg/m³. Ada pengaruh penggunaan cerobong asap model WSF terhadap penurunan kadar SO₂ (p = 0,036) dengan penurunan sebesar 13,548 mg/m³ (55,06%). Kadar SO₂ emisi tersebut tidak melanggar baku mutu udara emisi (SK Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur No 129/1996).

Sehingga dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh penggunaan cerobong asap model “*Water Spons Filter*” terhadap penurunan kadar SO₂ pada industri tahu di Sukun Malang. Untuk itu disarankan pada 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 karena biaya tidak mahal. Bagi peneliti lain dapat dijadikan pedoman untuk penelitian sejenis dengan cara melakukan modifikasi alat baik bentuknya maupun bahan yang digunakan dan meneliti efisiensi penggunaan cerobong.

Kata kunci : Cerobong asap model WSF, Penurunan kadar SO₂.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRACT	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Identifikasi Penyebab Masalah	4
I.3 Pembatasan dan Rumusan Masalah	5
BAB II TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	
II.1 Tujuan	6
II.2 Manfaat Penelitian	6
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	
III.1 Industri Tahu	8
III.2 Bahan Bakar dan Pembakaran	10
III.3 Pencemaran Udara Oleh SO ₂	15
III.4 Dampak Pencemaran SO ₂	23
III.5 Pengendalian SO ₂	26
III.6 Pengukuran Kualitas Udara (SO ₂)	28
III.7 Cerobong Asap	30
III.8 Busa (Spons)	34
III.9 Air	35
III.10 Kapur Tohor (CaO)	36
III.11 Cerobong Asap Model WSF	36
III.12 Penelitian Sejenis	38
BAB IV KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS	
IV.1 Kerangka Konseptual Penelitian	40
IV.2 Hipotesis	41
BAB V METODA PENELITIAN	
V.1 Jenis Penelitian	42
V.2 Obyek Penelitian	42
V.3 Sampel Penelitian	42

V.4 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	42
V.5 Variabel, Cara Pengukuran dan Definisi Operasional.....	43
V.6 Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data	44
V.7 Teknik Analisa Data	53
BAB VI HASIL PENELITIAN	
VI.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	54
VI.2 Kadar SO ₂ Sebelum Penggunaan Cerobong Asap Model “ <i>Water Spons Filter</i> ” pada Industri Tahu di Sukun Malang.....	56
VI.3 Kadar SO ₂ Sesudah Penggunaan Cerobong Asap Model “ <i>Water Spons Filter</i> ” pada Industri Tahu di Sukun Malang.....	57
VI.4 Pengaruh Penggunaan Cerobong Asap Model “ <i>Water Spons Filter</i> ” terhadap Penurunan Kadar SO ₂ pada Industri Tahu di Sukun Malang.....	58
VI.5 Baku Mutu Udara Emisi Kadar SO ₂ Sebelum dan Sesudah Penggunaan Cerobong Asap Model “ <i>Water Spons Filter</i> ” pada Industri Tahu di Sukun Malang.....	59
BAB VII PEMBAHASAN	
VII.1 Kadar SO ₂ Sebelum Penggunaan Cerobong Asap Model “ <i>Water Spons Filter</i> ” pada Industri Tahu di Sukun Malang.....	60
VII.2 Kadar SO ₂ Sesudah Penggunaan Cerobong Asap Model “ <i>Water Spons Filter</i> ” pada Industri Tahu di Sukun Malang.....	62
VII.3 Pengaruh Penggunaan Cerobong Asap Model “ <i>Water Spons Filter</i> ” terhadap Penurunan Kadar SO ₂ pada Industri Tahu di Sukun Malang.....	64
VII.4 Baku Mutu Udara Emisi Kadar SO ₂ Sebelum dan Sesudah Penggunaan Cerobong Asap Model “ <i>Water Spons Filter</i> ” pada Industri Tahu di Sukun Malang.....	66
BAB VIII KESIMPULAN DAN SARAN	
VIII.1 Kesimpulan.....	69
VIII.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
III.1	Sumber Pencemar yang Menghasilkan Bahan Pencemar Udara	17
III.2	Pengaruh SO ₂ Terhadap Manusia	24
III.3	Konsentrasi Maksimum SO ₂ dengan Waktu	25
III.4	Kadar SO ₂ Emisi Sebelum dan Sesudah Penggunaan Cerobong Asap pada Industri Tahu di Grabak, Magelang.	38
VI.1	Kadar SO ₂ Emisi Sebelum Penggunaan Cerobong Asap Model “ <i>Water Spons Filter</i> ” pada Industri Tahu di Sukun, Malang, Tahun 2006.	56
VI.2	Kadar SO ₂ Emisi Sesudah Penggunaan Cerobong Asap Model “ <i>Water Spons Filter</i> ” pada Industri Tahu di Sukun, Malang, Tahun 2006.	57
VI.3	Kadar SO ₂ Emisi Sebelum dan Sesudah Penggunaan Cerobong Asap Model “ <i>Water Spons Filter</i> ” pada Industri Tahu di Sukun, Malang, Tahun 2006.	58
VI.4	Baku Mutu Udara Emisi SO ₂ Sebelum dan Sesudah Penggunaan Cerobong Asap Model “ <i>Water Spons Filter</i> ” pada Industri Tahu di Sukun, Malang, Tahun 2006.	59

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
III.1	Alur Proses Pembuatan Tahu	8
III.2	Mekanisme Pembentukan dan Penyebaran gas SO ₂ di Atmosfer	22
III.3	Cerobong Asap Model " <i>Water Spons Filter</i> "	37
IV.1	Penurunan Kadar SO ₂ pada Industri Tahu dengan Cerobong Asap Model " <i>Water Spons Filter</i> "	40

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Lampiran	Halaman
1.	Permohonan izin penelitian	
2.	Hasil pengukuran kualitas udara emisi	
3.	Uji Normalitas	
4.	Uji T-Test	
5.	Gambar Cerobong Asap Model " <i>Water Spons Filter</i> "	
6.	Gambar Proses Produksi dan Proses Pengambilan Sampel	
7.	Dokumentasi Penelitian	

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Daftar Arti Lambang

X	= Nilai Rata-rata (mean)
α	= Alfa
Σ	= Jumlah
%	= Percent
pH	= Negatif logarithm of hydrogen ion activity
p	= Significant
\pm	= Lebih kurang
/	= Per

Daftar Singkatan

WSF	= Water Spons Filter
SO ₂	= Sulfur Dioksida
Ppm	= Part Per Million
SK	= Surat Keputusan

BAB I

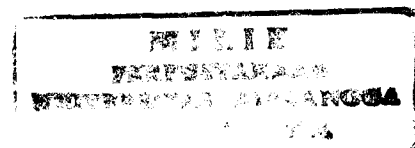
PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Lingkungan bagi manusia merupakan segala sesuatu yang ada disekitarnya, baik berupa benda hidup, benda mati, benda nyata maupun abstrak, termasuk manusia lainnya, serta suasana yang terbentuk karena terjadinya interaksi diantara elemen-elemen di alam tersebut. Undang-Undang Nomor 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup menyebutkan bahwa lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan dan makhluk hidup termasuk manusia dan perilakunya yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain, sehingga pengelolaan lingkungan hidup harus diselenggarakan dengan azas tanggung jawab, azas berkelanjutan dan azas manfaat yang bertujuan untuk mewujudkan pembangunan yang berwawasan lingkungan hidup.

Pembangunan industri sebagai bagian dari usaha pembangunan ekonomi jangka panjang harus diusahakan untuk memelihara kelestarian lingkungan alam sekitar. Pembangunan ini menghendaki adanya kelestarian dan keseimbangan antara sesama manusia, antara manusia dengan Tuhannya dan antara manusia dengan lingkungan.

Dengan adanya pertumbuhan dan perkembangan industri pada saat ini disamping membawa dampak positif yang besar juga menimbulkan dampak negatif yang merugikan pertumbuhan industri. Bahan buangan yang dihasilkan tidak hanya



merupakan bahan yang tidak berguna tetapi juga membahayakan bagi kesehatan manusia dan lingkungan akibat dampak negatif berupa pencemaran yang ditimbulkan.

Pencemaran udara sebagai salah satu bentuk pencemaran yang disebabkan pesatnya pertumbuhan industri merupakan masalah yang perlu mendapatkan perhatian serius terutama untuk industri-industri yang menghasilkan gas-gas hasil dari pembakaran yaitu NO_x , SO_x , H_2S , 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). Seperti halnya 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. SO_2 merupakan gas yang termasuk di dalam sumber pencemar primer. Adapun cirri-ciri dari SO_2 antara lain: gas ini merupakan ikatan yang tidak stabil dan sangat reaktif terhadap gas lain, tidak berwarna, bau yang tajam, sangat mengiritasi, tidak terbakar dan tidak meledak.

Baku mutu udara emisi menurut SK Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur No 129/1996 untuk baku mutu SO_2 sebesar 800 mg/m^3 . 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. SO_2 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 SO₂ walaupun dengan konsentrasi yang relatif rendah (Kristanto, 2002). Pada kasus Lapindo Brantas, lumpur mengandung hidrogen sulfide karena hydrogen sulfide bisa bereaksi dengan O₂ membentuk air dan SO₂. Gas SO₂ berbau menyengat dan menyesakkan dada sehingga ada dua orang warga Kecamatan Porong meninggal dunia karena sesak nafas setelah menghirup bau lumpur tersebut (Haryadi, 2006)

Industri tahu di Sukun Malang berdiri selama ± 20 tahun terletak di tengah-tengah pemukiman yang padat penduduk. Dari survei awal oleh peneliti diperoleh adanya keluhan pada penduduk setempat disekitar 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.

Sehingga perlunya penurunan kadar SO₂ di industri tahu sebagai industri rumah tangga yang tidak begitu memperhatikan kesehatan lingkungan. Maka dari itu salah satu cara untuk mengatasi pencemaran SO₂ yaitu dengan menghilangkan SO₂ dari gas buang dengan cerobong asap. Peneliti tertarik untuk memodifikasi cerobong menjadi sebuah cerobong model "*Water Spons Filter*". Cerobong ini digunakan sebagai alat Bantu dengan menggunakan filter berupa spons dan air kapur, untuk penurunan kadar SO₂ di udara.

I.2 Identifikasi Penyebab Masalah

Industri kecil seperti pada industri tahu merupakan sumber yang tidak bergerak, dan menggunakan bahan bakar solar untuk sumber energi pada proses penggilingan kedelai dan bahan bakar kayu bakar dan disiram olie dalam perebusan kedelai. Industri tahu yang dijadikan lokasi penelitian terletak di Sukun, Malang. Survei pendahuluan yang dilakukan pada tanggal 17 september 2005, memperoleh data sebagai berikut; jumlah tenaga kerjanya 7 orang, mesin yang digunakan untuk menggiling kedelai adalah mesin diesel dengan bahan bakar solar dan perebusan kedelai dengan menggunakan ketel uap dengan bahan bakar kayu bakar dan olie, yang tidak dilengkapi dengan cerobong asap untuk pembuangan emisi. Proses produksi tahu berlangsung mulai dari jam 07.00 – 13.00 WIB setiap harinya kecuali hari minggu. Sedangkan proses penggilingan kedelai berlangsung mulai jam 07.30 - 09.00 dan dilanjutkan dengan perebusan kedelai mulai jam 09.00 - 10.00. Industri tahu tersebut dikelilingi oleh pemukiman padat penduduk dan sebagian besar penduduk memiliki rumah bertingkat. Pembakaran dari solar pada mesin penggilingan kedelainya dan perebusan kedelai pada ketel uap dengan disiram olie menghasilkan emisi SO_2 yang dapat mencemari udara sekitar pemukiman penduduk.

Kadar SO_2 merupakan bahan pencemar yang dapat menimbulkan dampak negatif pada manusia dan lingkungan. Apabila SO_2 bertemu dengan O_2 akan membentuk SO_3 , udara yang mengandung uap air akan bereaksi dengan gas SO_2 sehingga membentuk H_2SO_3 (asam sulfit) dan apabila SO_3 bereaksi dengan udara yang mengandung uap air akan membentuk H_2SO_4 (asam sulfat). Menurut PP No 74 Tahun 2001 menggolongkan asam sulfat sebagai B3 (Bahan Beracun Berbahaya).

Asam sulfat apabila turun ke bumi bersama-sama jatuhnya hujan terjadilah hujan asam. Hujan asam sangat merugikan karena dapat merusak tanaman maupun kesuburan tanah. Pada material dapat membuat korosi pada logam dan mengakibatkan berubahnya warna pada benda-benda plastik dan karet. SO_2 pada konsentrasi tertentu dapat mengakibatkan gangguan pada pernafasan, kardiovaskuler bahkan kematian pada manusia apabila kontak secara singkat pada konsentrasi yang tinggi.

I.3 Pembatasan dan Rumusan Masalah

1. Pembatasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada pengaruh penggunaan cerobong asap model *Water Spons Filter* terhadap penurunan kadar SO_2 di udara pada industri tahu.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, mendorong penulis untuk mencoba memodifikasi cerobong asap untuk menurunkan kadar SO_2 emisi pada industri tahu. Dari penurunan tersebut diajukan pertanyaan penelitian :

- a. Apakah ada pengaruh penggunaan cerobong asap model "*Water Spons Filter*" terhadap penurunan kadar SO_2 pada industri tahu di Sukun Malang?
- b. Apakah kadar SO_2 pada industri tahu di Sukun Malang tidak melanggar baku mutu udara emisi (SK Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur No 129/1996) sebelum dan sesudah penggunaan cerobong asap model "*Water Spons Filter*"?

BAB II

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

II.1 Tujuan Penelitian

Tujuan umum :

Mempelajari pengaruh penggunaan cerobong asap model "*Water Spons Filter*" terhadap penurunan kadar SO₂ pada industri tahu di Sukun Malang.

Tujuan khusus :

1. Mengukur kadar SO₂ sebelum penggunaan cerobong asap model "*Water Spons Filter*" pada industri tahu di Sukun Malang dengan metode turbidimetri.
2. Mengukur kadar SO₂ sesudah penggunaan cerobong asap model "*Water Spons Filter*" pada industri tahu di Sukun Malang dengan metode turbidimetri.
3. Menganalisis pengaruh penggunaan cerobong asap model "*Water Spons Filter*" terhadap penurunan kadar SO₂ pada industri tahu di Sukun Malang.
4. Menganalisis baku mutu udara emisi kadar SO₂ sebelum dan sesudah penggunaan cerobong asap model "*Water Spons Filter*" pada industri tahu di Sukun Malang.

II.2 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Bagi ilmu pengetahuan

Dapat menambah informasi baru terutama pada ilmu pengendalian pencemaran lingkungan fisik kaitannya dalam bidang penanggulangan pencemaran udara secara teknik.

2. Bagi pemilik industri tahu

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat berguna bagi pemilik industri tahu untuk meminimalkan bahan buangan terutama emisi SO_2 .

3. Bagi peneliti

Peneliti mampu mengembangkan dan menerapkan ilmu pengendalian pencemaran lingkungan fisik secara tepat guna.

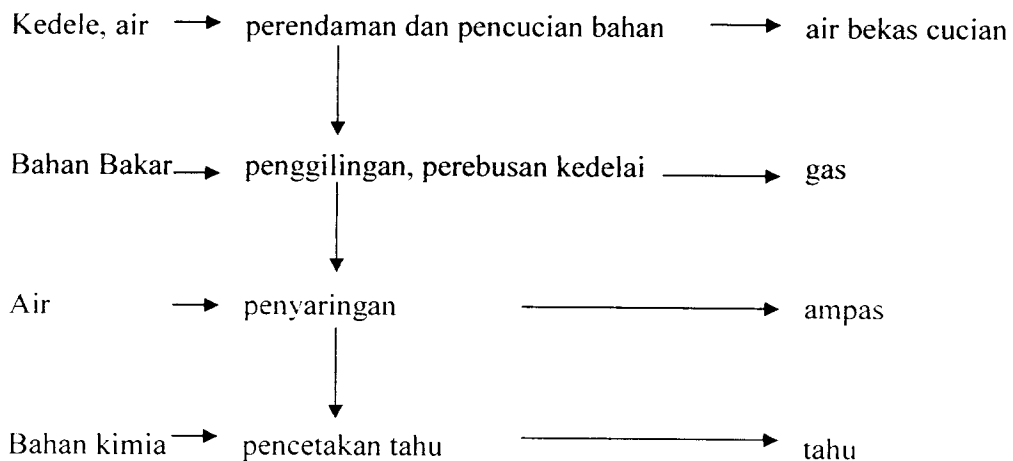
BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

III.1 Industri Tahu

Industri tahu merupakan industri rumah tangga atau usaha kecil yang tidak bergerak. Menurut Badan Pusat Statistik (2003) batasan / kriteria usaha mikro dengan jumlah pekerja < 5 orang termasuk tenaga keluarga yang tidak dibayar, sedang usaha kecil dengan jumlah pekerja 5-19 orang dan usaha menengah dengan jumlah pekerja 20-99 orang.

1. Alur proses pembuatan tahu pada industri tahu mulai dari bahan kedelai sampai menjadi tahu yang siap dikonsumsi, yaitu sebagai berikut:



Gambar III.1 Alur Proses Pembuatan Tahu
Sumber : Nurhasan (1991)

2. Karakteristik limbah industri tahu

Limbah tahu dibagi tiga macam yaitu gas (bau), padat (ampas) dan cair (air buangan). Meskipun pada umumnya limbah industri tahu prosentase yang paling

tinggi adalah limbah cair tapi limbah yang berupa gas dan padat dapat menimbulkan efek pada kesehatan apabila tidak dilakukan pengolahan. Adapun karakteristik limbah tahu meliputi secara fisika dan kimia (Tjahyono, 1993).

a. Secara fisika

Secara fisik air buangan limbah tahu dinyatakan dalam temperature, warna, bau dan kekeruhan. Sedang secara fisik gas buangan berbau yang tajam, tidak berwarna, tidak terbakar dan tidak meledak.

b. Secara kimia

Sifat kimia gas buangan yaitu mengandung SO_2 dan endapan partikel, sedang sifat kimia air buangan limbah tahu dinyatakan dalam bentuk organik (protein, karbohidrat dan minyak) dan anorganik (N dan P) maupun gas (N_2 , H_2S , NH_3 , CO_2 , CH_4).

3. Jenis limbah tahu :

Menurut Nurhasan (1991) jenis limbah tahu antara lain :

- a. Sisa air tahu yang tidak menggumpal
- b. Ampas dari hasil penggilingan
- c. Potongan tahu yang hancur pada saat proses karena kurang sempurnanya proses penggumpalan.
- d. Bau yang menyengat pada saat proses produksi tahu
- e. Limbah tahu keruh dan berwarna kuning muda keabu-abuan dan bila dibiarkan akan berwarna hitam dan berbau busuk.

4. Bahaya limbah tahu

Limbah cair yang dihasilkan mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut, akan mengalami perubahan fisika, kimia dan hayati. Selain itu bau yang menyengat pada proses produksi tahu dapat mengakibatkan sakit pernapasan. Apabila dibiarkan bisa mengganggu kesehatan dan mencemari lingkungan sekitar.

5. Penanganan limbah tahu

- a. Menggunakan alat yang dapat menghasilkan tahu yang lebih baik dan sedikit menghasilkan limbah.
- b. Dengan penerapan produksi bersih (*Cleaner Production*). Penataan proses produksi yang baik dari mulai tempat proses pencucian, penggunaan dan penempatan peralatan yang tepat, penggunaan air yang bersih sehingga limbah padat, gas maupun cair berkurang

6. Pemanfaatan limbah tahu

- a. Makanan ternak
- b. Dibuat makanan nata de soya
- c. Dibuat makanan kecil contohnya castangell, stick tahu.

III.2 Bahan bakar dan Pembakaran

1. Pengertian

a. Bahan bakar

Ditinjau dari sudut teknis dan ekonomis, bahan bakar diartikan sebagai bahan yang apabila dibakar dapat meneruskan proses pembakaran tersebut

dengan sendirinya, disertai dengan pengeluaran kalor. Bahan bakar dibakar dengan tujuan untuk memperoleh kalor tersebut, untuk digunakan baik secara langsung maupun tak langsung. Sebagai contoh penggunaan kalor dari proses pembakaran secara langsung adalah :

- 1) Untuk memasak di dapur-dapur rumah tangga
- 2) Untuk instalansi pemanas

Sedang contoh penggunaan kalor secara tidak langsung adalah :

- 1) Kalor diubah menjadi energi mekanik, misalnya pada motor bakar
- 2) Kalor diubah menjadi energi listrik, misalnya pembangkit tenaga diesel, tenaga gas dan tenaga uap.

b. Pembakaran

Pembakaran adalah reaksi kimia yang cepat antara oksigen dan bahan yang dapat terbakar, disertai timbulnya cahaya dan menghasilkan kalor. Pembakaran spontan adalah pembakaran dimana bahan mengalami oksidasi perlahan-lahan sehingga kalor yang dihasilkan tidak dilepaskan, akan tetapi dipakai untuk menaikkan suhu bahan secara pelan-pelan sampai mencapai suhu nyala.

Pembakaran sempurna adalah pembakaran dimana semua konsituen yang dapat terbakar di dalam bahan bakar membentuk gas CO_2 , air (H_2O) dan gas SO_2 , sehingga tak ada lagi bahan yang dapat terbakar tersisa.

Bahasan ini dibatasi hanya pada bahan bakar dan proses pembakaran yang biasa terjadi dalam industri.

2. Komposisi

Bahan bakar fosil dan bahan bakar organik lainnya umumnya tersusun dari unsur-unsur C (karbon), H (hidrogen), O (oksigen), N (nitrogen), S (belerang), P (fosfor) dan unsur-unsur yang lainnya dalam jumlah kecil, namun unsur-unsur kimia yang penting adalah C, H, S yaitu unsur-unsur yang jika terbakar menghasilkan kalor. Setelah proses pembakaran, terbakar menghasilkan gas CO₂, CO, SO₂ dan uap air yang keluar sebagai gas asap atau gas buang.

3. Macam-macam bahan bakar

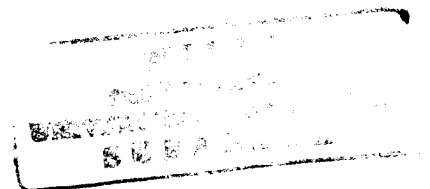
a. Bahan bakar padat

Bahan bakar padat yang biasa dipakai dalam industri dan transportasi adalah batu bara. Batu bara termasuk bahan bakar fosil karena terbentuk dari sisa tumbuh-tumbuhan yang mengalami proses geologis dalam jangka waktu jutaan tahun.

b. Bahan bakar cair

Bahan bakar cair yang biasa dipakai dalam industri, transportasi maupun rumah tangga adalah fraksi minyak bumi. Minyak bumi adalah campuran berbagai hidrokarbon yang termasuk dalam kelompok senyawa; paraffin, naphthena, olefin dan aromatic. Kelompok senyawa ini berbeda dari yang lain dalam kandungan hidrogennya.

Minyak mentah jika disuling akan menghasilkan beberapa macam fraksi. seperti; bensin atau premium, kerosen atau minyak tanah, minyak solar, minyak bakar dan lain-lain.



c. Bahan bakar gas

Termasuk dalam bahan bakar gas antara lain; asetilin, gas air biru, gas batubara, gas alam, gas petroleum dan lain-lain.

4. Proses pembakaran

Dalam pembakaran proses yang terjadi adalah oksidasi dengan reaksi sebagai berikut :

Karbon + oksigen = karbon dioksida + panas

Hydrogen + oksigen = uap air + panas

Sulfur + oksigen = sulfur dioksida + panas

Pembakaran di atas dikatakan sempurna bila campuran bahan bakar dan oksigen (dari udara) mempunyai perbandingan yang tepat, hingga tidak diperoleh sisa. Bila oksigen terlalu banyak dikatakan campuran "*lean*" (kurus). Pembakaran ini menghasilkan api oksidasi. Sebaliknya bila bahan bakarnya terlalu banyak (atau tidak cukup oksigen), dikatakan campuran "*rich*" (kaya). Pembakaran ini menghasilkan api reduksi. Api reduksi ditandai oleh lidah api panjang, kadang-kadang sampai terlihat berasap. Keadaan ini juga disebut pembakaran tidak sempurna.

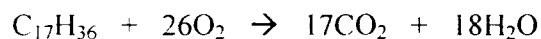
Apabila pembakaran berlangsung sempurna, maka susunan gas asap hanya terdiri dari CO₂, H₂O, SO₂, N₂ dari udara dan O₂ kelebihan. Pembakaran tidak sempurna, maka disamping gas-gas tersebut diatas, terjadi pula gas CO serta sisa bahan bakar yang tidak terbakar. Besarnya kadar gas CO dalam gas asap merupakan indikator sempurna atau tidak sempurnanya pembakaran (www.chemeng.ui.ac.id).

Solar adalah bahan bakar yang terletak diantara minyak tanah dan minyak pelumasan sehingga membuat range yang lebar untuk specific gravity dan titik didihnya. Titik didih berkisar antara 200-370⁰ C (Mathur, 1980). Hal ini menyebabkan pembakaran solar membutuhkan waktu yang relatif lama dibandingkan dengan fraksi utama lainnya hasil dari pengilangan seperti halnya gas refinery, bensin dan kerosin. Sehingga memerlukan temperatur pembakaran yang relatif tinggi dengan titik nyala 150⁰ F (118⁰ C, konstan).

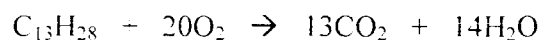
Bahan bakar diesel/solar adalah bahan bakar yang ditunjukkan penggunaannya untuk motor bakar berpenyalan tekanan. Bahan bakar ini pada umumnya dibedakan atas (Jasjfi, 1992)

a. Bahan bakar diesel otomotif atau disebut juga HSD atau minyak solar.

Minyak solar mempunyai rantai atom C_xH_y, dengan range atom C berjumlah 13-20. Contoh reaksi pembakaran:



b. Bahan bakar mesin diesel industri dan kapal atau minyak diesel. Merupakan jenis bahan bakar yang didestilasi yang terdiri dari fraksi berat atau campuran destilasi fraksi yang ringan dan residu fuel oil dan memiliki kromatik yang berwarna hitam gelap tetapi tetap dalam keadaan liquid (cair) pada temperatur rendah. Minyak diesel mempunyai rantai utama C_xH_y, dengan range atom C berjumlah 13-20. Contoh reaksi pembakarannya:



III.3 Pencemaran Udara oleh SO₂

1. Pengertian

Perubahan lingkungan udara pada umumnya disebabkan oleh pencemaran udara, dimana susunan udara normal telah mengalami perubahan yang dapat mengganggu kehidupan manusia dan lingkungannya. Pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normalnya dan kehadiran bahan atau zat di udara dalam waktu yang cukup lama, akan mengganggu kehidupan manusia, hewan dan binatang (Wardhana, 2004). Sedangkan menurut Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor 02/MENKLH/1998, pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan/atau komponen lain kedalam udara dan/atau berubahnya tatanan (komposisi) udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Pembakaran bahan bakar fosil merupakan sumber utama polutan sulfur dioksida, yang terutama disebabkan oleh dua komponen gas yang tidak berwarna yaitu SO₂ dan SO₃. Gas buangan hasil pembakaran pada umumnya mengandung SO₂ lebih banyak (Kristanto, 2002)

2. Sumber Pencemar Udara

Secara umum penyebab terjadinya pencemaran udara dapat digolongkan menjadi dua:

a. Faktor internal

Pencemaran yang disebabkan oleh kegiatan alam yang dengan segala bentuk tatanannya, secara otomatis membentuk proses-proses yang berlaku sesuai dengan hukum alam. Contoh:

- 1) Abu atau debu yang dikeluarkan dari letusan gunung berapi berikut gas-gas vulkanik.
- 2) Debu yang berterbangan akibat tiupan angin
- 3) Kebakaran hutan
- 4) Proses pembusukan sampah organik

b. Faktor eksternal

Sumber pencemar akibat kegiatan manusia seperti membuang atau mengeluarkan zat atau bahan pencemar yang dapat berbentuk cair, gas atau partikel tersuspensi dalam kadar tertentu ke dalam lingkungan. Secara kuantitatif sering lebih besar (Soedomo, 2001). Contoh:

- 1) Hasil pembakaran bahan bakar fosil
- 2) Debu atau serbuk dari kegiatan industri
- 3) Pemakaian zat-zat kimia yang disemprotkan ke udara
- 4) Akibat proses dekomposisi atau pembakaran dan rumah tangga.

Sumber bahan pencemaran udara menentukan jenis bahan pencemarannya, hal tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel III.1 Sumber Pencemar yang Menghasilkan Bahan Pencemar Udara

Sumber Pencemar	Bahan pencemar					
	HC	CO ₂	CO	SO ₂	NO	NO ₂
Sumber stasioner	+	+	+	+	+	+
Proses industri	+	+	+	+	+	+
Sampah padat	+	+	+	+	+	+
Pembakaran sisa pertanian	+	+	+	-	+	+
Transportasi	+	+	+	+	+	+
Bahan bakar minyak	+	+	+	+	+	+
Bahan bakar gas alam	-	+	-	-	-	-
Bahan bakar kayu	-	+	-	-	+	+
Insenerator	+	+	+	+	+	+
Kebakaran hutan	+	+	+	-	+	+

Sumber : Mukono, 2003

Sedangkan SO₂ berasal dari :

- a. Alamiah: merupakan sumber pencemar dari aktivitas gunung berapi, pembusukan bahan organik oleh mikroba dan reduksi sulfat secara biologis.
- b. Buatan: merupakan sumber pencemar dari pembakaran bahan bakar minyak dan batu bara yang mengandung sulfur tinggi.

Sumber pencemar SO₂ dari kegiatan manusia yang hampir seluruhnya berasal dari buangan industri memberi kontribusi 1/3 dari seluruh SO₂ di udara (Riyadi, 1992)

3. Faktor yang mempengaruhi pencemaran SO₂

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi pencemaran udara, misalnya :

a. Kelembaban

Kelembaban udara relative yang rendah (< 60 %) didaerah tercemar SO₂ akan mengurangi efek korosif dari bahan kimia tersebut. Pada kelembaban yang

relatif lebih atau sama dengan 80 % didaerah tercemar akan terjadi peningkatan efek korosif SO_2 tersebut.

b. Suhu

Suhu yang menurun pada permukaan bumi, dapat menyebabkan peningkatan kelembaban udara relatif, sehingga akan meningkatkan efek korosif bahan pencemar didaerah yang udaranya tercemar. Pada suhu yang meningkat, akan meningkat pula kecepatan reaksi suatu bahan kimia.

c. Pergerakan udara

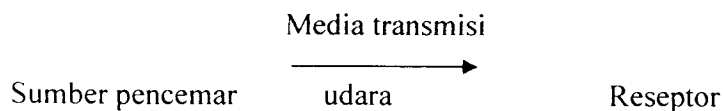
Pergerakan udara yang cepat dapat meningkatkan abrasi bahan bangunan.

4. Sifat SO_2

Sifat-sifat umum SO_2 yaitu sebagai berikut:

- a. Suatu yang tidak berwarna dan berbau sangat tajam
- b. Tidak mudah terbakar
- c. Mudah larut dalam air
- d. Dalam udara atmosfer, sulfur dioksida akan bereaksi dengan oksigen membentuk sulfur trioksida (SO_3).
- e. Beberapa oksida logam dapat secara langsung mengoksidasi sulfur dioksida dan membentuk sulfat.
- f. SO_3 bereaksi dengan uap air dan membentuk asam sulfat (H_2SO_4).
- g. Kehadiran gas NO_2 dan partikel-partikel hidrokarbon dalam udara atmosfer dapat mempengaruhi proses oksidasi gas SO_2 .
- h. Selain oksida-oksida logam, ion-ion logam seperti mangan (Mn) dan besi (Fe) merupakan katalis yang baik pada proses oksidasi sulfur dioksida

- i. Lebih berat dari udara (*Vapor density* = 2,3)
 - j. Sulfur dioksida bereaksi dengan air dan membentuk asam sulfite (H_2SO_3)
5. Mekanisme pencemaran SO_2



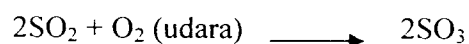
Hanya sepertiga dari jumlah sulfur yang terdapat di atmosfer merupakan hasil dari aktivitas manusia, dimana 60 % dari jumlah ini dalam bentuk SO_2 . Sebanyak dua pertiga dari jumlah sulfur di atmosfer berasal dari sumber-sumber alam seperti volcano dan terdapat dalam bentuk H_2S dan oksida.

Hampir 80 % dari sulfur dioksida dihasilkan dari gas hydrogen disulfida murni yang berasal dari sumber-sumber alam seperti minyak bumi, gunung berapi, batu kapur dan batu bara.

Oksida sulfur dioksida dalam gas buang sangat dipengaruhi oleh kelembaban relative. Oksidasi akan terjadi sangat lamban dan sedikit pada kelembaban dibawah 70 % namun pada kelembaban yang lebih tinggi terjadi oksidasi yang lebih cepat dan menjadi asam sulfat. Ini dapat terlihat pada sifat SO_2 yaitu gas yang tidak berwarna dengan bau yang menyengat dan menyakkan pernafasan, umumnya pada SO_2 yang akan berubah menjadi asam sulfit (H_2SO_3) 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 sulfur trioksida (SO_3)

SO₂ banyak dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar fosil. Pada alam atau lingkungan, SO₂ dapat berubah setelah mengalami reaksi-reaksi sebagai berikut : (Kristanto, 2002)

- a. Apabila SO₂ bertemu dengan O₂ akan membentuk SO₃

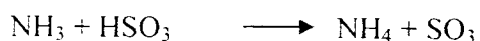
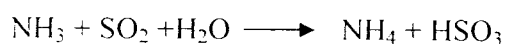


- b. Apabila SO₃ bereaksi dengan udara yang mengandung uap air akan membentuk asam sulfat (H₂SO₄)



Sebagai bahan pencemar, SO₂ sebenarnya dapat dikatakan tidak stabil, tetapi berubah menjadi sebab lain. Asam sulfat (H₂SO₄) yang terbentuk sebagai hidrolisa SO₂ dan SO₃ mudah bereaksi. Disamping itu perubahan ke arah tersebut dapat melalui oksidasi secara foto kimia yang menghasilkan asam sulfat. Oksidasi semacam ini dapat dipercepat dengan adanya ion logam seperti besi, magnesium, amoniak dan hasil pembakaran batu bara.

Asam Sulfat dari reaksi SO₂ dapat membentuk aerosol, reaksi SO₂ juga dapat menghasilkan garam sulfite terutama (NH₄)SO₃ dan ammonium hydrogen sulfite membentuk aerosol yang kemudian dapat turun terbawa oleh air hujan. Waktu melayang di udara biasanya 5-14 hari. Sebagai contoh reaksi ini dipercepat dengan adanya ammonia yang membentuk ion bisulfit dalam larutan sebagai berikut:

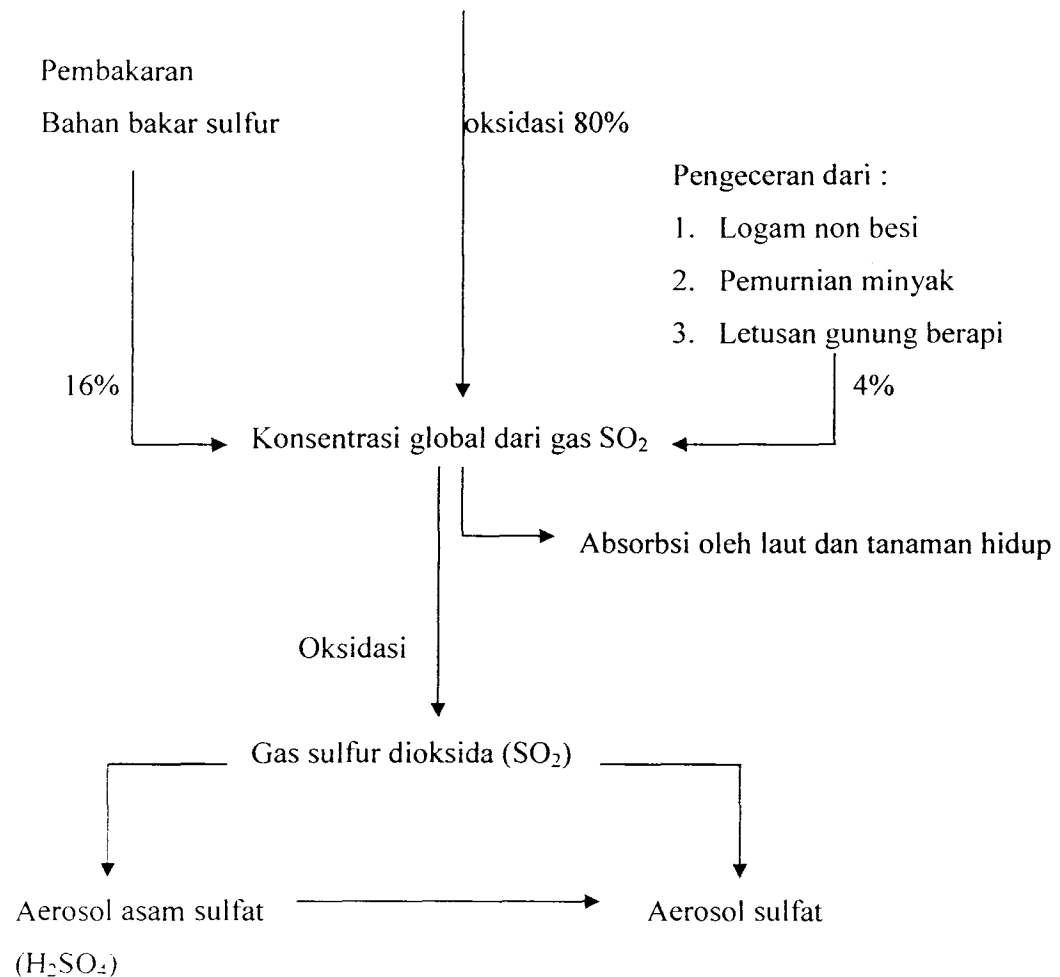


Kontribusi SO_2 yang dihasilkan manusia sekitar 20 % sehingga manusia dapat mengubah siklus di udara menjadi masalah serius di beberapa negara. Masalah yang ditimbulkan oleh polutan yang dibuat oleh manusia adalah dalam hal distribusinya yang tidak merata sehingga terkonsentrasi pada daerah tertentu, bukan dari jumlah keseluruhannya, sedangkan polusi dari sumber alam biasanya lebih tersebar merata. Transportasi bukan merupakan merupakan sumber utama polutan SO_x , tetapi pembakaran batu arang, minyak, gas, kayu dan sebagainya. Sumber SO_x yang kedua adalah proses industri seperti industri peleburan baja, industri rotan dan sebagainya.

Gas Hidrogen sulfide (H_2S)

Dihasilkan oleh :

1. Pelapukan bahan organik alami
2. Letusan gunung berapi
3. Industri (tak bermakna terhadap perubahan global)



Gambar III.2 Mekanisme Pembentukan dan Penyebaran gas SO_2 di Atmosfer
Sumber : Andrews (1972).

III.4 Dampak Pencemaran SO₂

Dampak pencemaran udara secara umum menurut Mukono (2003) yaitu:

1. Kondisi fisik atmosfer
 - a. Gangguan jarak pandang
 - b. Memberikan warna tertentu pada atmosfer
 - c. Mempengaruhi struktur dari awan
 - d. Mempengaruhi keasaman dari air hujan
 - e. Mempercepat pemanasan atmosfer
2. Tumbuhan
 - a. Perubahan morfologi, pigmen dan kerusakan fisiologi sel tumbuhan terutama pada daun.
 - b. Mempengaruhi pertumbuhan vegetasi.
 - c. Mempengaruhi proses reproduksi tanaman.
 - d. Mempengaruhi komposisi komunitas tanaman.
 - e. Terjadi akumulasi bahan pencemar pada vegetasi tertentu.
3. Manusia

Gas maupun partikel yang ada di atmosfer dapat menyebabkan gangguan terutama pada saluran pernafasan.

Pencemaran udara oleh sulfur dioksida tidak hanya berdampak pada makhluk hidup saja, tetapi juga berdampak buruk pada lingkungan. Akibat utama polutan SO₂ terhadap:



1. Manusia

Tabel III.2 Pengaruh SO₂ Terhadap Manusia pada Udara Ambien

Konsentrasi (ppm)	Pengaruh
3 – 5	Jumlah minimum yang dapat dideteksi dari baunya
8 – 12	Jumlah minimum yang segera mengakibatkan iritasi pada tenggorokan dan hidung
20	Jumlah minimum yang mengakibatkan iritasi pada mata dan mengakibatkan batuk
50 – 100	Jumlah maksimum yang diperkenankan untuk kontak dalam waktu singkat (30 menit)
400 – 500	Berbahaya walaupun kontak secara singkat karena dapat menimbulkan kematian

Sumber: Kristanto (2002)

Menurut Amri (1997), pada kadar yang rendah kurang lebih 95 % dari gas SO₂ yang terhirup akan diserap oleh mukosa saluran pernafasan atas. Pada kadar yang tinggi akan mengadakan penetrasi ke dalam saluran pernafasan bagian bawah. penetrasi ini dapat pula terjadi bila dalam udara inhalasi terdapat partikel-partikel halus, dimana partikel-partikel tersebut akan mengadsorbsi gas SO₂. Pemaparan pada kadar sampai 10 ppm biasanya masih dapat ditolelir oleh pekerja yang beradaptasi/aklimatisasi, sedangkan bagi mereka yang belum beradaptasi kadar 3 ppm umumnya tidak dapat ditolelir.

Manusia setiap kali bernafas, maka udara akan masuk dalam pipa kapiler dalam paru-paru yang amat luas. Setiap permukaan jaringan yang dilalui udara mengandung uap air yang mudah bereaksi dengan SO₂ (Sastrawijaya, 2000). Konsentrasi maksimum SO₂ pada pemukiman dan industri yang masih boleh ada pada periode waktu tertentu seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel III.3 Konsentrasi Maksimum SO₂ dengan Waktu

Periode. Rata-rata	Konsentrasi Maksimum SO ₂	
	Pemukiman	Industri
Satu jam	0,025 ppm	0,4 ppm
24 jam	0,1 ppm	0,2 ppm
Satu tahun	0,02 ppm	0,05 ppm

Sumber : Sastrawijaya (2000)

2. Lingkungan

Pada tumbuh-tumbuhan akan berdampak pada proses fotosintesa daun dan proses asimilasi. Warna pada daun akan berubah menjadi kuning (klorosis) atau putih (nekrosis) dan bercak-bercak putih. Asam sulfat yang turun bersama-sama dengan hujan akan mengakibatkan terjadi hujan asam yang dapat merusak tanaman dan kesuburan tanah, serta korosi pada logam (Riyadi, 1992).

SO₂ bereaksi dengan uap air akan membentuk asam sulfit maupun asam sulfat. Dimana asam sulfat bila berada di lingkungan dapat memudahkan barang logam berkarat termasuk rel kereta api, kendaraan sampai pagar halaman bahkan akan merusak batu-batuan, candi, genting dan lain-lain. SO₂ juga mengakibatkan berubahnya warna benda dan kerapuhan misalnya barang-barang dari plastik, karet, kertas dan sebagainya. Selain itu senyawa belerang juga mengancam kehidupan di air karena mengakibatkan pH air menjadi rendah. Organisme yang hidup dalam air akan mati jika pH terlalu rendah ($\text{pH} < 4$) (Sastrawijaya, 2000)

1. Filter Udara

Dimaksudkan untuk menangkap debu / partikel yang ikut keluar pada cerobong, agar tidak ikut terlepas ke lingkungan, sehingga hanya udara bersih saja yang keluar dari cerobong.

2. Pengendapan Siklon

Pengendapan debu/abu yang ikut dalam gas buangan atau udara dalam ruang pabrik yang berdebu. Prinsip kerjanya adalah pemanfaatan gaya sentrifugal dari udara/gas buangan yang sengaja dihumbuskan melalui tepi dinding tabung siklon.

3. *Scrubbers / Wet Collectors.*

Prinsip kerjanya adalah membersihkan udara yang kotor dengan cara menyemprotkan air dari bagian atas alat. Sedangkan udara yang kotor dari bagian bawah alat.

4. Pengendapan Sistem Gravitasi

Hanya digunakan untuk membersihkan udara kotor yang ukuran partikelnya relative cukup besar, sekitar 50 mikro atau lebih.

5. Pengendapan elektrostatik

Digunakan untuk membersihkan udara yang dalam jumlah (Volume) yang relative besar dan pengotor udaranya adalah aerosol atau uap air. Prinsip kerja dari alat ini adalah dengan memanfaatkan ion-ion positif (Wardhana, 2004).

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengurangi dan mengendalikan SO₂ diantaranya (Kristanto, 2002) :

1. Penggunaan bahan bakar bersulfur rendah
2. Substitusi sumber energi lain untuk bahan bakar.

3. Menghilangkan sulfur dari bahan bakar sebelum pembakaran.
4. menghilangkan SO_2 dari gas buang dengan memanfaatkan kapur.

III. 6. Pengukuran Kualitas Udara (SO_2)

Beberapa metode yang dapat digunakan antara lain :

1. Metode Pararosanilin

Prinsip metode ini adalah menyerap (absorpsi) SO_2 dengan larutan Pottasium Tetrachloro Mercurate (TCM) yang merupakan bentuk reaksi pararosanilin dengan formaldehyde yang digunakan untuk memproduksi warna merah pada contoh yang akan dibandingkan dengan alat calorimeter.

Penjelasan :

Waktu pengukuran dilakukan selama 24 jam dengan pengertian interval waktu lebih kurang 6-8 jam, masing-masing interval diambil lebih kurang 30 menit pengambilan dimulai pada saat aktivitas berada pada puncak dan selanjutnya sesuai dengan interval yang ditentukan, metode ini bisa digunakan untuk memisahkan oksigen dari nitrogen dan beberapa metal.

2. Metode Acidimetrik

Prinsip metode ini adalah alat ini sering dikombinasikan dengan alat penyaring asap. Digunakan untuk pengukuran selama 24 jam atau dapat digunakan pada sampel yang tidak banyak dalam beberapa keadaan.

Penjelasan :

SO₂ diserap dan dilarutkan oleh larutan hydrogen peroksida dalam asam sulfat, SO₂ dinetralkan kembali sehingga menjadi alkali dan mudah untuk membandingkannya dengan standart.

3. Metode Konduktivitas

Prinsip metode ini adalah SO₂ dapat dilarutkan dengan air pada suatu tabung yang berisi Hidrogen peroksida dimana SO₂ dapat dioksidasi menjadi asam sulfat.

Penjelasan :

Peralatan yang digunakan sederhana, baik untuk pengambilan sampel selama periode waktu 24 jam. Seringkali alat ini dikombinasikan dengan saringan yang disambungkan ke alat pelepasan. Metode ini digunakan dalam peralatan yang otomatis dan dapat dibawa kemana-mana seperti pengukuran di industri maupun di lingkungan pemukiman.

4. Metode Tabung Detektor

Prinsip metode ini adalah udara dapat menutup tabung yang berisi silica berbentuk jelly dapat menyerap SO₂

Penjelasan :

Alat ini dapat dibawa kemana-mana dan telah digunakan untuk pekerjaan yang berhubungan dengan lingkungan atau pada situasi yang lain seperti konsentrasi SO₂ yang lebih tinggi.

5. Metode Iodine

Prinsipnya adalah SO₂ diserap oleh larutan iodine dalam botol pencuci yang dihubungkan dengan fritted bubbler dan di tetraisi dengan thiosulfate.

Penjelasan :

Alat ini dimaksudkan untuk pengukuran lingkungan yang tidak digunakan secara luas. Metode ini dimodifikasi untuk penilaian alat pengukuran SO₂ dengan menggunakan warna.

6. Metode Peralatan Otomatis

Prinsipnya berdasarkan konduktivitas

Penjelasan :

Konsentrasi SO₂ yang diambil pengukurannya mengikuti variabel yang pendek, ini sulit digunakan dalam 24 jam, kecuali kalau disertai dengan peralatan yang lebih canggih dan mahal, juga harus dibawah pengawasan para ahli.

7. Metode Turbidimetri

Prinsipnya adalah mengoptimalkan spektrofotometer untuk pengujian kadar SO₂

Penjelasan :

Alat ini dimaksudkan untuk pengukuran SO₂ emisi pada sumber yang tidak bergerak. Metode ini dengan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 420 nm. Satuan SO₂ yaitu mg/m³ atau ppm, dimana $1 \text{ mg/m}^3 = 2,61 \text{ ppm}$ (Keputusan Gubernur Jawa Timur No 129 Tahun 1996)

III.7 Cerobong Asap

1. Pengertian

Dalam suatu industri yang menggunakan pembakaran, walaupun telah menggunakan alat pengendali pencemaran udara, ternyata masih ada sejumlah polutan yang ikut dalam udara atau gas buang yang keluar.

Cerobong merupakan salah satu fasilitas pengendali akibat polutan udara yang berupa gas maupun partikel yang dihasilkan dari suatu proses pembakaran dengan cara dilewatkan melalui cerobong sebelum dibuang ke udara bebas.

Asap merupakan aerosol zat padat yang berukuran kurang dari $0,5 \mu\text{m}$ dan terbentuk dari hasil pembakaran yang tidak sempurna (*incomplete combustion*) zat-zat yang mengandung unsur karbon I. Sedangkan aerosol merupakan dispersi dari partikel-partikel yang berukuran mikroskopik dalam media gas. Aerosol dapat berupa partikel zat padat (*fumes*, debu dan asap) atau partikel zat cair (*mist/kabut* dan *fog*) yang biasanya berukuran kurang dari $1 \mu\text{m}$.

Cerobong asap adalah suatu bangunan tambahan yang berfungsi sebagai pendispersi polutan ke udara bebas sehingga konsentrasinya di bawah ambang batas yang telah ditetapkan Nilai Ambang Batasnya (Musril, 1992).

2. Fungsi Cerobong

Adapun fungsi cerobong asap adalah untuk mendispersikan polutan ke udara luas, sehingga konsentrasinya di bawah nilai ambang batas dan juga agar asap tidak masuk ke dalam bangunan sekitarnya karena tiupan angin.

Untuk menarik atau menghisap gas buang dalam ruang pembakaran agar dapat keluar diperlukan isapan cerobong, yang berarti pada beda tekanan udara pada titik masuk dengan tekanan udara emisi pada puncak cerobong, semakin kuat tekanannya yang dapat memperkuat aliran udaranya (Musril, 1992)

3. Tipe Cerobong

Berdasarkan diameter dan tingginya, cerobong pada dasarnya dapat dibagi menjadi 2 tipe yaitu :

a. Cerobong kecil (Tipe kecil)

Cerobong dengan diameter 0,3 – 1,0 m dan ketinggiannya kurang dari 50 m, biasanya terbuat dari plat logam atau metal.

b. Cerobong besar (Tipe besar)

Cerobong dengan diameter 1,0 – 1,2 m dan ketinggiannya lebih dari 50 m, biasanya terbuat dari konstruksi beton dan lapisan logam/metal serta batu tahan api.

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam merancang sebuah cerobong adalah :

a. Tinggi Cerobong

Tinggi sebuah cerobong dapat saja lebih 250 m (seperti yang telah ada), namun harus memperhatikan/mempertimbangkan faktor-faktor harga, keselamatan penerbangan serta ketahanan tanah. Untuk mencapai tujuan agar cerobong dapat mengendalikan polutan di sekitar industri, maka disarankan tinggi cerobong minimal 2,5 kali gedung-gedung di sekitar industri tersebut dengan tetap memperhatikan arah angin.

b. Diameter Cerobong

Diameter cerobong harus banyak mempertimbangkan kapasitas cerobong yang berkaitan dengan faktor kecepatan ekonomis gas buang serta gaya-gaya yang bekerja terhadapnya.

c. Isapan atau Tarikan

Isapan atau tarikan oleh cerobong terhadap udara atau gas yang akan dibuang keluar. Isapan ini sangat berhubungan dengan ketinggian cerobong

dan densitas rata-rata gas yang akan dibuang keluar. Hubungan ini biasanya dikenal dengan istilah '*chimney effect*' yang dapat diartikan sebagai efek yang timbul karena adanya cerobong yaitu terjadinya suatu aliran udara dingin memasuki ruang pembakaran kemudian keluar sebagai gas buang melalui cerobong secara alamiah. Suhu di ruang kerja lebih rendah dibandingkan dengan suhu di cerobong, karena suhu di ruang kerja lebih rendah maka tekanannya tinggi sehingga aliran udara mendorong ke cerobong dan udara panas keluar sebagai udara emisi.

Kondisi cerobong yang paling ekonomis adalah cerobong yang dapat mengalirkan gas buang sebanyak-banyaknya dan bila densitas gas buangnya setengah dari densitas udara disekitarnya.

Selama gas buang mengalir melalui cerobong, pada setiap kenaikan 1 meter tinggi akan terjadi penurunan suhu sekitar $1,5^{\circ}\text{C}$ untuk cerobong yang terbuat dari batu dan 3°C untuk cerobong yang terbuat dari logam. Terjadinya penurunan karena udara di luar semakin naik maka suhu semakin turun, sehingga udara di cerobong bisa diatur dengan besar kecilnya pembakaran (Musril, 1992).

Cerobong asap model "*Water Spons Filter*" prinsip kerjanya hampir sama dengan cerobong asap metode gravitasi dan penangkap air yaitu cerobong asap yang menggunakan energi gravitasi sebagai sumber pengendapan dan pengurangan energi kinetik dari suatu partikel yang bergerak. Kehilangan energi dari suatu partikel disebabkan oleh adanya perbedaan tekanan dari tekanan tinggi ke tekanan yang lebih rendah pada

saluran yang lebih luas pengurangan energi kinetik juga terjadi apabila benda bergerak mengalami tumbukan dengan benda lain yang lebih keras dari partikel tersebut.

III.8 Busa (Spons)

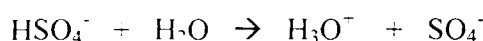
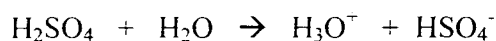
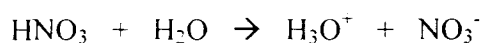
Busa adalah bahan yang terbuat dari poliuretan (lateks) dan mempunyai rongga atau pori-pori. Poliuretan mempunyai sifat yang sama dengan nilon, tetapi karena sukar diwarnai dan titik lelehnya lebih rendah, polimer ini pada awalnya tidak banyak diperdagangkan. Namun dengan adanya kemajuan pada kimia poliuretan dihasilkan busa, elastomer, pelapis permukaan, serat dan perekat poliuretan. Busa poliuretan dapat berupa busa kenyal dan busa kaku. Busa kenyal dapat berbahan dasar polyester atau polieter yang sedikit bersambung silang, biasanya digunakan dalam pembuatan bantal dan kasur. Sedangkan busa kaku banyak bersambung silang yang terbuat dari alkana berhalogen yang lembam dan bertitik didih rendah, biasanya digunakan sebagai bahan penyekat bahang (Cowd, 1991)

Busa tidak mengandung bahan karsinogen dan tidak beracun. Busa merupakan koloid busa padat dimana fase terdispersinya gas dan medium pendispersinya padat (www.dunllipo.com). Adsorpsi terjadi pada permukaan zat padat dan disebabkan oleh gaya valensi (*valence forces*) dari atom atau molekul pada lapisan luar dari zat padat, dimana gaya tidak seluruhnya dipergunakan seperti pada bagian dalam dari zat padat (Respati, 1992)

III.9 Air

Keberadaan air di bumi ini merupakan suatu proses alam yang berlanjut dan berputar, sehingga merupakan suatu siklus. Penyediaan air harus memenuhi syarat kualitas maupun kuantitas (Depkes RI, 1992).

Air merupakan bahan yang mudah larut oleh zat-zat lain. Gas SO_2 atau dalam penelitian ini lebih ditinjau sebagai gas SO_2 yang terabsorpsi dalam air akan bereaksi dengan air menghasilkan H_2SO_3 dan dengan adanya oksigen maka SO_3 akan teroksidasi menjadi SO_4 . Keduanya akan mampu menghidrolisis air menghasilkan ion hidronium atau asam. Asam nitrat (HNO_3) dan asam sulfat (H_2SO_4) merupakan asam kuat. Reaksi kimiawi protonasi kedua asam tersebut adalah sebagai berikut:



Dalam perubahan keasaman, kedua asam tersebut diatas akan mempunyai pengaruh yang identik sebagai asam kuat yang berpengaruh pada perubahan pH air absorben. Makin banyak SO_2 yang terabsorpsi maka akan makin asam media pengabsorbsinya (liquid) dan hal ini akan menurunkan laju absorbsinya dengan indicator adanya perubahan pH yang hampir stagnant setelah mengalami penurunan pH drastis. Sehingga semakin asam media maka efisiensi absorpsi gas terutama untuk SO_2 akan makin menurun (Bounicore, 1990).

III.10 Kapur Tohor (CaO)

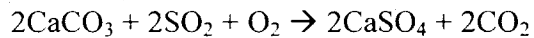
Kapur tohor merupakan salah satu senyawa kalsium yang bergerak ditemukan di alam dan banyak digunakan dalam industri. Kapur tohor diperoleh dari proses pembakaran yang menggunakan tanur dengan bahan bakar kayu atau solar dan dilakukan pada suhu 650-690°C. Kapur tohor adalah zat padat berwarna putih, amorf, memiliki titik leleh 2570°C, bersifat hidroskopis dan basa sehingga bahan ini dapat digunakan sebagai bahan pengering (menetralkan asam).

Sifatnya yang basa menyebabkan rasa panas pada kulit jika kontak terlalu lama. Kapur tohor mudah ditemukan di daerah pegunungan atau dekat pantai. Pengaruh penambahan kapur tohor akan mengakibatkan menurunnya pH dan bereaksi dengan bikarbonat membentuk endapan CaCO_3 . Kapur tohor dengan air akan menghasilkan gugusan hidroksil yang bersifat basa yaitu Ca(OH)_2 (Ensiklopedi Nasional Indonesia, 1989).

III.11 Cerobong Asap Model “*Water Spons Filter*”(WSF)

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 system penyaringan (*scrubbing*) yang memanfaatkan batu kapur atau dolomite dengan menginjeksikan dolomite atau batu kapur kering ke dalam ketel. Menurut Kristanto (2002) 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 SO₂ dan membentuk garam sulfat. Reaksinya sebagai berikut:



Prinsip kerja dari cerobong asap model “*Water Spons Filter*” sangat sederhana yaitu dengan adanya tumbukan antara gas SO₂ 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 tohor secara kontinyu dengan debit aliran 0,6 liter/menit. Kapur tohor (CaO) yang mempunyai sifat basa dapat digunakan sebagai penetralisir asam. Penambahan kapur tohor akan mengakibatkan menurunnya pH dan bereaksi dengan bikarbonat membentuk endapan CaCO₃. Kapur tohor dengan air akan menghasilkan gugusan hidroksil yang bersifat basa yaitu Ca(OH)₂. Sehingga air kapur yang bersifat basa dapat menetralkan SO₂ yang bereaksi dengan air dan bersifat asam (Ensiklopedi Nasional Indonesia, 1989). Berikut gambar cerobong asap model *Water Spons Filter*:



Gambar III.3 Cerobong Asap Model “*Water Spons Filter*”
Sumber: Kristanto (2001)

III.12 Penelitian Sejenis

Pada penelitian sejenis oleh Anggraeni (2003) melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Penggunaan Cerobong Asap terhadap Penurunan Kadar SO₂ emisi pada industri tahu di Grabag Magelang”.

Penelitian tentang pengaruh penggunaan cerobong asap terhadap penurunan kadar SO₂ emisi dengan parameter yang digunakan adalah SO₂ emisi industri tahu pada bagian penggilingan kedelai dan pengukurannya dilakukan sebanyak 6 kali yang terbagi dalam 3 sampel untuk kelompok pre dan 3 sampel untuk kelompok post. Adapun hasil pengukuran kadar SO₂ sebelum dan sesudah adalah sebagai berikut:

Tabel III.4 Kadar SO₂ Emisi Sebelum dan Sesudah Penggunaan Cerobong Asap pada Industri Tahu di Grabak, Magelang.

No	Sebelum Perlakuan (Pre) (mg/m ³)	Sesudah Perlakuan (Post) (mg/m ³)	Penurunan	
			Jumlah (mg/m ³)	Prosentase (%)
1	0,701	0,119	0,582	83,02
2	0,765	0,157	0,608	79,48
3	0,839	0,209	0,630	75,09
Σ	2,305	0,458	1,820	237,59
x	0,768	0,162	0,607	79,20

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa rata-rata kadar SO₂ emisi sebelum perlakuan adalah sebesar 0,768 mg/m³ sedangkan rata-rata kadar SO₂ emisi setelah penggunaan cerobong asap sebesar 0,162 mg/m³ secara deskriptif terjadi penurunan kadar SO₂ emisi pada industri tahu sebesar 0,607 mg/m³ (79,20%). Data tersebut diatas kemudian dianalisa secara statistik dengan uji *Paried Samples T-Test*, diperoleh signifikasinya sebesar 0,001 sehingga hasilnya bermakna yaitu ada

pengaruh penggunaan cerobong asap terhadap penurunan kadar SO₂ pada Industri tahu di Grabag, Magelang.

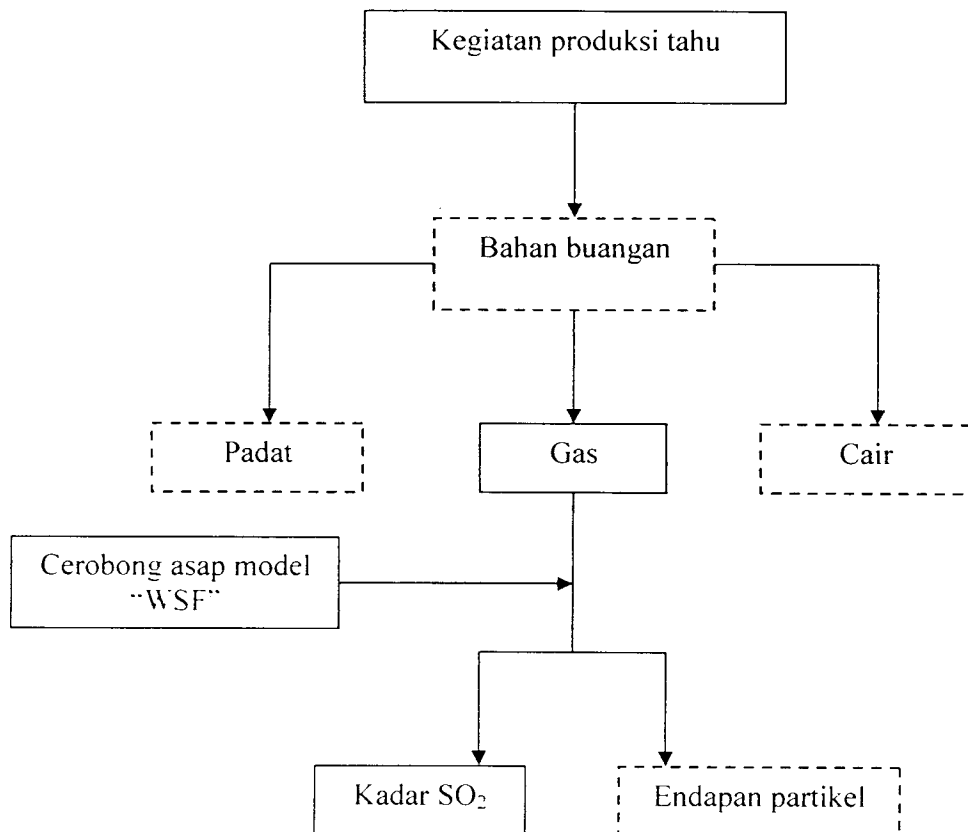
Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah sebagai berikut :

1. Rata-rata kadar SO₂ emisi sebelum penggunaan cerobong asap sebesar 0,768 mg/m³, lebih rendah dari baku mutu SO₂ menurut Keputusan Gubernur Jawa Tengah Nomor 10 Tahun 2000.
2. Rata-rata kadar SO₂ emisi sesudah penggunaan cerobong asap sebesar 0,162 mg/m³.
3. Ada pengaruh penggunaan cerobong asap terhadap penurunan kadar SO₂ emisi pada industri tahu sebesar 0,607 mg/m³ atau 79,20 % (p=0,001).

BAB IV

KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS

IV.1 Kerangka Konseptual Penelitian



Keterangan : = yang diteliti

= yang tidak diteliti

Gambar IV.1 Penurunan Kadar SO₂ pada Industri Tahu dengan Cerobong Asap Model "Water Spons Filter"

Dalam kegiatan produksi tahu akan dihasilkan bahan buangan dalam bentuk padat, gas dan cair. Dalam bentuk bahan buangan gas menghasilkan emisi kadar SO_2 dan endapan partikel. Digunakan cerobong asap model WSF (*Water Spons Filter*) yang diharapkan akan mengurangi atau menurunkan kadar SO_2 di udara.

IV.2 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah :

Ada pengaruh penggunaan cerobong asap model "*Water Spons Filter*" terhadap penurunan kadar SO_2 pada industri tahu di Sukun Malang.

BAB V

METODA PENELITIAN

V.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian *Quasi Eksperiment* dengan desain uji laboratorium yang akan dianalisa secara deskriptif dan analitik.

V.2 Obyek Penelitian

Obyek penelitian adalah emisi gas buang yang dihasilkan pada industri tahu di Sukun, Malang.

V.3 Sampel Penelitian

Sampel penelitian adalah SO₂ emisi pada gas buang industri tahu di Sukun, Malang. Cara pengambilan sampel pada 1 titik yaitu pada emisi gas buang pada waktu proses penggilingan kedelai dan perebusan kedelai pada 2 kondisi (pre dan post) masing-masing kondisi diambil sampel 3 kali setiap pengambilan sampel selama 3 menit (Keputusan Gubernur Jawa Timur No 16 Tahun 2003).

V.4 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada industri tahu di Sukun, Malang dan lokasi pemeriksaan SO₂ di Balai Hiperkes Surabaya. Waktu penelitian pada bulan Maret 2005 – Juni 2006.

V.5 Variabel, Cara Pengukuran dan Definisi Operasional

1. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah penggunaan cerobong asap model “*Water Spons Filter*”/ “WSF”

Definisi Operasional :

Suatu rangkaian cerobong yang mempunyai ukuran panjang 60 cm dan terdiri dari filter (spons) dan air kapur

2. Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kadar SO₂ emisi pada industri tahu

Definisi Operasional :

Banyaknya SO₂ yang diambil dari cerobong asap dengan menggunakan midget impinger dan air sampling pump selama 15 menit.

Satuan : mg/m³

3. Variabel Pengganggu

a. Cuaca

Dikendalikan dengan pengambilan sampel diwaktu tidak hujan.

b. Lama pembakaran

Dikendalikan dengan mengambil sampel 15 menit setelah proses pembakaran atau operasi

c. Bahan bakar

Dikendalikan dengan penggunaan bahan bakar yang sama yaitu solar.

d. Suhu emisi

Dikendalikan dengan pemberian lubang pengambilan sampel pada cerobong asap model "*Water Spons Filter*"

e. Kadar air kapur

Dikendalikan dengan pembubuhan kapur sebanyak 25 gram pada 1 liter air.

f. Jenis spons

Dikendalikan dengan menggunakan spons kursi setebal 6 cm dan diameter 7 cm

g. Lama penggunaan alat

Dikendalikan dengan penggunaan alat selama proses produksi pada bagian penggilingan kedelai.

h. Lama kontak dengan spons

Dikendalikan dengan penetes air kapur secara kontinyu selama proses produksi

V.6 Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data

1. Instrumen

a. Alat

- 1) Seng ketebalan 1,2 mm
- 2) Kawat kasa
- 3) Spons (*glass boll*)
- 4) Kran

b. Bahan

- 1) Air

2) Kapur tohor (CaO)

c. Cara Kerja Cerobong Asap Model “*Water Spons Filter*”

- 1) Seng dirangkai dengan membentuk sebuah silinder panjang dengan diameter 23 cm, sedang diameter outlet 20 cm dan diameter inlet 21 cm. Panjang cerobong 60 cm.
- 2) Disamping cerobong dibuat tempat air kapur setinggi 22 cm dengan diameter 8 cm, saluran air kapur diberi kran untuk mengatur debit air.
- 3) Pasang spons dari glass boll yang dilapisi kawat kasa agar tahan oleh panas dengan diameter 23 cm dan ketebalan 4 cm. filter ini bisa dilepas untuk mengganti spons apabila kotor karena partikel-partikel yang tersaring.
- 4) Cerobong yang telah dilengkapi filter spons, diberi lubang untuk pengambilan sampel dengan diameter 1 cm pada jarak 8 cm sebelum dan sesudah filter.
- 5) Larutkan kapur tohor pada air dengan perbandingan :
Volume air : 1000 ml
Kapur tohor : 25 gr
- 6) Masukkan air kapur ke dalam tabung penampung disamping cerobong yang sudah disediakan.
- 7) Teteskan air kapur ke dalam spons secara kontinyu dengan debit 0,6 liter/menit.

2. Teknik pengumpulan data

a. Tahap persiapan penelitian

- 1) Menentukan lokasi penelitian
- 2) Menyiapkan perizinan
- 3) Mempersiapkan alat-alat dan bahan untuk penelitian

b. Tahap pelaksanaan penelitian

- 1) Melakukan pengambilan sampel SO_2 sebelum dan sesudah penggunaan cerobong asap model "*Water Spons Filter*" pada waktu proses penggilingan kedelai dan perebusan kedelai berlangsung. Pengambilan sampel diambil dari lubang pengambilan sampel pada cerobong asap model "*Water Spons Filter*". Pengambilan sampel SO_2 menurut Keputusan Gubernur Jawa Timur No 16 Tahun 2003.

a) Peralatan :

1. Pompa hisap (vacuum pump).
2. Alat pengukur laju alir udara (air flow meter).
3. Midget impinger ukuran 500 ml.
4. Botol absorben.
5. Botol sampel.
6. Slang plastic penghubung.
7. Sumber arus listrik.
8. Termos es.
9. Barometer.

10. Anemometer.

11. Kertas label

b) Bahan :

1. H₂O₂, Isopropil Aseton.
2. Bila disimpan di dalam lemari es larutan ini tahan selama 6 bulan
3. Larutan ini sangat beracun (hati-hati)
4. Bila sebelum 6 bulan terjadi endapan berarti larutan tersebut rusak

c) Cara pengambilan sampel :

1. Masukkan 100 ml pereaksi penyerap ke dalam tabung midget impinger 500 ml.
 2. Rangkaikan dengan pompa hisap, serap udara selama 3 menit dengan laju alir udara 1 liter/menit.
 3. Setelah waktu pengambilan contoh selesai, masukkan sampel ke dalam botol sampel lalu masukkan ke dalam termos es.
- 2) Melakukan pengiriman sampel SO₂ pre dan post ke Balai Hiperkes
- 3) Melakukan pemeriksaan kadar SO₂ pre dan post dengan metode turbidimetri dengan alat spektrofotometer menurut Keputusan Gubernur Jawa Timur No 16 Tahun 2003 tentang Cara Standar Uji Udara Emisi Sumber Tidak Bergerak di Jawa Timur oleh petugas di Balai Hiperkes.

a) Peralatan

1. Batang pengaduk
2. Labu ukur 50, 100, 250, 1000 ml
3. Gelas erlemeyer

4. Timbangan analitik
 5. Pro-pipet
 6. Botol erlemeyer
 7. Impinger
- b) Bahan Penunjang Uji
1. Natrium klorida
 2. Gliserin
 3. Barium klorida
 4. Asam sulfat pekat
 5. Air suling atau air demineralisasi yang bebas logam.
- c) Persiapan Pengujian.
1. Pembuatan Serbuk Barium klorida.
 - a. Barium klorida dihaluskan menjadi serbuk dengan ukuran 500 μm (32 sampai 24 mesh).
 - b. Serbuk disimpan dengan baik.
 2. Pembuatan Larutan Natrium klorida.
 - a. 240 gram Natrium klorida dilarutkan ke dalam gelas erlemeyer 1 liter yang berisi larutan 20 ml HCl.
 - b. Ditambahkan air suling sampai tanda batas.
 - c. Larutan disaring dengan menggunakan kertas saring kelas 5 C.

3. Pembuatan Larutan Gliserin.
 - a. 1 bagian volume gliserin dicampur dengan 1 bagian air suling kedalam gelas erlemeyer 1 liter.
 - b. Larutan ini disimpan dengan baik.
4. Pembuatan Larutan Induk Asam Sulfat 0.1 N.
 - a. 3 ml Asam sulfat pekat ($\rho = 1,8410 \text{ mg/ml}$, 97%) dipipet ke dalam labu ukur 1000 ml.
 - b. Ditambah air suling sampai tanda batas dan dikocok.
5. Pembuatan Larutan Baku Asam Sulfat 0,004 N.
 - a. 10 ml larutan induk asam sulfat 0,1 N dimasukkan ke dalam labu ukur 250 ml.
 - b. Ditambah air suling sampai tanda batas dan dikocok.
6. Pembuatan Kurva Kalibrasi
 - a. Alat spektrofotometer dioptimalkan sesuai petunjuk alat untuk pengujian kadar Sulfur dioksida.
 - b. 5 sampai 25 ml larutan Asam Sulfat 1/250 N dimasukkan ke dalam dua buah gelas erlemeyer 100 ml dan ke dalam masing-masing gelas erlemeyer ditambahkan air suling sampai tepat 50 ml.
 - c. Ditambahkan ke dalam masing-masing gelas erlemeyer 10 ml larutan Gliserin dan 5 ml larutan Natrium klorida lalu dicampur dengan baik menggunakan batang pengaduk.

- d. 0,3 gram Barium klorida ditambahkan ke dalam salah satu gelas erlemeyer dan diaduk dengan baik selama 1 menit, sedangkan gelas erlemeyer yang tidak ditambah Barium klorida digunakan sbagai larutan referens.
 - e. Dibiarkan selama 4 menit dan aduk kembali dengan baik selama 15 detik.
 - f. Sebagian larutan ini dimasukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, serapan masuknya dibaca dan dicatat pada panjang gelombang 420 nm yang telah diset dengan larutan referens.
 - g. Apabila perbedaan hasil pengukuran secara duplo lebih besar dari 2 %, keadaan alat diperiksa dan tahapan b sampai f diulangi, apabila perbedaannya lebih kecil atau sama dengan 2 %, hasilnya dirata-rata.
 - h. Kurva kalibrasi dibuat berdasarkan data langkah f diatas atau ditentukan persamaan garisnya.
- d) Cara Uji
1. Contoh uji dipindahkan ke dalam gelas erlemeyer 300 ml.
 2. Botol penyerap dicuci dengan sedikit air suling.
 3. Larutan contoh uji digabungkan dengan air cucian botol penyerap ke dalam labu ukur 250 ml dan ditambah air suling sampai tanda batas.

4. 50 ml larutan contoh uji dimasukkan ke dalam gelas erlemeyer 100ml sebanyak 2 buah.
5. Dilakukan tahapan seperti yang diuraikan pada 6 c sampai 6 f diatas.
6. 100 ml larutan penyerap dimasukkan ke dalam labu ukur 250 ml dan ditambah air suling sampai tanda batas (digunakan sebagai blangko).
7. Diambil 50 ml larutan dan dimasukkan ke dalam gelas erlemeyer 100 ml sebanyak 2 buah dan dilakukan seperti pada tahapan diatas 6 a sampai 6 f.

e) Perhitungan

1. Perhitungan Jumlah Contoh Uji Gas yang Terambil

Jumlah contoh uji gas yang terambil dihitung pada kondisi normal (25⁰ C, 760 mm Hg) dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V_s = V \times \frac{298}{273 + t} \times \left(\frac{P_a + P_m - P_v}{760} \right)$$

Keterangan :

V_s = jumlah contoh uji gas yang terambil (L)

V = nilai pembacaan gasmeter (L)

P_a = tekanan atmosfer udara (mm Hg)

P_m = tekanan gauge pada gasmeter (mm Hg)

P_v = tekanan uap jenuh pada temperature gas t⁰ C (mm Hg)

t = temperature gas dibaca pada gasmeter (°C)

2. Perhitungan Kadar Sulfur Dioksida

Jumlah ion sulfat akan diperoleh dari kurva kalibrasi yang disiapkan menurut prosedur dan konsentrasi oksida sulfur dalam contoh uji gas dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$C = \frac{\text{BM SO}_2}{\text{BM SO}_4} \times \frac{(a-b) \times 250/50}{V_s} \times 1000 \times \text{mg/m}^3$$

Keterangan :

C = konsentrasi sulfur dioksida (mg/m^3)

V_s = volume contoh uji yang terambil (ml)

a = jumlah ion asam sulfat yang diperoleh dari kurva kerja (mg)

b = jumlah ion asam sulfat yang diperoleh dari uji blanko (mg)

1 ml asam sulfat 1/250 N sebanding dengan 0,2 mg ion SO_4^-

3. Perhitungan Tingkat Emisi

Tingkat emisi sulfur dioksida dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$E_{\text{SO}_2} = 0,0283 \times C \times Q_s$$

Keterangan :

E_{SO_2} = tingkat emisi SO_2 dari cerobong (g/jam)

C = konsentrasi SO_2 (mg/m^3)

Q_s = tingkat aliran gas cerobong (ft^3 / jam)

0.0283 = faktor konversi (m^3 / ft^3)

2. Perhitungan Kadar Sulfur Dioksida

Jumlah ion sulfat akan diperoleh dari kurva kalibrasi yang disiapkan menurut prosedur dan konsentrasi oksida sulfur dalam contoh uji gas dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$C = \frac{\text{BM SO}_2}{\text{BM SO}_4} \times \frac{(a-b) \times 250/50}{V_s} \times 1000 \times \text{mg/m}^3$$

Keterangan :

C = konsentrasi sulfur dioksida (mg/m^3)

V_s = volume contoh uji yang terambil (ml)

a = jumlah ion asam sulfat yang diperoleh dari kurva kerja (mg)

b = jumlah ion asam sulfat yang diperoleh dari uji blanko (mg)

1 ml asam sulfat 1/250 N sebanding dengan 0,2 mg ion SO_4^-

3. Perhitungan Tingkat Emisi

Tingkat emisi sulfur dioksida dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$E_{\text{SO}_2} = 0,0283 \times C \times Q_s$$

Keterangan :

E_{SO_2} = tingkat emisi SO_2 dari cerobong (g/jam)

C = konsentrasi SO_2 (mg/m^3)

Q_s = tingkat aliran gas cerobong (ft^3 / jam)

0.0283 = faktor konversi (m^3 / ft^3)

V.7 Teknik Analisa Data

Data yang diperoleh dari penelitian dianalisa secara deskriptif dan analitik.

1. Deskriptif

Data yang diperoleh dimasukkan dalam tabel yang telah dipersiapkan kemudian angka-angka dalam tabel tersebut dideskriptifkan.

2. Analitik

Data yang diperoleh dianalisa dengan uji *Paired Samples T-Test*, menggunakan computer.

BAB VI

HASIL PENELITIAN

VI.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Industri tahu yang dijadikan lokasi penelitian adalah industri tahu yang dimiliki oleh Bapak Nursudimo. Industri ini telah berdiri selama \pm 20 tahun. Letak Industri tahu ini berada di wilayah ibukota Kecamatan Sukun, tepatnya di Jalan Derkuku Selatan RT 09/RW 08, Tanjung Rejo, Malang.

Usaha perindustrian tahu milik Bapak Nursudimo ini merupakan industri kecil dengan jumlah pekerja 7 orang. Produksi tahu yang dihasilkan dalam satu hari mencapai angka 2 kali masak (120 kotak kotak tahu ukuran 25 cm²) dengan menggunakan bahan dasar utama berupa kedelai hampir mencapai 50 kg. Proses Produksi dilakukan selama 6 jam dimulai pada pukul 07.00-13.00 WIB. Proses produksi tahu yang dilakukan sebagai berikut :

- 1 Pencucian kedelai

Kedelai setelah ditimbang kemudian dicuci, untuk menghilangkan kotoran berupa tanah, debu, kulit kedelai dan sebagainya. Pada proses ini terjadi limbah cair dari bekas pencucian namun kadar pencemaran relatif rendah, juga terjadi limbah padat berupa sisa-sisa kulit kedelai yang dapat dicampurkan pada ampas tahu sebagai pakan ternak.

- 2 Perendaman

Kedelai yang sudah bersih kemudian direndam dalam air selama kurang lebih 3 jam agar mengembang untuk memudahkan penggilingan. Pada proses

perendaman ini kedelai melepaskan sebagian zat yang terkandung didalamnya yang larut kedalam air rendaman sehingga air rendaman tersebut sedikit tercemar.

3 Ditiriskan

Setelah kedelai cukup mengembang kemudian ditiriskan untuk membuang airnya.

4 Penggilingan

Kedelai yang sudah mengembang lalu digiling sambil dikucur dengan air hingga menjadi bubur kedelai. Pada proses penggilingan dengan menggunakan bahan bakar solar yang menghasilkan bahan buangan berupa gas.

5 Perebusan

Bubur kedelai dari penggilingan kemudian direbus dengan uap air dari ketel uap dengan bahan bakar kayu bakar dan olie yang menghasilkan bahan buangan berupa gas.

6 Penyaringan

Bubur kedelai yang telah direbus kemudian disaring dengan kain saringan. Sisa dalam saringan berupa ampas yang dijual sebagai pakan ternak sedang cairannya berupa susu kedelai.

7 Penggumpalan

Susu kedelai yang sudah masak kemudian ditambah cuka hingga terjadi gumpalan tahu. Cuka ini diperoleh dari proses penggumpalan tahu sebelumnya setelah tahunya dipisahkan. Jadi cuka tersebut adalah cairan yang terjadi pada proses penggumpalan tahu, sebagian disimpan untuk proses penggumpalan tahu berikutnya sebagian dibuang.

8 Pengepresan

Gumpalan tahu dipress pada kotak kayu yang diberi kain saringan dan diberi beban batu agar cukanya keluar. Selanjutnya tahu dipotong-potong sesuai ukuran yang dikehendaki dan siap jual.

Hasil produksi utama berupa tahu sebagian besar diambil oleh pedagang-pedagang kecil di pasar dan sebagian yang lain dijual sendiri oleh pemilik. Sedangkan sisa produksi berupa ampas tahu sebagian diambil oleh para peternak sapi ataupun babi untuk dijadikan makanan ternak. Sedangkan sebagian yang lain bisa digunakan oleh para pembuat tempe dengan bahan dasar ampas tahu.

Tenaga kerja yang ada pada industri ini sebanyak 7 orang, yang sebagian besar berasal dari daerah sekitar yang masih ada ikatan keluarga. Tenaga kerja ini masing-masing mempunyai tugas kerja sendiri-sendiri. Adapun pembagian kerjanya yaitu 2 orang bagian penggilingan kedelai, 3 orang pada bagian pembuatan/pemasakan tahu dan 2 orang pada bagian pengangkutan.

VI.1 Kadar SO_2 Sebelum Penggunaan Cerobong Asap Model “*Water Spons Filter*” pada Industri Tahu di Sukun Malang.

Tabel VI.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)	Metode Pengujian
1.	10.00 – 10.10 WIB	23.278	Turbidity
2.	10.10 – 10.20 WIB	26.273	
3.	10.20 – 10.30 WIB	25.297	
		x : 24.949	
		SD : 1.527	

Berdasarkan tabel VI.1. pengambilan sampel sebanyak 3 sampel selama 30 menit dengan metode turbidity, kadar SO₂ emisi sebelum penggunaan cerobong asap model “*Water Spons Filter*” pada industri tahu di Sukun Malang rata-rata sebesar 24,949 mg/m³

VI.2 Kadar SO₂ Sesudah Penggunaan Cerobong Asap Model “*Water Spons Filter*” pada Industri Tahu di Sukun Malang.

Tabel VI.2. Kadar SO₂ 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)	Metode Pengujian
1.	10.30 – 10.40 WIB	6,353	Turbidity
2.	10.40 – 10.50 WIB	17,962	
3.	10.50 – 11.00 WIB	9,708	
		x : 11,402 SD : 5,974	

Dari tabel VI.2. kadar SO₂ emisi sesudah penggunaan cerobong asap model “*Water Spons Filter*” pada industri tahu di Sukun, Malang rata-rata sebesar 11,402 mg/m³ pada pengambilan 3 sampel selama 30 menit dengan metode turbidity.

VI.3 Pengaruh Penggunaan Cerobong Asap Model “*Water Spons Filter*” terhadap Penurunan Kadar SO₂ pada Industri Tahu di Sukun Malang.

Tabel VI.3. Kadar SO₂ 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 VI.3. dapat diketahui bahwa rata-rata kadar SO₂ emisi sebelum perlakuan adalah sebesar 24,949 mg/m³ sedangkan rata-rata kadar SO₂ emisi setelah penggunaan cerobong asap model “*Water Spons Filter*” sebesar 11,402 mg/m³. Sehingga dari kedua nilai tersebut secara deskriptif terjadi penurunan kadar SO₂ emisi pada industri tahu sebesar 13,548 mg/m³ atau sebesar 55,06% dengan penggunaan cerobong asap model “*Water Spons Filter*”. Data tersebut diatas kemudian dianalisa 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 *Paried 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 SO₂ pada Industri tahu di Sukun, Malang.

VI.4 Baku Mutu Udara Emisi SO₂ Sebelum dan Sesudah Penggunaan Cerobong Asap Model "*Water Spons Filter*" pada Industri Tahu di Sukun Malang.

Tabel VI.4. Baku Mutu Udara Emisi SO₂ 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)	Baku Mutu Udara Emisi Kep. Gub. KDH Tk. I Jatim No.129/1996 (mg/m ³)
1	23,278	6,535	800
2	26,273	17,962	
3	25,297	9,708	
x	24,949	11,402	
SD	1,527	5,974	

Berdasarkan tabel VI.4. diketahui rata-rata kadar SO₂ sebelum perlakuan sebesar 24,949 mg/m³ dan sesudah perlakuan sebesar 11,402 mg/m³ tidak melanggar baku mutu lingkungan sesuai dengan SK Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur No 129/1996 SO₂ sebesar 800 mg/m³.

BAB VII

PEMBAHASAN

VII.1. Kadar SO₂ Sebelum Penggunaan Cerobong Asap Model “*Water Spons Filter*” pada Industri Tahu di Sukun Malang.

Berdasarkan hasil pengukuran SO₂ sebelum penggunaan cerobong asap model “*Water Spons Filter*” kadar SO₂ pada industri tahu rata-rata sebesar 24,949 mg/m³, sedangkan penelitian sejenis oleh Anggraeni (2003) tentang pengaruh penggunaan cerobong asap terhadap penurunan kadar SO₂ emisi pada industri tahu di Grabag Magelang yaitu rata-rata sebesar 0,768 mg/m³.

Industri tahu dalam proses produksinya menghasilkan limbah, baik berupa sisa air tahu, ampas, potongan tahu yang hancur dan bau yang menyengat. Sehingga perlu penanganan dengan penerapan produksi bersih (*Cleaner Production*). Penataan proses produksi yang baik dari mulai tempat proses pencucian, penggunaan dan penempatan peralatan yang tepat, penggunaan air yang bersih sehingga limbah padat, gas maupun cair berkurang (Nurhasan, 1991)

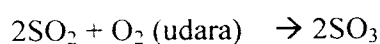
Industri tahu tersebut menggunakan mesin diesel untuk menggiling kedelai dengan bahan bakar solar dan perebusan kedelai pada ketel uap dengan bahan bakar kayu bakar yang disiram dengan olie terjadi proses pembakaran menghasilkan gas buang. Bahan bakar fosil merupakan sumber utama polutan SO₂, yang terutama disebabkan oleh dua komponen gas yang tidak berwarna yaitu SO₂ dan SO₃. Gas buangan hasil pembakaran pada umumnya mengandung SO₂ lebih banyak (Kristanto, 2002). Sumber pencemar SO₂ dari kegiatan manusia yang hampir seluruhnya berasal

dari buangan industri memberi kontribusi 1/3 dari seluruh SO₂ di udara (Riyadi, 1992).

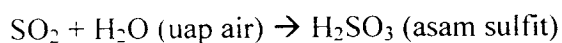
Sifat SO₂ yaitu gas yang tidak berwarna dengan bau yang menyengat dan menyesakkan pernafasan, umumnya pada SO₂ yang akan berubah menjadi asam sulfit (H₂SO₃) berubah secara perlahan menjadi asam sulfat yang lebih berbahaya dari SO₂ dan asam sulfit. Sedang di udara bersih akan teroksidasi dengan sangat lambat membentuk sulfur trioksida (SO₃) (Kristanto, 2002).

Menurut Wardhana (2004), apabila SO₂ bereaksi dengan uap air akan membentuk H₂SO₃ (asam sulfit) maupun H₂SO₄ (asam sulfat), dengan reaksi sebagai berikut :

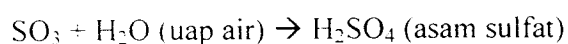
1. Apabila SO₂ bertemu dengan O₂ akan membentuk SO₃



2. Udara yang mengandung uap air akan bereaksi dengan gas SO₂ sehingga membentuk asam sulfit.



3. Apabila SO₃ bereaksi dengan udara yang mengandung uap air akan membentuk asam sulfat.



Seperti tampak pada uraian diatas, reaksi antara gas SO₂ dengan uap air yang terdapat di udara akan membentuk asam sulfit 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 H₂SO₄ yang tinggi sebagai polutan

udara dapat menyerang berbagai bahan bangunan terutama yang mengandung karbonat sehingga bahan tersebut menjadi berlubang-lubang dan merapuh (Krisanto, 2002).

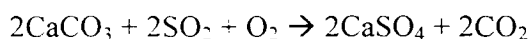
Kadar SO_2 pada industri tahu rata-rata sebesar $24,949 \text{ mg/m}^3$ atau 9,559 ppm, menurut Kristanto (2002) pada konsentrasi tersebut dalam jumlah minimum akan mengakibatkan iritasi pada tenggorokan dan hidung. Pada kadar yang rendah $\pm 95 \%$ dari gas SO_2 yang terhirup oleh manusia akan diserap oleh mukosa saluran pernafasan atas. Pada kadar tinggi akan mengadakan penetrasi ke dalam saluran pernafasan bagian bawah, penetrasi ini dapat pula terjadi bila dalam udara inhalasi terdapat partikel-partikel halus, dimana partikel-partikel tersebut akan mengadsorpsi gas SO_2 . Pemaparan pada kadar sampai 10 ppm biasanya masih dapat ditolelir oleh pekerja yang beradaptasi/aklimatisasi, sedangkan bagi mereka yang belum beradaptasi kadar 3 ppm umumnya tidak dapat ditolelir (Amri, 1997).

VII.2. Kadar SO_2 Sesudah Penggunaan Cerobong Asap Model “*Water Spons Filter*” pada Industri Tahu di Sukun Malang.

Kadar SO_2 Sesudah Penggunaan Cerobong Asap Model “*Water Spons Filter*” pada Industri Tahu di Sukun Malang rata-rata sebesar $11,402 \text{ mg/m}^3$ sedangkan pada penelitian sejenis oleh Anggraeni (2003) tentang pengaruh penggunaan cerobong asap terhadap penurunan kadar SO_2 emisi pada industri tahu di Grabag Magelang yaitu rata-rata sebesar $0,162 \text{ mg/m}^3$.

Pada kadar $11,402 \text{ mg/m}^3$ atau $4,369 \text{ ppm}$ menurut Kristianto (2002) SO_2 hanya dideteksi dengan baunya belum sampai menimbulkan iritasi pada tenggorokan dan hidung yang terjadi pada konsentrasi $8 - 12 \text{ ppm}$.

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 system penyaringan (*scrubbing*) yang memanfaatkan batu kapur atau dolomite dengan menginjeksikan dolomite atau batu kapur kering ke dalam ketel. Menurut Kristanto (2002) 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. 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). Peneliti menggunakan *glass boll* karena secara fisik 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. Spons yang digunakan sebagai filter perlu dilakukan pembersihan atau pencucian setelah spons mengalami kejenuhan.

Untuk aplikasi pada industri tahu ukuran dan banyaknya bahan yang digunakan disesuaikan dengan besar kecilnya tempat pembuangan gas yang digunakan pada proses produksi. Pengambilan dan pemeriksaan sampel SO_2 emisi sesuai dengan metode turbidimetri dengan alat spektrofotometer oleh Balai Hiperkes Surabaya. Sampel SO_2 emisi diambil melalui lubang pengambilan sampel pada cerobong.

VII.3. Pengaruh Penggunaan Cerobong Asap Model "*Water Spons Filter*" terhadap Penurunan Kadar SO_2 pada Industri Tahu di Sukun Malang.

Berdasarkan hasil pengukuran dapat diketahui bahwa terjadinya penurunan kadar SO_2 emisi sebelum dan sesudah penggunaan cerobong asap model "*Water Spons Filter*" dengan pembubuhan kapur sebanyak 25 gram pada 1 liter air pada

waktu proses penggilingan kedelai dan perebusan kedelai di industri tahu terjadi penurunan rata-rata sebesar $13,548 \text{ mg/m}^3$ (55,06%), dari rata-rata sebelum perlakuan sebesar $24,949 \text{ mg/m}^3$ dan sesudah perlakuan sebesar $11,402 \text{ mg/m}^3$. Berdasarkan uji *Paired Samples T-Test*, menggunakan program computer 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 sehingga ada pengaruh penggunaan cerobong asap model “*Water Spons Filter*” terhadap penurunan kadar SO_2 pada Industri tahu di Sukun, Malang.

Pada penelitian sejenis oleh Anggraeni (2003) juga terjadi penurunan kadar SO_2 rata-rata sebesar $0,607 \text{ mg/m}^3$ (79,2%) dari rata-rata sebelum perlakuan sebesar $0,768 \text{ mg/m}^3$ dan rata-rata sesudah perlakuan sebesar $0,162 \text{ mg/m}^3$ pada industri tahu di Grabag, Magelang. Setelah di uji statistik dengan uji *Paired Samples T-Test*, ada pengaruh penggunaan cerobong asap terhadap penurunan kadar SO_2 emisi pada industri tahu ($p=0,001$).

Cerobong asap yang digunakan pada penelitian sejenis modelnya tidak jauh beda yaitu dengan menyaring udara SO_2 emisi dengan *spons filter* yang diberi cairan CaO . Cerobong diletakkan pada alat penggilingan kedelai. SO_2 diukur pada proses penggilingan kedelai dengan bahan bakar solar

Sedangkan cerobong asap model “*Water Spons Filter*” yang diteliti dipasang pada gas buang proses penggilingan kedelai dan perebusan kedelai dengan diameter cerobong 23 cm dan panjang 60 cm yang menurut Musril (1992) merupakan jenis

cerobong kecil. Jenis *spons filter* yang digunakan yaitu dari glassboll dan dilapisi kawat kasa untuk melindungi spons dari panas gas buang.

Kapur tohor (CaO) yang mempunyai sifat basa dapat digunakan sebagai penetralisir asam. Penambahan kapur tohor akan mengakibatkan menurunnya pH dan bereaksi dengan bikarbonat membentuk endapan CaCO_3 . Kapur tohor dengan air akan menghasilkan gugusan hidroksil yang bersifat basa yaitu Ca(OH)_2 . Sehingga air kapur yang bersifat basa dapat menetralkan SO_2 yang bereaksi dengan air dan bersifat asam (Ensiklopedi Nasional Indonesia, 1989).

Penggunaan cerobong asap merupakan salah satu solusi menurunkan kadar SO_2 pada industri tahu dengan memanfaatkan air kapur (CaO) untuk menghilangkan SO_2 dari gas buang. Dari kedua penelitian tersebut terjadi pengaruh penggunaan cerobong asap model "*Water Spons Filter*" terhadap penurunan kadar SO_2 emisi pada industri tahu.

VII.4. Baku Mutu Udara Emisi SO_2 Sebelum dan Sesudah Penggunaan Cerobong Asap Model "*Water Spons Filter*" pada Industri Tahu di Sukun Malang.

Kadar SO_2 emisi yang dihasilkan oleh industri tahu pada proses penggilingan kedelai dan perebusan kedelai rata-rata sebesar $24,949 \text{ mg/m}^3$ atau 9,559 ppm. Angka tersebut masih jauh dibawah baku mutu emisi sumber tidak bergerak berdasarkan Keputusan Gubernur Kepala daerah Tingkat I Jawa Timur Nomor 129 Tahun 1996. Hasil tersebut tidak jauh beda dengan hasil penelitian sejenis oleh Anggraeni (2003) dimana rata-ratanya masih jauh dibawah baku mutu SO_2 menurut Keputusan Gubernur Jawa Tengah Nomor 10 Tahun 2000.

Akan tetapi kadar SO_2 pada konsentrasi 9,559 ppm menurut Kristianto (2002). dalam jumlah minimum dapat mengakibatkan iritasi pada tenggorokan dan hidung. Selain itu pada kadar tersebut apabila waktu kontak dengan lingkungan lama maka dapat menurunkan daya dukung alam bagi kelangsungan hidup manusia (Wardhana, 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 (Kristianto, 2002).

Sedangkan pada tumbuh-tumbuhan akan berdampak pada proses fotosintesa daun dan proses asimilasi. Warna pada daun akan berubah menjadi kuning (klorosis) atau putih (nekrosis) dan bercak-bercak putih. Asam sulfat yang turun bersama-sama dengan hujan akan mengakibatkan terjadi hujan asam yang dapat merusak tanaman dan kesuburan tanah, serta korosi pada logam (Riyadi, 1992).

Pengendalian pencemaran udara oleh SO_2 dapat dilakukan secara non teknis dan teknis. Untuk non teknis dengan cara mengurangi dan menanggulangi pencemaran udara dengan menciptakan peraturan perundangan yang dapat merencanakan, mengatur dan mengawasi segala macam bentuk kegiatan industri dan teknologi di suatu tempat sehingga tidak terjadi pencemaran. Sedangkan secara teknis pengendalian pencemaran SO_2 dapat dilakukan dengan mengganti sumber energi yang ramah lingkungan, mengelola limbah industri, ventilasi tempat kerja yang

memadai, pekerja yang menderita penyakit mata, kulit, penyakit saluran pernafasan/paru dan jantung agar dihindarkan dari pemaparan gas SO_2 dan bisa dengan menambah alat bantu seperti cerobong asap (Wardhana, 2004).

Sedangkan menurut Kristianto (2002) metode yang digunakan untuk mengurangi dan mengendalikan SO_2 adalah dengan memanfaatkan kapur (CaO). Hal tersebut dilakukan agar pencemaran udara oleh SO_2 dapat diminimalkan sedini mungkin untuk menghindari bahaya SO_2 bagi kesehatan.

BAB VIII

KESIMPULAN DAN SARAN

VIII.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Rata-rata kadar SO₂ emisi sebelum penggunaan cerobong asap model “*Water Spons Filter*” pada industri tahu di Sukun Malang sebesar 24,949 mg/m³.
2. Diketuainya rata-rata kadar SO₂ emisi sesudah perlakuan dengan penggunaan cerobong asap model “*Water Spons Filter*” pada industri tahu di Sukun Malang sebesar 11,402 mg/m³.
3. Ada pengaruh penggunaan cerobong asap model “*Water Spons Filter*” terhadap penurunan kadar SO₂ emisi pada industri tahu di Sukun, Malang (p = 0,036), dengan penurunan sebesar 13,548 mg/m³ (55,06%).
4. Kadar SO₂ emisi pada industri tahu di Sukun Malang tidak melanggar baku mutu udara emisi SO₂ (SK Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur No 129/1996) sebelum dan sesudah penggunaan cerobong asap model “*Water Spons Filter*”.

VIII.2. Saran

1. Pemilik Industri Tahu

Disarankan pada pemilik industri tahu untuk menggunakan cerobong asap dalam pembuangan gas emisi pada proses pembakarannya. cerobong asap model “*Water*

Spous Filter” dapat digunakan sebagai cerobong alternatif pembuangan emisi karena tidak begitu mahal.

2. Peneliti Lain

Dari hasil penelitian ini dapat dijadikan pedoman bagi penelitian sejenis dengan cara :

- a Melakukan modifikasi alat baik bentuknya maupun bahan yang digunakan seperti:
 - 1) Penggunaan jenis filter yang berbeda, sehingga dapat diketahui jenis filter yang efektif
 - 2) Penggunaan volume air dapat dilakukan dengan sirkulasi air sehingga cerobong efektif untuk semua industri baik yang sudah dilengkapi cerobong maupun yang belum dilengkapi cerobong.
 - 3) Mencari perbandingan volume air dan kapur tohor (CaO) yang paling efektif untuk mengurangi SO₂.
- b Meneliti efisiensi penggunaan cerobong
- c Melakukan penurunan untuk gas-gas buang yang lain (selain SO₂) dengan menggunakan cerobong asap model “*Water Spous Filter*” mampu menurunkan atau tidak.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, Choirul, Iswanto, 1997. *Petunjuk Pemeriksaan Parameter Kimia Udara*. Yogyakarta : Akademi Kesehatan Lingkungan Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Andrews, W.A., 1972. *A Guide to the Study of Environmental Pollution*. New Jersey : Prentice Hall, Inc, Englewood Cliffs : 122-160.
- Anggraeni, Pamela Dwi, 2003. *Pengaruh Penggunaan Cerobong Asap terhadap Penurunan Kadar SO₂ emisi pada industri tahu di Grabag Magelang*. Skripsi. Yogyakarta : Politeknik Kesehatan Yogyakarta.
- Bounicore et al, 1990. *Air Pollution Engineering Manual*. New York : Van Nostrand Reinhold
- ✓ Cowd, 1991. *Kimia Polimer*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Depkes RI, 1992. *Petunjuk Pengukuran kualitas Udara*, Cetakan ke II. Jakarta : Direktorat Jendral P2M dan PLP
- Ensiklopedi Nasional Indonesia, 1989. *Manfaat Kapur Tohor*. Jakarta
- <http://www.chemeng.ui.ac.id/wulan/materi/lecture%20notes/umum> Bahan bakar dan Pembakaran (sitasi 28 maret 2006)
- <http://www.dunllipo.com> Bahan Non Karsinogen (sitasi 6 januari 2006)
- <http://www.menlh.go.id/usaha-kecil/olah/tahu/ind.htm> Pengelolaan dan Pemanfaatan Limbah Tahu (sitasi 9 April 2006)
- http://www.gatra.com/versi_cetakphp?id=95719 Kasus Lapindo Brantas (sitasi 15 juni 2006)
- Jasfi. dan Ibrahim. 1992. *Kajian Perkembangan Mutu Bahan Bakar Motor di Negara-negara ASEAN* . Diskusi Ilmiah VII Hasil Penelitian LEMIGAS. Jakarta
- Keputusan Gubernur Jawa Timur No 16 Tahun 2003. *Cara Standar Uji Udara Emisi Sumber Tidak Bergerak*.
- ✓ Keputusan Gubernur Jawa Timur No 129 Tahun 1996. *Baku Mutu Udara Ambien dan Emisi Sumber Tidak Bergerak*.

- ✓ Kristanto, Philip, 2002. *Ekologi Industri*. Yogyakarta : Andi Offset : 115-120
- Mathur, M.L, dan Sharma, R.P., 1980. *A Course in Internal Combustion Engines*.
India : Dhanpat Raie & Son
- ✓ 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.
- Nurhasan, Bb., Pramudyanto, 1991. *Penanganan Air Limbah Pabrik Tahu*. Yayasan Bina Karya Lestari (Bintari)
- Respati, 1992. *Dasar-dasar Ilmu Kimia*, Rineka Cipta.
- Riyadi, Slamet, 1992. *Mekanisme Pencemaran Udara, Kumpulan Makalah Pencemaran Udara Pelatihan Guru SPPH dan Dosen APK Se-Indonesia*. Surabaya.
- Sastrawijaya, A., Tresna, 2000. *Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta : PT Rineka Cipta : 173-176
- Soedomo, Moestikahadi, 2001. *Pencemaran Udara*. Bandung : Institut Teknologi Bandung : 141-143
- Tjahyono, Hery Pudjo, 1993. *Pengolahan Air Limbah Industri Kecil Tahu*. Jatim : Biro Bina Kependudukan dan Lingkungan Hidup.
- ✓ Wardhana, Wisnu Arya, 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta : Andi Offset : 47-51

