

# PENCEMARAN EMISI BOILER MENGGUNAKAN BATUBARA PADA INDUSTRI TEKSTIL SERTA KONTRIBUSINYA TERHADAP GAS RUMAH KACA (GRK)

## *POLLUTION OF COAL BOILER EMISSION ON TEXTILE INDUSTRY AND ITS CONTRIBUTION ON GREENHOUSE GAS*

Yusup Setiawan\*, Aep Surahman\*, Zubaidi Kailani\*\*

\*Balai Besar Pulp dan Kertas, Jl. Raya Dayeuhkolot No. 132, Bandung  
E-mail:yusupsetiawan60@yahoo.com

\*\*Balai Besar Tekstil, Jl. Jenderal Ahmad Yani No. 390, Bandung  
E-mail: texirdti@bdg.centrin.net.id

Tanggal diterima : 30 Oktober 2012, direvisi : 26 Nopember 2012, disetujui terbit : 08 Desember 2012

### ABSTRAK

Penelitian tingkat pencemaran emisi boiler berbahan bakar batubara telah dilakukan pada industri tekstil di kabupaten Bandung sebanyak 14 industri dan di wilayah Cimahi sebanyak 10 industri. Parameter yang diuji meliputi partikulat, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, opasitas, dan CO<sub>2</sub>. Parameter partikulat diukur menggunakan metoda gravimetri, parameter NO<sub>x</sub> diukur menggunakan metoda chemiluminescence, dan parameter SO<sub>2</sub> diukur menggunakan metoda non-dispersive infra red (NDIR). Hasil menunjukkan di wilayah Kabupaten Bandung masih terdapat 4 perusahaan tidak memenuhi persyaratan kadar partikulatnya, tetapi nilai rata-ratanya sudah memenuhi persyaratan yaitu sebesar 148 mg/m<sup>3</sup>. Di wilayah Cimahi masih terdapat 3 perusahaan tidak memenuhi persyaratan kadar partikulatnya, dan nilai rata-ratanya sebesar 311 mg/m<sup>3</sup> masih diatas persyaratan. Wilayah Kabupaten Bandung ada 5 perusahaan yang emisi sulfur dioksida masih tinggi, dengan rata-rata emisi sulfur dioksida sebesar 763 mg/m<sup>3</sup> yang berarti belum memenuhi persyaratan. Wilayah Cimahi ada 4 perusahaan yang kadar sulfur dioksida masih tinggi, tetapi perhitungan rata-rata sebesar 602 mg/m<sup>3</sup> sudah memenuhi persyaratan. Kualitas emisi udara dengan parameter NO<sub>2</sub> dan opasitasnya pada wilayah Kabupaten Bandung dan wilayah Cimahi sudah baik. Emisi gas CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan oleh industri tekstil di wilayah Kabupaten Bandung adalah 0,05 – 0,22 kg/m<sup>3</sup>, dan di wilayah Cimahi adalah 0,07 – 0,31 kg/m<sup>3</sup>. Wilayah Kabupaten Bandung dan wilayah Cimahi berkontribusi emisi gas rumah kaca (GRK) masing-masing sebesar 3,5 juta ton CO<sub>2</sub>-eq./tahun dan 1,3 juta ton CO<sub>2</sub>-eq./tahun.

**Kata kunci :** batubara, boiler, emisi udara, gas rumah kaca, partikulat, pencemaran udara

### ABSTRACT

*Research of coal-fired boiler pollution emission by the textile industries have been conducted in 14 textile industries in Bandung district and 10 textile industries in Cimahi region. The parameters tested include particulates, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, opacity, and CO<sub>2</sub>. Particulate parameters measured by gravimetric method, NO<sub>x</sub> parameter measured by chemiluminescence method, and SO<sub>2</sub> parameter measured by non-dispersive infra red (NDIR) method. The result show that there are 4 textiles industries in Bandung district not achieve the requirements of particulates levels, but the average is in the requirement value (148 mg/m<sup>3</sup>). In Cimahi region, there are 3 textiles industries not achieve the requirements of particulates levels, and the average value is 311 mg/m<sup>3</sup> still higher then the requirements value. In Bandung district, there are 5 textiles industries that sulfur dioxide emissions remain high emission, with average sulfur dioxide of 763 mg/m<sup>3</sup> that means are not achieve the requirements level. In Cimahi region, there are 4 textiles industries have high sulfur dioxide, but the average calculation is 602 mg/m<sup>3</sup> that's means under requirement level. Quality emission of NO<sub>2</sub> parameter and opacity in Bandung district and Cimahi region are good. Emission of CO<sub>2</sub> by textile industries in Bandung district are 0.05 up to 0.22 kg/m<sup>3</sup>, and in Cimahi region are 0.07 up to 0.31 kg/m<sup>3</sup>. Bandung district and Cimahi region contribute greenhouse gas emissions (GHG) in amount of 3.5 million tones CO<sub>2</sub>-eq. /year and 1.3 million tones CO<sub>2</sub>-eq. /year respectively.*

**Keywords:** coal, boiler, air emissions, greenhouse gases, particulate, air pollution

## PENDAHULUAN

Industri tekstil merupakan salah satu industri yang memberikan kontribusi yang besar di sektor komoditi ekspor non-migas. Namun di lain pihak, selain menghasilkan produk yang dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi juga menghasilkan polutan berupa limbah padat, cair, maupun gas yang dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan. Upaya pengelolaan lingkungan pada saat ini, umumnya banyak difokuskan pada penanganan masalah pencemaran oleh limbah cair dan padat. Sedangkan penanganan terhadap pencemaran yang diakibatkan oleh limbah gas yang dihasilkan oleh industri umumnya masih belum banyak diperhatikan. Padahal dampak yang diakibatkan oleh pencemaran emisi udara industri ini tidak kalah seriusnya dibandingkan dampak pencemaran yang disebabkan oleh limbah cair maupun limbah padat.

Limbah gas yang dihasilkan oleh industri tekstil dapat berasal dari beberapa sumber emisi, salah satunya berasal dari ketel uap (*boiler*) berbahan bakar batubara. Pada *boiler* batubara, pembakaran bahan bakar menghasilkan polutan berupa emisi udara yang dikeluarkan lewat cerobong. Emisi udara yang dikeluarkan tersebut pada umumnya mengandung bahan pencemar berupa partikulat (debu), ataupun berupa gas seperti  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  dan  $\text{SO}_2$ . Emisi udara yang dikeluarkan dari cerobong baik berupa partikulat maupun gas merupakan emisi yang dapat mencemari lingkungan. Oleh karena itu polutan dari hasil pembakaran tersebut harus diolah terlebih dahulu supaya memenuhi Baku Mutu Emisi (BME) berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 07 tahun 2007 Lampiran IV tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Ketel Uap sebelum dibuang ke lingkungan.<sup>1</sup> Beberapa jenis peralatan untuk pengendalian polutan emisi udara tersebut diantaranya siklon, saringan kantong (*bag filter*) dan *scrubber*. *Scrubber* mempunyai fungsi ganda yaitu dapat mereduksi baik polutan berbentuk partikulat maupun polutan berbentuk gas.

Berdasarkan hasil penelitian Tekmira tahun 2008, Di Provinsi Jawa Barat sudah menggunakan batubara sebagai bahan bakar boiler yaitu mencapai 226 perusahaan. Di antara perusahaan-perusahaan ini, 119 perusahaan (52,65%) berada di Kabupaten Bandung, 47 perusahaan (20,80%) di Kota Cimahi, dan sisanya tersebar di Jawa Barat. Jumlah pemakaian batubara di Provinsi Jawa barat pada tahun 2008 mencapai 3,29 juta ton. Kabupaten Bandung merupakan konsumen batubara terbesar dengan jumlah pemakaian mencapai 45,89% disusul oleh Kabupaten Purwakarta sebesar 20,28%, Kota Cimahi 16,91% dan sisanya digunakan oleh Industri Kecil menengah (IKM) di daerah lainnya. Industri pengguna batubara sebagian besar adalah industri tekstil dan industri kertas.<sup>2,3</sup>

Isu lingkungan lainnya yang perlu diperhatikan oleh industri umumnya adalah emisi

Gas Rumah Kaca (GRK). Salah satu GRK paling utama adalah gas  $\text{CO}_2$ . Sekitar 67% peningkatan gas  $\text{CO}_2$  berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dan 33% dari kegiatan penggunaan lahan, alih guna lahan dan hutan.<sup>4</sup> Gas yang dikategorikan sebagai Gas Rumah Kaca (GRK) adalah gas-gas yang berpengaruh secara langsung maupun tidak langsung terhadap efek rumah kaca yang menyebabkan perubahan iklim. Pemanasan global akan berujung pada perubahan iklim yang menyebabkan berubahnya faktor-faktor iklim, seperti curah hujan, penguapan dan temperatur. Perubahan-perubahan ini juga akan memacu terjadinya bencana lingkungan yang terkait dengan faktor-faktor iklim untuk lebih sering terjadi, dengan besaran yang lebih dari sebelumnya.

Dalam konvensi PBB mengenai perubahan iklim, ada enam jenis gas yang digolongkan sebagai GRK yaitu karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), gas metan ( $\text{CH}_4$ ), nitrogen oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ), sulfur heksafluorida ( $\text{SF}_6$ ), perfluorokarbon (PFCS) dan hidrofluorokarbon (HFCS). Selain itu ada beberapa gas juga termasuk dalam GRK yaitu karbon monoksida ( $\text{CO}$ ), nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ), klorofluorokarbon (CFC), dan gas-gas organik *non metal volatile*. Gas-gas rumah kaca yang dinyatakan paling berkontribusi terhadap gejala pemanasan global adalah  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ , PFC dan  $\text{SF}_6$ . Namun, untuk Indonesia dua gas yang disebut terakhir masih sangat kecil emisinya, sehingga tidak diperhitungkan. Dari kelima gas-gas rumah kaca tersebut di atas, karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) memberikan kontribusi terbesar terhadap pemanasan global diikuti oleh gas metan.<sup>4</sup>

Dalam makalah ini dibahas pengaruh parameter-parameter polutan pencemar emisi boiler berbahan bakar batubara terhadap pencemaran udara. Perhitungan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang dihasilkan oleh boiler kaitannya dengan banyaknya pemakaian batubara sebagai bahan bakar juga disajikan.

## METODE

Uji emisi udara cerobong boiler batubara dilakukan pada 24 industri tekstil yang berlokasi di wilayah Kabupaten Bandung sebanyak 14 industri dan 10 industri tekstil yang berlokasi di wilayah Cimahi. Parameter uji kualitas emisi udara meliputi parameter partikulat,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$  dan  $\text{CO}_2$ . Metoda yang digunakan untuk masing-masing parameter adalah sebagai berikut :

- Partikulat : Contoh partikulat diisap dan disaring dengan *filter microfibre thimbles*, kemudian kadarnya ditentukan dengan metoda gravimetri menurut SNI 19-7117.12.2005.<sup>5</sup>
- $\text{NO}_x$  diukur dengan metoda *Chemiluminescence* menggunakan alat ukur *portable gas analyzer Horiba PG-250 series*.<sup>6</sup>
- $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$  dan  $\text{CO}_2$  diukur dengan metoda Non-Dispersive Infra Red (NDIR) menggunakan alat ukur *ortable gas analyzer Horiba PG-250 series*.<sup>6</sup>

- Oksigen (O<sub>2</sub>) diukur dengan metoda *Galvanic Cell* menggunakan alat ukur *portable gas analyzer Horiba PG-250 series*.<sup>6</sup>

Konsentrasi CO<sub>2</sub> dan CO hasil pembakaran bahan bakar sering dijadikan sebagai indikator efisiensi suatu proses pembakaran. Dengan kata lain Efisiensi Pembakaran adalah perbandingan konsentrasi CO<sub>2</sub> terhadap jumlah konsentrasi CO<sub>2</sub> dan CO dalam persen.<sup>7,8</sup>

Data sekunder pemakaian batubara sebagai bahan bakar boiler industri tekstil di wilayah Kabupaten Bandung, wilayah Cimahi dan Provinsi Jawa Barat digunakan untuk perhitungan emisi gas rumah kaca.<sup>2,3</sup> Emisi total gas rumah kaca hasil pembakaran batubara dihitung berdasarkan persamaan berikut:<sup>4, 9,10</sup>

$$\text{Total emisi GRK (ton CO}_2\text{/th)} = \text{Emisi CO}_2 + \text{Emisi CH}_4 + \text{Emisi N}_2\text{O} \quad \text{.....(1)}$$

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ (ton CO}_2\text{/th)} = (E_k) (FE_{CO_2}) = (Q \times \rho \times NCV) FE_{CO_2} = (m \times NCV) FE_{CO_2} \quad \text{..... (2)}$$

dimana:

$E_k$	= banyaknya energi yang di konsumsi (TJ/th)
$m$	= Banyaknya bahan bakar yang dibakar (kg/tahun)
$Q$	= Banyaknya bahan bakar yang dibakar (m <sup>3</sup> /tahun)
$\rho$	= Densiti bahan bakar (kg/m <sup>3</sup> )
$NCV_{\text{bahan bakar}}$	= Net Calorific Value (NCV) bahan bakar (TJ/kiloton)
$FE_{CO_2}$	= Faktor Emisi gas CO <sub>2</sub> (Ton CO <sub>2</sub> /TJ)

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ (ton CH}_4\text{/th)} = (E_k) (FE_{CH_4}) \quad \text{..... (3)}$$

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ (ton CO}_2 \text{ eq./th)} = (E_k) (FE_{CH_4}) (GWP_{CH_4})$$

dimana:

$FE_{CH_4}$	= Faktor Emisi gas CH <sub>4</sub> (Ton CO <sub>2</sub> /TJ)
$(GWP_{CH_4})$	= 21 CO <sub>2</sub>

$$\text{Emisi N}_2\text{O (ton N}_2\text{O/th)} = (E_k) (FE_{N_2O}) \quad \text{..... (4)}$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O (ton CO}_2 \text{ eq./th)} = (E_k) (FE_{N_2O}) (GWP_{N_2O})$$

dimana:

$FE_{N_2O}$	= Faktor Emisi gas CO <sub>2</sub> (Ton CO <sub>2</sub> /TJ)
$(GWP_{N_2O})$	= 310 CO <sub>2</sub>

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Jenis Boiler, Alat Pengendali Emisi dan Emisi Boiler

Boiler yang digunakan oleh 14 industri tekstil di wilayah Kabupaten Bandung dan 10 industri tekstil di wilayah Cimahi kebanyakan adalah boiler dengan dapur stoker (*chain grate*) dan sebagian kecil menggunakan boiler dengan sistem pembakaran unggun terfluidisasi (*Fluidized bed*). Jenis boiler dan alat pengendali emisi yang digunakan serta emisi boiler yang dihasilkan seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2. Pada boiler *chain grate* batubara diumpungkan diatas *chain grate* yang berjalan masuk ke ruang pembakaran dan keluar membawa abu sisa pembakaran. Kelemahan pada *boiler chain grate* adalah pencampuran udara primer dengan batubara kurang sempurna sehingga pembakaran batubaranya kurang sempurna dan masih tersisa batubara yang belum terbakar. Kelebihannya teknologinya lebih simpel dan biayanya murah. Pada boiler unggun terfluidisasi, batubara serbuk yang berdiameter < 2 mm dimasukkan ke dalam unggun yang disebut *fluidized bed* yang berisi pasir dan udara pembakaran. Pada saat batubara bertemu dengan pasir yang terfluidisasi batubara langsung terbakar dan pembakarannya bisa sempurna.<sup>13</sup>

Untuk membuang padatan dilakukan dengan menggunakan siklon. Kelebihan boiler ini mempunyai kemampuan untuk memproses fluida dalam jumlah yang besar serta pengendalian temperatur lebih baik. Kelemahannya adalah rancang-bangunnya cukup kompleks sehingga biaya mahal. Karena setiap jenis boiler mempunyai kelebihan dan kekurangan maka industri tekstil dapat mengoptimalkan boiler yang telah ada.

Dari pengamatan lapangan kandungan abu akan terbawa bersama gas pembakaran melalui ruang bakar dan daerah konversi dalam bentuk abu terbang (*fly ash*) yang jumlahnya mencapai kurang lebih 80 persen, dan sisanya sebanyak kurang lebih 20 persen dalam bentuk abu dasar (*bottom ash*). Kadar abu yang tinggi cukup dapat merugikan pada alat boiler karena mempengaruhi tingkat pengotoran (*fouling*), keausan, dan korosi peralatan yang dilalui.<sup>15</sup> Kadar

abu terbang yang tinggi dapat mengakibatkan pencemaran udara sehingga perlu dilengkapi alat pengendali emisi.

Pada umumnya mereka melengkapinya dengan saringan debu (*bag filter*), atau penangkap basah (*wet scrubber*). Alat pengendali emisi *bag filter* hanya dapat menangkap partikulat tidak dapat menangkap pencemar berupa gas seperti SO<sub>2</sub>.<sup>11</sup> Kelemahan pengendali emisi saringan debu (*bag filter*) ini hanya efektif pada waktu awal dan penggunaan dan dalam waktu lama akan tersumbat. Oleh karena itu pengendali emisi dengan *bag filter* perlu sering dilakukan penggantian dalam periode tertentu.

Pengendali emisi dengan *wet scrubber* dapat berfungsi untuk menangkap partikulat maupun menangkap gas SO<sub>2</sub>. Dari pengamatan lapangan, pada umumnya industri tekstil yang menggunakan air sebagai cairan penyerapnya. Prinsip *wet scrubber* ialah emisi gas buang yang mengandung partikulat, gas SO<sub>2</sub> dan lainnya disemprot dengan cairan penyerap untuk menangkapnya sehingga cairan yang mengandung partikulat, gas SO<sub>2</sub>, dan lainnya, dapat ditampung pada bak dan selanjutnya diendapkan. Air dari hasil pengendapan dapat digunakan kembali sehingga terjadi *recycle*.

**Tabel 1.** Jenis Boiler dan Alat Pengendali Emisinya Industri Tekstil di Wilayah Cimahi

No.	Pabrik Tekstil	Nomor Cerobong (sample)	Jenis Boiler	Alat Pengendali Emisi	Emisi Boiler
1.	C1	I	Fluidized bed	Wet Scrubber	Memenuhi baku mutu emisi
2.	C2	II	Chain grate	Siklon	SO <sub>2</sub> diatas baku mutu emisi
3.	C3	III	Chain grate	Bag filter	Partikulat diatas baku mutu emisi
4.	C4	IV	Chain grate	Bag filter	Partikulat diatas baku mutu emisi
5.	C5	V	Fluidized bed	Wet Scrubber	SO <sub>2</sub> diatas baku mutu emisi
6.	C6	VI	Fluidized bed	Wet Scrubber	SO <sub>2</sub> diatas baku mutu emisi
7.	C7	VII	Chain grate	Siklon	SO <sub>2</sub> diatas baku mutu emisi
8.	C8	VIII	Chain grate	Siklon	Memenuhi baku mutu emisi
9.	C9	IX	Chain grate	Siklon	Partikulat diatas baku mutu emisi
10.	C10	X	Chain grate	Bag filter	Memenuhi baku mutu emisi

**Tabel 2.** Jenis Boiler dan Alat Pengendali Emisinya Industri Tekstil di Wilayah Kabupaten Bandung

No	Pabrik Tekstil	Nomor Cerobong (sampel)	Jenis Boiler	Alat Pengendali Emisi	Kualitas Emisi
1	B1	I	Fluidized bed	Wet Scrubber	Memenuhi baku mutu emisi
2	B2	II	Fluidized bed	Wet Scrubber	Memenuhi baku mutu emisi
3	B3	III	Chain grate	Bag filter	SO <sub>2</sub> diatas baku mutu emisi
4	B4	IV	Chain grate	Bag filter	Partikulat diatas baku mutu emisi
5	B5	V	Chain grate	Bag filter	Partikulat dan SO <sub>2</sub> diatas baku mutu emisi
6	B6	VI	Fluidized bed	Wet Scrubber	Memenuhi baku mutu emisi
7	B7	VII	Chain grate	Siklon	SO <sub>2</sub> diatas baku mutu emisi
8	B8	VIII	Chain grate	Siklon	SO <sub>2</sub> diatas baku mutu emisi
9	B9	IX	Chain grate	Siklon	Partikulat diatas baku mutu emisi
10	B10	X	Chain grate	Bag filter	Memenuhi baku mutu emisi
11	B11	XI	Chain grate	Bag filter	Memenuhi baku mutu emisi
12	B12	XII	Chain grate	Siklon	SO <sub>2</sub> diatas baku mutu emisi
13	B13	XIII	Chain grate	Bag filter	Memenuhi baku mutu emisi
14	B14	XIV	Chain grate	Siklon	Partikulat diatas baku mutu emisi

Cairan *supernatant* dapat digunakan sebagai cairan penyerap pada *wet scrubber* secara berulang-ulang. Pengendali emisi *wet scrubber* ini lebih disarankan penggunaannya dibanding pengendali emisi dengan *bag filter* karena selain lebih efektif menangkap partikulat juga dapat menangkap gas SO<sub>2</sub>.

#### Kualitas Batubara

Kualitas batubara yang digunakan sebagai bahan bakar boiler oleh industri tekstil pada kenyataannya sangat bervariasi. Menurut laporan dari Tekmira,<sup>2</sup> dan beberapa laporan tentang penggunaan batubara di Indonesia sebagian besar batubara diperoleh dari pertambangan di Sumatera dan Kalimantan. Secara umum karakteristik batubara disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Karakteristik batubara Indonesia<sup>2,14,15</sup>

No	Parameter	Satuan	Kadar
1	Nilai Kalor	cal/gr	4.200 – 7.000
2	Air lembab (moisture)	% (ad)	4 - 24
3	Abu (Ash)	% (ad)	3 - 15
4	Zat Terbang (Volatile Matter)	% (ad)	36,5 – 41,5
5	Sulfur	% (ad)	0,08 – 2,80

Tekmira telah mengklasifikasikan kalornya batubara yaitu kalori rendah yaitu kurang dari 5.100 cal/gr, kalori sedang yaitu antara 5.100 – 6.100 cal/gr, kalori tinggi antara 6.100 – 7.100 cal/gr, dan kalori sangat tinggi diatas 7.100 cal/gr.<sup>2</sup> Berdasarkan

klasifikasi tersebut kualitas batubara Indonesia termasuk bervariasi mulai kualitas rendah sampai tinggi. Kualitas yang bervariasi tersebut juga diperkuat oleh laporan dari Fatimah dkk yang menyatakan kadar sulfur batubara Indonesia bervariasi mulai dari rendah sampai tinggi.<sup>14</sup>

Pengambilan contoh batubara yang digunakan sebagai bahan bakar boiler di salah satu industri tekstil dilakukan dan hasil ujinya batubara tersebut memiliki nilai kalor = 5.365 cal/gr, kadar air lembab = 19,66% (ad), kadar abu = 5,18%(ad), kadar zat terbang = 37,46%(ad) dan kadar sulfur = 0,31%(ad). Hal ini menunjukkan bahwa industri tekstil tersebut menggunakan batubara yang bernilai kalori sedang dan berkadar sulfur rendah. Ada pula industri tekstil yang menggunakan batubara berkualitas lebih rendah dari hasil pengujian batubara tersebut diatas. Ada kalanya perusahaan tersebut menggunakan batubara berkualitas baik dengan pembakaran optimal. Untuk mempertahankan kualitas batubara yang konsisten dan stabil di negara berkembang ini memang sulit. Hal tersebut disebabkan banyak faktor luar seperti pemasok batubara, transportasi, ekonomi dan sebagainya. Untuk mengatasi hal ini dapat dilakukan dengan cara *blending*, yaitu pencampuran antara kualitas rendah dan kualitas baik secara proporsional. Hal ini diperlukan stok batubara yang cukup banyak dari berbagai variasi kualitas batubara.

### Kualitas Emisi Boiler

Pengujian kualitas emisi udara boiler berbahan bakar batubara telah dilakukan pada 24 cerobong industri tekstil yaitu sebanyak 14 industri di wilayah Kabupaten Bandung dan di wilayah Cimahi sebanyak 10 industri. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 4.

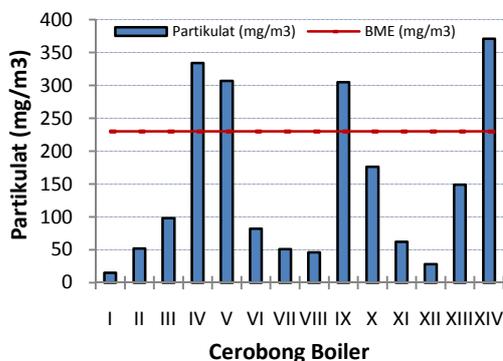
**Tabel 4.** Kualitas Emisi Boiler Berbahan Bakar Batubara di Wilayah Kabupaten Bandung dan wilayah Cimahi

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji				Baku Mutu Emisi *
			Cimahi		Kab. Bandung		
			Kisaran	Rata-rata	Kisaran	Rata-rata	
1	Total Partikulat	mg/m <sup>3</sup>	8 – 2.025	311	15 – 371	148	230
2	Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup>	96 – 1.477	602	149 – 2.373	763	750
3	Nitrogen Oksida (NO <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup>	150 - 656	338	199 - 664	393	825
4	Opasitas	%	< 20	-	< 20	-	20
5	CO	mg/m <sup>3</sup>	23 – 1.593	407	56 – 1.855	698	-
6	CO <sub>2</sub>	%	4,1 – 17,44	7,25	3,13 – 12,28	6,73	-
		kg/m <sup>3</sup>	0,07 – 0,31	0,13	0,05 – 0,22	0,12	-

\* PERMENLH No.07 Tahun 2007 Lamp IV

#### Total Partikulat

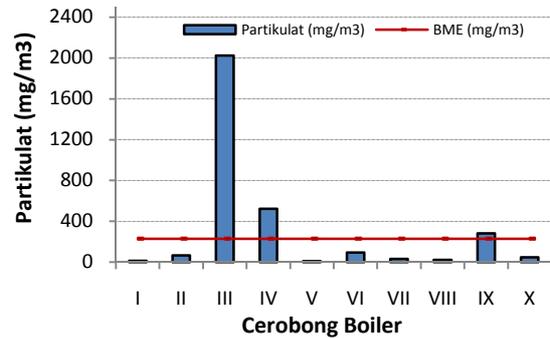
Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup (PERMENLH) No. 07 Tahun 2007 lampiran IV, mempersyaratkan total partikulat sama atau kurang 230 mg/m<sup>3</sup>. Dari hasil uji partikulat yang disajikan pada Tabel 4 di wilayah Kabupaten Bandung, terdapat 4 cerobong boiler (28%) yang kadar partikulatnya di atas baku mutu emisi, sedangkan yang lainnya sebanyak 10 cerobong boiler (72%) sudah dibawah baku mutu emisi (Gambar 1). Dari perhitungan partikulat rata-rata di wilayah Kabupaten Bandung sudah dapat memenuhi persyaratan yaitu dengan sebesar 148 mg/m<sup>3</sup>.



**Gambar 1.** Konsentrasi Emisi Partikulat Cerobong Boiler di Wilayah Kabupaten Bandung

Di wilayah Cimahi ada 3 cerobong boiler (30%) yang kadar partikulatnya di atas baku mutu

emisi yang dipersyaratkan, sedangkan yang lainnya sebanyak 7 cerobong boiler (70%) sudah memenuhi persyaratan. Meskipun mayoritas sudah memenuhi persyaratan, perhitungan secara rata-rata (311 mg/m<sup>3</sup>) di wilayah Cimahi tidak memenuhi persyaratan. Hal ini disebabkan ada sebuah cerobong (nomor III) yang emisi partikulatnya amat sangat tinggi.

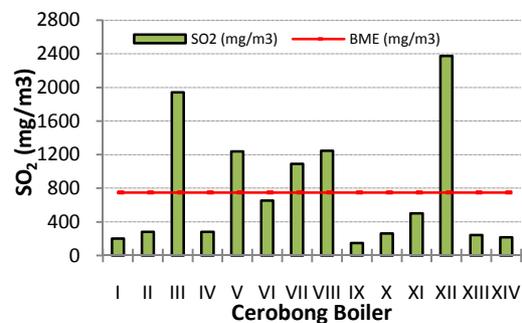


**Gambar 2.** Konsentrasi Emisi Partikulat Cerobong Boiler di Wilayah Cimahi

Tingginya kadar partikulat cerobong boiler yang diatas baku mutu emisi dapat disebabkan oleh banyak faktor diantaranya bahan baku batubara, boiler alat, dan juga pengendali emisi partikulat seperti saringan kain (*bag filter*) atau *wet scrubber* di boiler belum optimal.<sup>7,8,11,12</sup> Dampak negatif dari tingginya kadar partikulat yang dibuang ke lingkungan terhadap kesehatan adalah dapat menyebabkan penyakit saluran pernafasan.<sup>11,12</sup> Dampak lebih serius bila partikulat bersifat asam, toksik atau karsinogenik.<sup>11,12</sup>

#### Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>)

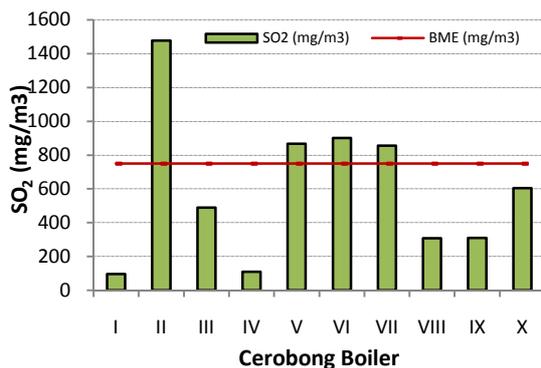
Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup (PERMENLH) No. 07 Tahun 2007 lampiran IV, mempersyaratkan kandungan sulfur dioksida kurang atau sama dengan 750 mg/m<sup>3</sup>. Berdasarkan hasil pengujian kualitas emisi sulfur dioksida di wilayah Kabupaten Bandung ada 5 cerobong boiler (36%) tidak memenuhi persyaratan, dan lainnya sebanyak 9 cerobong boiler (64%) sudah memenuhi persyaratan. (Gambar 3). Dari perhitungan rata-rata emisi sulfur dioksida di wilayah Kabupaten Bandung sebesar 763 mg/m<sup>3</sup> yang berarti tidak memenuhi persyaratan.



**Gambar 3.** Konsentrasi Emisi SO<sub>2</sub> Cerobong Boiler di Wilayah Kabupaten Bandung

Di wilayah Cimahi ada 4 cerobong boiler (40%) yang kadar  $\text{SO}_2$  masih di atas persyaratan. dan lainnya sebanyak 6 cerobong boiler (60%) sudah dibawah persyaratan. (Gambar 4). Perhitungan kadar rata-rata  $\text{SO}_2$  di wilayah Cimahi sebesar  $602 \text{ mg/m}^3$  sudah memenuhi persyaratan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup.

Tingginya kadar  $\text{SO}_2$  keluar cerobong boiler yang diatas baku mutu emisi diantaranya dapat disebabkan oleh kadar belerang yang terkandung dalam batubara yang cukup tinggi sehingga pada saat pembakaran terjadi reaksi oksidasi belerang menghasilkan  $\text{SO}_2$ . Kadar belerang dalam batubara bahan bakar boiler sebaiknya  $< 1\%$ .<sup>13</sup> Penyebab lainnya dapat terjadi karena alat pengabsorpsi gas  $\text{SO}_2$  belum optimal.<sup>7, 8,11,12</sup> Dampak negatif dari tingginya kadar  $\text{SO}_2$  yang dibuang ke lingkungan terhadap kesehatan adalah dapat menyebabkan penyakit penyempitan saluran pernafasan pada penderita asma, serangan pada penderita penyakit respiratori akut, iritasi tenggorokan dan edema.<sup>11,12</sup>



**Gambar 4.** Konsentrasi Emisi  $\text{SO}_2$  Cerobong Boiler di Wilayah Cimahi

Dampak lainnya dari gas  $\text{SO}_2$  yang bereaksi dengan air hujan menghasilkan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) yang turun ke permukaan bumi sebagai deposisi basah atau lebih dikenal sebagai hujan asam. Hujan asam baik yang bersifat basah atau kering akan berdampak pada ekosistem, yaitu tanah, badan-badan air permukaan dan air tanah, hutan maupun terhadap material bangunan di perkotaan yang terkena korosi.<sup>11,12</sup>

#### *Nitrogen dioksida dan karbon dioksida*

Kualitas emisi udara boiler untuk parameter  $\text{NO}_2$  dan opasitas secara keseluruhan baik untuk wilayah Kabupaten Bandung dan wilayah Cimahi sudah memenuhi baku mutu emisi. Emisi lainnya dari boiler berbahan bakar batubara industri tekstil adalah emisi gas  $\text{CO}_2$ . Kisaran konsentrasi gas  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan boiler berbahan bakar batubara industri tekstil di wilayah Cimahi adalah  $4,1 - 17,44\%$  atau  $0,07 - 0,31 \text{ kg/m}^3$ . Adapun kisaran konsentrasi gas  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan boiler berbahan bakar batubara industri tekstil di wilayah Kabupaten Bandung adalah  $3,13 - 12,28\%$  atau  $0,05 - 0,22 \text{ kg/m}^3$ . Walaupun emisi gas  $\text{CO}_2$  tidak ada nilai batas maksimumnya di dalam keputusan PERMENLH No. 07 Tahun 2007 lampiran IV, tetapi kedua gas tersebut masuk ke dalam kategori Gas Rumah Kaca

(GRK) yang berkontribusi terhadap pemanasan global.<sup>4</sup> Dari hasil pengujian-pengujian tersebut diatas masih terdapat beberapa industri yang mempunyai kualitas emisi diatas baku mutu. Bagi industri yang kualitas emisi pada parameter tertentu masih tinggi diharapkan memperbaiki faktor penyebabnya sehingga seluruh parameternya berada dibawah baku mutu. Tingginya emisi tersebut disebabkan oleh tiga faktor penting yaitu : kualitas batubara, jenis boiler, dan alat pengendali emisi. Untuk mengatasi kualitas emisi pencemaran dapat diatasi berdasarkan faktor penyebabnya.

#### **Perhitungan emisi gas rumah kaca (GRK) boiler berbahan bakar batubara**

Perhitungan total emisi GRK berdasarkan data jumlah pemakaian batubara untuk wilayah Kabupaten Bandung dan wilayah Cimahi ditunjukkan pada Tabel 5. Dari laporan KLH dan NCASI dilaporkan Propinsi Jawa Barat berkontribusi emisi GRK sebesar 7,7 juta ton  $\text{CO}_2\text{-eq./th}$ .<sup>9,10</sup> Berdasarkan Tabel 5, Kabupaten Bandung berkontribusi emisi GRK sebesar 3.530.266 juta ton  $\text{CO}_2\text{-eq./th}$  dan wilayah Cimahi berkontribusi emisi GRK sebesar 1.309.237 juta ton  $\text{CO}_2\text{-eq./th}$ . Apabila dilakukan perhitungan dalam persentase memperlihatkan bahwa hampir setengahnya ( $3,530266 / 7,7 \times 100\%$  atau  $45,85\%$ ) dihasilkan dari Kabupaten Bandung, dan sebanyak ( $1,309237 / 7,7 \times 100\%$  atau  $17,00\%$ ) dihasilkan dari wilayah Cimahi. Dengan demikian sisanya dihasilkan dari daerah-daerah lainnya. Dapat dimaklumi daerah kabupaten Bandung dan wilayah Cimahi adalah daerah yang banyak menggunakan boiler dengan bahan bakar batubara.

#### **KESIMPULAN**

Penelitian kualitas emisi udara boiler berbahan bakar batubara telah dilakukan terhadap 24 industri tekstil yaitu di wilayah Kab. Bandung (14 industri) dan wilayah Cimahi (10 industri). Hasil penelitian menunjukkan sebagai berikut :

- Di wilayah Kabupaten Bandung, masih terdapat 4 perusahaan (dari 14 perusahaan) yang kadar partikulatnya di atas baku mutu, tetapi partikulat rata-ratanya sudah memenuhi persyaratan baku mutu yaitu sebesar  $148 \text{ mg/m}^3$
- Di Cimahi masih terdapat 3 perusahaan (dari 10 perusahaan) yang kadar partikulatnya di atas baku mutu, dan partikulat rata-ratanya belum memenuhi persyaratan karena masih sebesar  $311 \text{ mg/m}^3$
- Wilayah Kabupaten Bandung ada 5 perusahaan (dari 14 perusahaan) yang emisi sulfur dioksida masih diatas baku mutu, dan rata-rata emisi sulfur dioksida masih sebesar  $763 \text{ mg/m}^3$  yang berarti belum memenuhi persyaratan baku mutu
- Di Cimahi terdapat 4 dari 10 perusahaan yang kadar sulfur dioksida masih diatas persyaratan baku mutu, tetapi kadar  $\text{SO}_2$  rata-rata sudah memenuhi persyaratan yaitu sebesar  $602 \text{ mg/m}^3$ .
- Kualitas emisi udara dengan parameter  $\text{NO}_2$  dan opasitas secara keseluruhan (baik untuk wilayah

Tabel 5. Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) untuk Wilayah Kabupaten Bandung dan Wilayah Cimahi

<b>Data sekunder</b>	<p>Untuk perhitungan tersebut digunakan data :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Jumlah pemakaian batubara di Provinsi Jawa barat = 3,29 juta ton</li> <li>– Jumlah pemakaian batubara di wilayah Kabupaten Bandung (45,89% ) = 1,51 juta ton.<sup>2</sup></li> <li>– Jumlah pemakaian batubara di wilayah Cimahi (16,91%) = 0,56 juta ton.<sup>2</sup></li> <li>– Nilai NCV batubara rata-rata = 6.000 kcal/kg = 25,08 GJ/ton = 25,08 TJ/kiloton</li> </ul> <p>Faktor emisi: <sup>4,10</sup> CO<sub>2</sub> = 94,6 ton CO<sub>2</sub>/TJ NCV    CH<sub>4</sub> = 0,7 kg CH<sub>4</sub>/TJ NCV    N<sub>2</sub>O = 1,6 kg N<sub>2</sub>O/TJ NCV  Global Warming Potency (GWP) : <sup>4,10</sup> CH<sub>4</sub> = 21CO<sub>2</sub>    N<sub>2</sub>O = 310 CO<sub>2</sub></p>
<b>Asumsi</b>	Pabrik tidak memiliki data kandungan karbon batubara yang dibakar di boiler dan kadar karbon yang tidak terbakar dalam boiler sebesar 2%
<b>Perhitungan</b>	<p><b>Perhitungan total emisi GRK wilayah Kabupaten Bandung:</b></p> <p>Emisi CO<sub>2</sub> yang belum terkoreksi :</p> <p>Emisi CO<sub>2</sub> (ton CO<sub>2</sub>/th) = (E<sub>k</sub>) (FE<sub>CO<sub>2</sub></sub>) = (m x NCV) (FE<sub>CO<sub>2</sub></sub>)  = (1.510 kiloton batubara/th) (25,08 TJ/kiloton) (94,6 ton CO<sub>2</sub> /TJ NCV) = 3.582.578 ton CO<sub>2</sub>/th</p> <p>Emisi CO<sub>2</sub> terkoreksi 2% karbon tak terbakar : = (3.582.578 ton CO<sub>2</sub>/th) (1 – 0,02) = 3.510.926 ton CO<sub>2</sub>/th</p> <p>Emisi CH<sub>4</sub> (ton CH<sub>4</sub>/th) = (E<sub>k</sub>) (FE<sub>CH<sub>4</sub></sub>) = (m x NCV)(FE<sub>CH<sub>4</sub></sub>) = (1.510 kiloton batubara/th) (25,08 TJ/kiloton) (0,7 kg CH<sub>4</sub>/TJ NCV) = 26.509 kg CH<sub>4</sub>/th = 26,51 ton CH<sub>4</sub>/th</p> <p>Emisi CH<sub>4</sub> (ton CO<sub>2</sub>-eq./th) = Emisi CH<sub>4</sub> (ton CH<sub>4</sub>/th) (GWP<sub>CH<sub>4</sub></sub>) = (26,51 ton CH<sub>4</sub>/th) (21) = 557 ton CO<sub>2</sub>-eq./th</p> <p>Emisi N<sub>2</sub>O (ton N<sub>2</sub>O/th) = (E<sub>k</sub>) (FE<sub>N<sub>2</sub>O</sub>) = (m x NCV)(FE<sub>N<sub>2</sub>O</sub>) = (1.510 kiloton batubara/th) (25,08 TJ/kiloton) (1,6 kg N<sub>2</sub>O/TJ NCV) = 60.593 kg N<sub>2</sub>O/th = 60,59 ton N<sub>2</sub>O/th</p> <p>Emisi N<sub>2</sub>O (ton CO<sub>2</sub>-eq./th) = Emisi N<sub>2</sub>O (ton N<sub>2</sub>O/th) (GWP<sub>N<sub>2</sub>O</sub>) = (60,59 ton N<sub>2</sub>O/th) (310) = 18.783 ton CO<sub>2</sub>-eq./th</p> <p>Total emisi GRK = Emisi CO<sub>2</sub> + Emisi CH<sub>4</sub> + Emisi N<sub>2</sub>O = 3.510.926 + 557 + 18.783 = 3.530.266 ton CO<sub>2</sub>-eq./th</p> <p><b>Perhitungan total emisi GRK wilayah Cimahi :</b></p> <p>Emisi CO<sub>2</sub> yang belum terkoreksi :</p> <p>Emisi CO<sub>2</sub> (ton CO<sub>2</sub>/th) = (E<sub>k</sub>) (FE<sub>CO<sub>2</sub></sub>) = (m x NCV) (FE<sub>CO<sub>2</sub></sub>)  = (560 kiloton batubara/th) (25,08 TJ/kiloton) (94,6 ton CO<sub>2</sub> /TJ NCV) = 1.328.638 ton CO<sub>2</sub>/th</p> <p>Emisi CO<sub>2</sub> terkoreksi 2% karbon tak terbakar : = (1.328.638 ton CO<sub>2</sub>/th) (1 – 0,02) = 1.302.065 ton CO<sub>2</sub>/th</p> <p>Emisi CH<sub>4</sub> (ton CH<sub>4</sub>/th) = (E<sub>k</sub>) (FE<sub>CH<sub>4</sub></sub>) = (m x NCV)(FE<sub>CH<sub>4</sub></sub>) = (560 kiloton batubara/th) (25,08 TJ/kiloton) (0,7 kg CH<sub>4</sub>/TJ NCV) = 9.831 kg CH<sub>4</sub>/th = 9,8 ton CH<sub>4</sub>/th</p> <p>Emisi CH<sub>4</sub> (ton CO<sub>2</sub>-eq./th) = Emisi CH<sub>4</sub> (ton CH<sub>4</sub>/th) (GWP<sub>CH<sub>4</sub></sub>) = (9,8 ton CH<sub>4</sub>/th) (21) = 206 ton CO<sub>2</sub>-eq./th</p> <p>Emisi N<sub>2</sub>O (ton N<sub>2</sub>O/th) = (E<sub>k</sub>) (FE<sub>N<sub>2</sub>O</sub>) = (m x NCV)(FE<sub>N<sub>2</sub>O</sub>) = (560 kiloton batubara/th) (25,08 TJ/kiloton) (1,6 kg N<sub>2</sub>O/TJ NCV) = 22.472 kg N<sub>2</sub>O/th = 22,47 ton N<sub>2</sub>O/th</p> <p>Emisi N<sub>2</sub>O (ton CO<sub>2</sub>-eq./th) = Emisi N<sub>2</sub>O (ton N<sub>2</sub>O/th) (GWP<sub>N<sub>2</sub>O</sub>) = (22,47 ton N<sub>2</sub>O/th) (310) = 6.966 ton CO<sub>2</sub>-eq./th</p> <p>Total emisi GRK = Emisi CO<sub>2</sub> + Emisi CH<sub>4</sub> + Emisi N<sub>2</sub>O = 1.302.065 + 206 + 6.966 = 1.309.237 ton CO<sub>2</sub>-eq./th</p>

- Kabupaten Bandung dan wilayah Cimahi) sudah memenuhi baku mutu emisi.
- Emisi gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh industri tekstil di wilayah Kab. Bandung sebesar 3,13% – 12,28% (atau 0,05 kg/m<sup>3</sup>–0,22 kg/m<sup>3</sup>), dan yang dihasilkan industri tekstil di wilayah Cimahi sebesar 4,1%–17,44%) (atau 0,07 kg/m<sup>3</sup>–0,31 kg/m<sup>3</sup>).
- Penyebab tingginya emisi udara dimungkinkan dari kualitas batubara yang dapat diatasi dengan cara *blending* dan pengendali emisi yang kurang baik.
- Penggunaan *wet scrubber* yang lebih efektif dan lebih baik.
- Wilayah Kabupaten Bandung dan wilayah Cimahi berkontribusi emisi gas rumah kaca (GRK) masing-masing sebesar 3,5 juta ton CO<sub>2</sub>-eq./tahun dan 1,3 juta ton CO<sub>2</sub>-eq./tahun.

## SARAN

Disarankan bagi industri tekstil yang belum memenuhi persyaratan baku mutu dapat berusaha mengatasi kelemahannya melalui *blending* batubara

dan penggunaan pengendali emisi menggunakan *wet scrubber* yang terbukti pada umumnya lebih efektif. Bagi industri tekstil yang sudah memenuhi baku mutu tetap agar mengoptimalkan kinerja boiler sehingga pencemaran emisi udara dapat ditekan sekecil mungkin.

## PUSTAKA

- <sup>1</sup> Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup (PERMENLH) No. 07 Thn 2007, Lamp IV, Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Ketel Uap yang menggunakan Bahan Bakar Batubara.
- <sup>2</sup> Pusat Litbang Teknologi Mineral dan Batubara (Tekmira). 2008. Batubara Indonesia. [www.tekmira.esdm.go.id](http://www.tekmira.esdm.go.id). Diakses tanggal 27 April 2012.
- <sup>3</sup> Triswan Suseno, Sujarwo, Jafril. 2006. Booming Batubara dalam Industri Tekstil di Wilayah Bandung dan Masalah Transportasinya. [www.tekmira.esdm.go.id](http://www.tekmira.esdm.go.id). Diakses tanggal 27 April 2012.
- <sup>4</sup> Badan Pengkajian Iklim dan Mutu Industri (BPKIMI). 2011. Pedoman Perhitungan Karbon untuk Industri Pulp dan Kertas, Implementasi Konservasi Energi

- dan Pengurangan Emisi CO<sub>2</sub> di Sektor Industri (Fase 1), Pusat Pengkajian Industri Hijau dan Lingkungan Hidup, Kementerian Perindustrian.
- <sup>5</sup> Badan Standardisasi Nasional (BSN). Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI 19-7117.12.2005, Emisi Gas Buang-Sumber Tidak Bergerak - Bag.12: Penentuan Total Partikel secara Isokinetik.
- <sup>6</sup> Horiba instruction Manual: Portable Gas Analyzer, Electronic Cooler Unit, Data Logger for Portable Gas Analyzer. 1999, Horiba, Ltd, Tokyo.
- <sup>7</sup> Brunner, Calvin, R.1994.Hazardous Waste Incineration, 2<sup>nd</sup> Ed.,*McGraw-Hill International Ed.*, NY.
- <sup>8</sup> Yusup Setiawan, Sri Purwati, Yuniarti Puspita Kencana, Aep Surahman.2002.Pengaruh Udara Emisi Boiler dari beberapa Industri Tekstil terhadap Pencemaran Udara, *Berita Selulosa*,Vol.XXXVIII, No. 3-4.
- <sup>9</sup> Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KLH). 2009. Emisi Gas Rumah Kaca dalam Angka.Asisten Deputi Urusan Data dan Informasi Lingkungan, Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
- <sup>10</sup> NCASI, 2005. Calculation Tools for Estimating Greenhouse Gas Emissions from Pulp and paper Mills. *Research Triangle Park*. NC. USA.
- <sup>11</sup> Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD). 2010. Buku Pegangan Manajer Pengendalian Pencemaran Udara, Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD), Bandung, Provinsi Jawa Barat.
- <sup>12</sup> Noel de Nevers. 2000. Air pollution Control Engineering. 2<sup>nd</sup> Ed. *McGraw-Hill*, Boston.
- <sup>13</sup> Sitompul, Darwin. 1989. Prinsip – Prinsip Konversi Energi. Erlangga, Jakarta.
- <sup>14</sup> Fatimah., Herudiyanto. Kandungan Sulfur dalam Batubara Indonesia. *www.bgl.esdm.go.id*. Diakses tanggal 14 Desember 2012.
- <sup>15</sup> Peraturan Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara Nomor: 515.K/32/DJB/2011 Tentang Formula untuk Penetapan Harga Patokan Batubara Direktur Jenderal Mineral dan Batubara, Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- <sup>16</sup> Imam Budiraharjo. Slagging dan Fouling. *imambudiraharjo.wordpress.com*. Diakses tanggal 17 Oktober 2012.
-