

# **PENERAPAN FLUE GAS *DUAL TREATMENT* PADA EMISI GAS BUANG KETEL UAP *BUBLING FLUIDIZED BED BOILER* DI PT. DDD**

**Tatan Zakaria**

*Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Banten Jaya  
Jl. Ciwaru Raya II No. 73, Kel. Cipare, Kec. Serang, Kota Serang 42117*

*tatanzakaria@unbaja.ac.id*

## **ABSTRACT**

*The Steam boiler is one of the many energy conversion machines that are needed by industry and companies. Whether as a power plant or as a producer of steam. Every boiler operation is always followed by air emissions from the flue gas. The Indonesian Government regulates the allowable limits regarding several indicators such as the content of Sulfur Dioxide (SO), Nitrogen Dioxide (NO) and Particulate Content. The application of dual filtration of steam boiler flue gas, using a Multi-Cyclone and Wet membrane, resulting in a decreasing of the particulate content of flue gas, significantly below the government quality standard 230 mg/m<sup>3</sup> to 140-148 mg/m<sup>3</sup> of flue gas.*

**Keywords:** *Boiler, Power Plant, Air Emission*

## **ABSTRAK**

*Ketel Uap adalah salah satu dari sekian banyak mesin konversi energi yang sangat diperlukan industri dan perusahaan. Baik sebagai mesin pembangkit listrik ataupun sebagai penghasil uap proses produksi. Setiap operasi ketel uap senantiasa diikuti dengan adanya emisi udara dari gas buang (flue gas). Pemerintah Indonesia mengatur batasan yang diijinkan mengenai beberapa indikator seperti kandungan gas Sulfur Dioksida (SO), Nitrogen Dioksida (NO) dan kandungan partikel (Particulate Content). Penerapan filterisasi ganda gas buang ketel uap, yaitu dengan menggunakan Multi-Cyclone dan Wet membran, menghasilkan penurunan kandungan partikel gas buang jauh dibawah standar baku mutu pemerintah 230 mg/m<sup>3</sup> menjadi 140-148 mg/m<sup>3</sup> udara gas buang.*

**Kata Kunci :** *Ketel Uap, Pembangkit Listrik, Emisi Udara*

## **1. PENDAHULUAN**

*Boiler atau ketel uap adalah mesin konversi energi dimana energi potensial kimiawi bahan bakar dirubah menjadi energi panas dan tekan melalui media air yang berubah menjadi uap bertekanan. Selain proses perubahan energi tentunya akan menghasilkan sisa pembakaran bahkan bakar terutama dalam hal ini boiler yang menggunakan bahan bakar padat seperti batubara..*

Sisa pembakaran (*disposal*) menjadi bentuk abu batubara (*Bottom Ash*) dan juga abu batubara halus yang terbawa ke udara melalui cerobong (*Fly Ash*). Berbicara masalah pengontrolan emisi udara dari pembakaran *boiler* batubara menghasilkan karakteristik gas buang yang bermasalah dengan lingkungan, yaitu :

- a. Kandungan *Nitrogen Oksida* (NO<sub>x</sub>)
- b. Kandungan *Sulfur Oksida* (SO<sub>x</sub>)
- c. Kandungan *Partikulat / Particulate Content* (mg /m<sup>3</sup>)

Kandungan partikel di udara gas buang menyebabkan polusi udara yang terlihat, dan inilah yang mudah terdeteksi penglihatan kita sebagai asap hitam tebal. Sedangkan kandungan Nox dan Sox pada udara gas buang tidak terlihat oleh mata kita.

Kandungan partikel diatur dalam Baku Mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 7 Tahun 2007, adalah maksimal 230 mg /m<sup>3</sup>. Aturan yang diberlakukan untuk Ketel Uap Batubara.

Tantangan yang dihadapi oleh praktisi industri adalah perkembangan lingkungan sekitar terkadang sangat cepat, dimana keberadaan kawasan industri yang kerap berubah menjadi kawasan pusat bisnis lain (CBD) atau bahkan menjadi lingkungan sosial lainnya seperti tempat permukiman, bahkan rumah sakit.

Baku mutu yang ditetapkan pemerintah menjadi satu hal yang perlu secara signifikan ditekan jauh melebihi batas yang diijinkan agar kualitas udara semakin terjamin. Serta operasi *boiler* batubara tetap aman dijalankan meskipun berada di sekitar permukiman penduduk.

PT. DDD merupakan salah satu industri pengguna *boiler* kapasitas sedang yang beroperasi di lingkungan padat penduduk serta pusat bisnis, tentunya harus mengantisipasi kelayakan operasi dan pengaturan emisi gas buang *boiler*-nya.

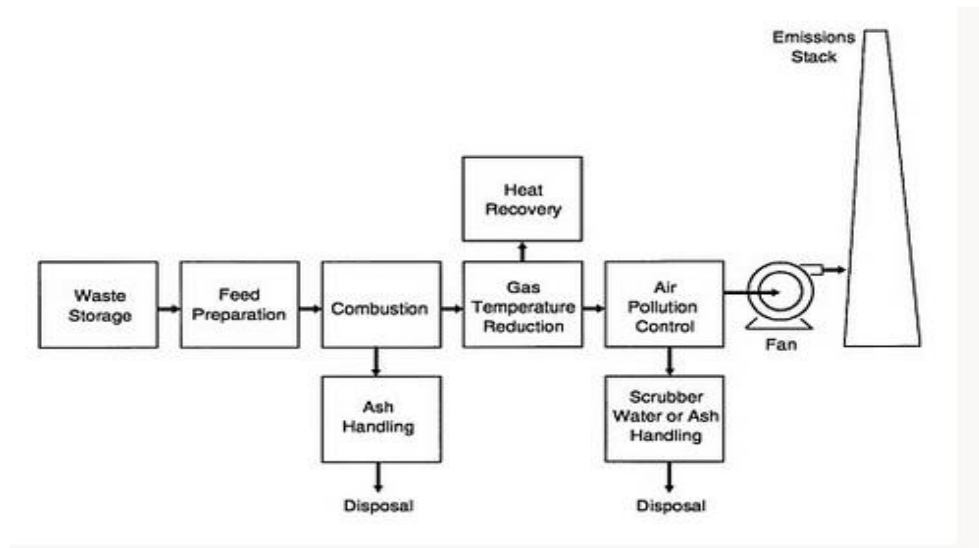
Dalam jurnal ini penulis mengkaji secara teknis upaya pengontrolan emisi udara operasi *boiler* batubara kapasitas 15 ton/jam, yang jauh lebih baik dari baku mutu yang diijinkan pemerintah.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Berbagai jenis Pengatur Emisi Udara yang biasa digunakan, agar emisi udara gas buang (*Flue Gas*) khususnya *particulate content* disesuaikan dengan ambang batas baku mutu yang diijinkan antara lain :

- a. *Wet Scrubber / Wet Membrant*
- b. *Cyclonic Trap / Multi Cyclone*
- c. *Bag Filter*
- d. *Electrostatic Precipitator*

Untuk *boiler* batubara dengan kapasitas kecil banyak dipakai tipe *Wet Scrubber* dan *Cyclonic Trap*, sedangkan untuk jenis kapasitas menengah digunakan *Bag Filter*. Dan untuk *boiler* batubara dengan kapasitas besar digunakan *Electrostatic Precipitator*.

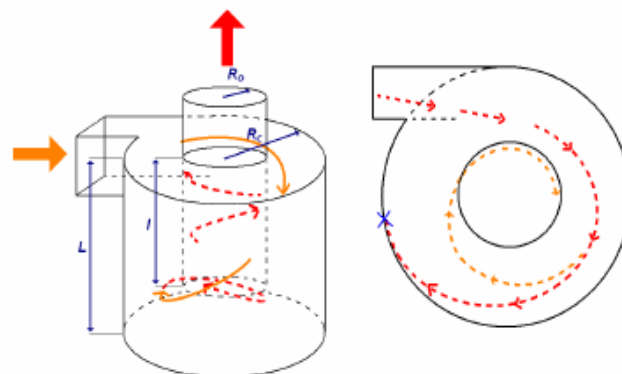
**Gambar 1.**

Skema Proses Pengontrolan Abu Batubara (*Bottom Ash* dan *Fly Ash* )

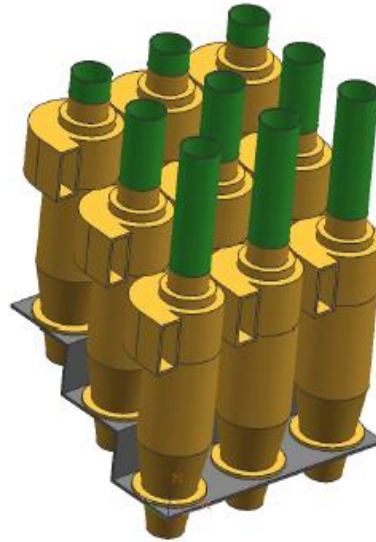
Sumber : <https://www.nap.edu/read/5803/chapter/5#35>

### 2.1. Multi Cyclone

*Multi Cyclones* adalah gabungan beberapa *cyclone* yang dibuat sedemikian rupa untuk fungsi memisahkan partikel debu besar dari gas buang *boiler* batubara, sedangkan gas buang sisa yang bersih dilepas ke udara melalui cerobong (*cimney*). Proses kerja sebuah *cyclone* memanfaatkan gaya sertrifugal partikel pada *cyclone* sehingga terjadi pemisahan partikel berat ke bawah dan yang halus lepas ke udara.

**Gambar 2.** Sistem Kerja *Cyclone*

Sedangkan bila *cyclone* tersebut digabung atau disusun maka akan menghasilkan daya saring atau kolektifitas debu semakin besar.

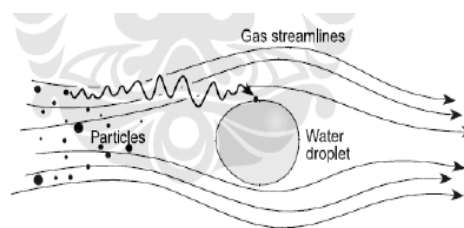


**Gambar 3.** Susunan Multi-Cyclone

Efisiensi Multi *Cyclones dust collector* bila tepat desain kapasitas yang digunakan pada *boiler Bubbling Fluidized Bed*, rata-rata bisa menjamin kualitas emisi udara dibawah baku mutu yang ditetapkan pemerintah  $230 \text{ mg/m}^3$ .

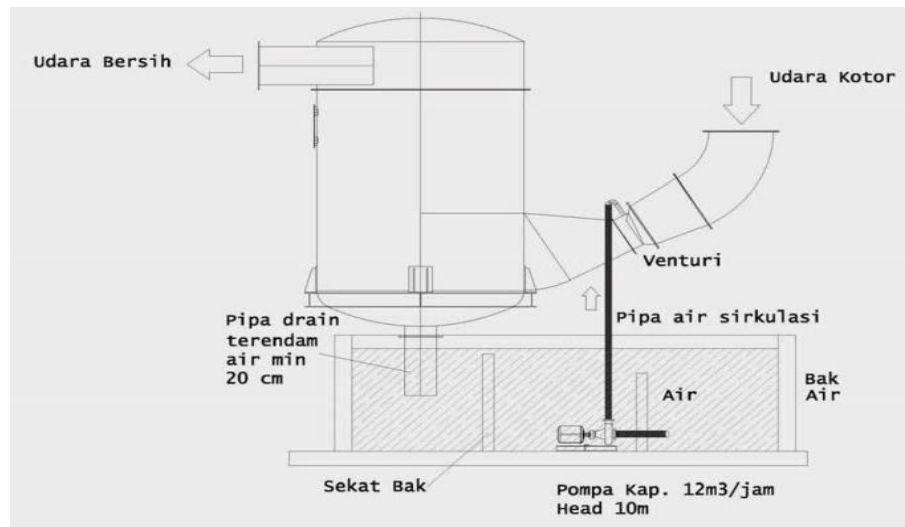
## 2.2. Wet Scrubber / Wet Membrant

*Wet scrubber* atau *wet membrant* adalah tipe penyaring udara gas buang *boiler* batubara kapasitas kecil . Prinsip kerjanya sangat sederhana yaitu gas buang hasil pembakaran *boiler* dialirkan ke bejana tertutup dengan aliran *cyclonic* dan disertai dengan penyiraman air, sehingga partikel dan kotoran terperangkap menuju dasar air penampungan atau *water pond*, selanjutnya dialirkan ke sistem pengolahan limbah. Prinsip penangkapan partikel/debu bisa digambarkan seperti ilustrasi gambar 4 dibawah ini:



**Gambar 4.** Ilustrasi Sistem Penyerapan Partikel  
Sumber : Panji Khairumizan, FT UI,2008

Sedangkan secara keseluruhan proses berikut bejana tertutup sebuah *wet scrubber* diilustrasikan pada gambar 5 dibawah ini :



**Gambar 5.** Ilustrasi Contoh Wet Scrubber

Sumber: <http://www.rancangdustcollector.com/2011/04/wet-scrubber.html>

Penggunaan secara tepat yang disesuaikan dengan kapasitas *boiler*, maka dengan sistem *wet scrubber*, partikel udara gas buang dapat dikontrol memenuhi standar baku mutu yang diijinkan pemerintah 230 mg/m<sup>3</sup>.

### 2.3. Emisi Udara Ketel Uap

Seperti hal yang disebutkan di atas, emisi udara gas buang (*flue gas*) yang diakibatkan oleh ketel uap, dalam hal ini yang menggunakan bahan bakar batubara, menghasilkan : partikulat, gas *Sulfur dioksida* (SO<sub>x</sub>), gas *nitrogen dioksida* (NO<sub>x</sub>).

Materi partikulat adalah istilah umum yang digunakan untuk campuran heterogen partikel padat dan tetesan cairan yang ditemukan di udara, termasuk debu, kotoran, jelaga, asap, dan tetesan cairan.

Partikel dapat melayang di udara untuk jangka waktu yang lama. Beberapa partikel cukup gelap atau besar untuk dilihat sebagai jelaga atau asap.. Lain sangat kecil yang secara individual mereka hanya dapat dideteksi dengan mikroskop elektron. PM dapat menjadi polutan primer atau sekunder. "Primer" partikel, seperti debu atau karbon hitam (jelaga) secara langsung dipancarkan ke udara. Mereka berasal dari berbagai sumber seperti mobil, truk, bus, pabrik, lokasi konstruksi, bidang digarap, jalan beraspal, penghancur batu, dan membakar kayu. "Sekunder" partikel terbentuk di udara dari perubahan kimia emisi gas primer. Mereka secara tidak langsung terbentuk ketika gas dari bahan bakar terbakar bereaksi dengan sinar matahari dan uap air. Ini dapat disebabkan oleh pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor, pada pembangkit listrik, dan dalam proses industri lainnya. (<https://airformation.weebly.com/parameter-pencemar-udara>)

*Nitrogen Oksida* (NO<sub>x</sub>), adalah istilah umum yang digunakan untuk menggambarkan jumlah NO, NO<sub>2</sub> dan oksida nitrogen lainnya. NO<sub>x</sub> adalah sekelompok gas yang sangat reaktif yang memainkan peran utama dalam pembentukan ozon. Banyak dari *nitrogen oksida* yang berwarna dan tidak berbau. Namun, salah satu polutan yang umum, *nitrogen dioksida* (NO<sub>2</sub>) bersama dengan partikel di udara sering bisa dilihat sebagai lapisan coklat kemerahan di daerah perkotaan. *Nitrogen oksida* terbentuk ketika bahan bakar dibakar pada suhu tinggi, seperti dalam proses pembakaran. Sumber utama NO<sub>x</sub> adalah setiap kendaraan bermotor, utilitas listrik, dan industri lainnya, sumber komersial, dan residensial

yang membakar bahan bakar. (<https://airformation.weebly.com/parameter-pencemar-udara>)

*Sulfur oksida* (SO<sub>x</sub>) adalah gas tidak berwarna yang dibentuk oleh belerang. SO<sub>x</sub> gas terbentuk ketika bahan bakar yang mengandung sulfur seperti batubara dan minyak, dibakar, dan ketika bensin diekstrak dari minyak atau logam yang diekstraksi dari bijih. *Sulfur dioxide/Sulfur dioksida* (SO<sub>2</sub>) adalah pencemar kriteria yang merupakan indikator dari konsentrasi *sulfur oksida* di udara ambien. SO<sub>2</sub> larut dalam uair untuk membentuk asam, dan berinteraksi dengan gas lainnya dan partikel di udara untuk membentuk sulfat dan produk lainnya yang bisa berbahaya bagi masyarakat dan lingkungannya. Lebih dari 65% dari SO<sub>2</sub> dilepaskan ke udara, atau lebih dari 13 juta ton per tahun, berasal dari utilitas listrik, terutama yang membakar batubara. Sumber-sumber lain dari SO<sub>2</sub> merupakan fasilitas industri yang produk mereka dari berasal bahan baku seperti bijih logam, batubara, dan minyak mentah, atau batubara atau minyak bakar untuk menghasilkan panas proses. Contohnya adalah kilang minyak bumi, pabrik semen, dan fasilitas pengolahan logam. Juga, lokomotif, kapal-kapal besar, dan beberapa peralatan diesel nonroad saat membakar bahan bakar belerang tinggi dan rilis SO<sub>2</sub> emisi ke udara dalam jumlah besar. (<https://airformation.weebly.com/parameter-pencemar-udara>)

Menurut Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup (Permen LH No 7 Tahun 2007), Batas Baku Mutu emisi gas buang yang diizinkan untuk ketel uap bahan bakar batubara adalah :

- a. *Partikulat* : 230 mg/m<sup>3</sup>
- b. *Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>)* : 750 mg/m<sup>3</sup>
- c. *Nitrogen Dioksida* : 825 mg/m<sup>3</sup>

Dari ketiga indikator emisi udara gas buang ketel uap tersebut, yang terlihat dan langsung bisa dirasakan dampaknya oleh masyarakat sekitar operasi ketel uap adalah partikulat material (*particulate content*), yaitu berupa asap hitam dan terkadang bisa terasa menempel di tubuh kita.

Artikel ini menjelaskan pengukuran sistem penyaringan ganda (*double treatment filter*) partikel material dengan menggunakan *multi-cyclone* dan *wet scrubber*.

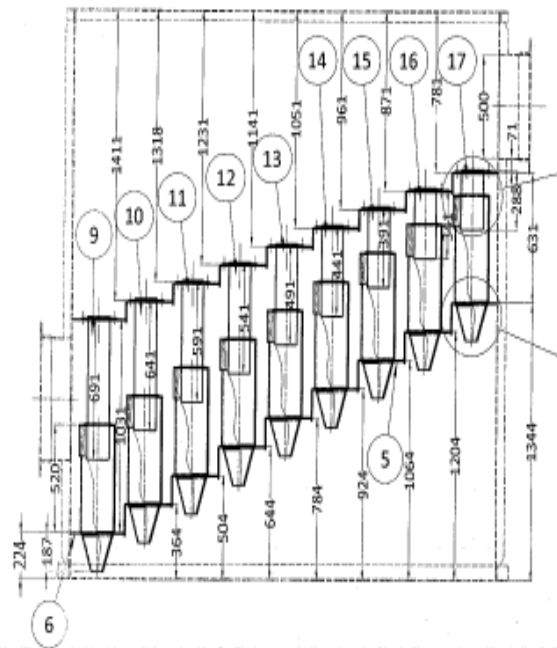
### 3. METODE PENELITIAN

PT. DDD adalah salah satu sekian industri yang menggunakan *boiler*. Dimana salah satunya yang beroperasi adalah *Bubbling Fluidized Bed Boiler* (BFBB), dimana partikel gas buang dari *boiler* ini tidak mempunyai keluaran abu bawah (*Bottom Ash*) seperti pada jenis *boiler Chain Grate*. Selain itu PT. DDD beroperasi di tengah Pusat Area Bisnis (*Cental Bussines Distric*), tuntutan kontrol emisi udara dalam hal ini salah satunya adalah kandungan partikulat harus jauh dibawah standar baku mutu pemerintah.

Atas dasar pemikiran tersebut, PT. DDD menerapkan pengontrolan penyaringan gas buang boiler sistem ganda (*Double Treatment Filtration of Boiler Emmission*), yaitu sekaligus menggunakan *Multi Cyclone* dan *Wet Membrant*.

#### 3.1. *Multi Cyclone Terpasang*

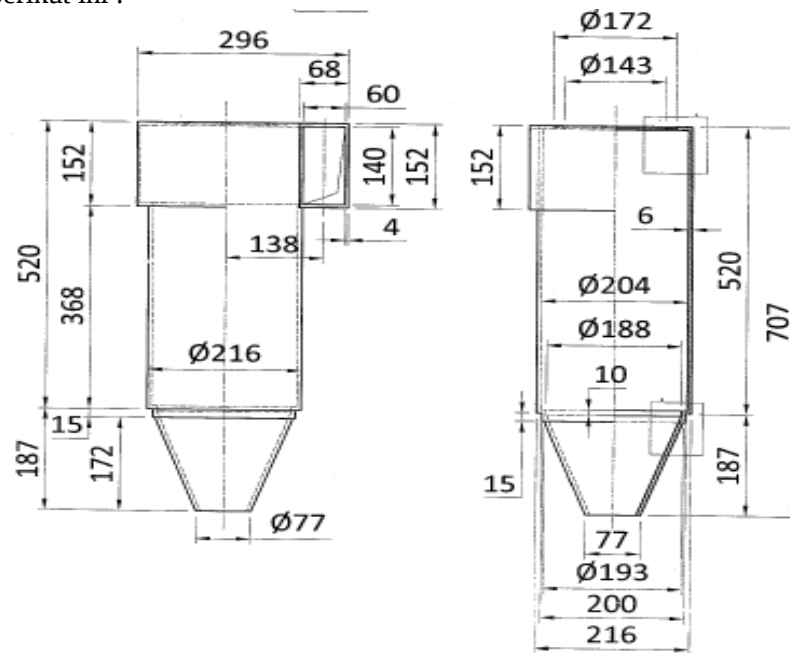
Konstruksi *cyclone* yang digunakan pada sistem ini memiliki jumlah 81 set yang dipasang sedemikian rupa seperti pada gambar 6 dibawah ini :



**Gambar 6.** Instalasi 81 Set Cyclones

*Multi Cyclone* yang dipasang di PT. DDD menggunakan 81 set *cyclone* yang terpasang seperti pada gambar 6 diatas. Pada *line* terdepan sebanyak 9 set berada pada level terbawah, selanjutnya meningkat pada level berikutnya sebanyak 9 tingkat sehingga semua berjumlah 81 set. Material setiap *cyclone* terbuat dari baja cor SC-20.

Contoh dan ukuran *cyclone* yang digunakan di PT. DDD dapat dilihat seperti pada gambar 7 berikut ini :



**Gambar 7.** Detail Gambar Cyclone Sparator

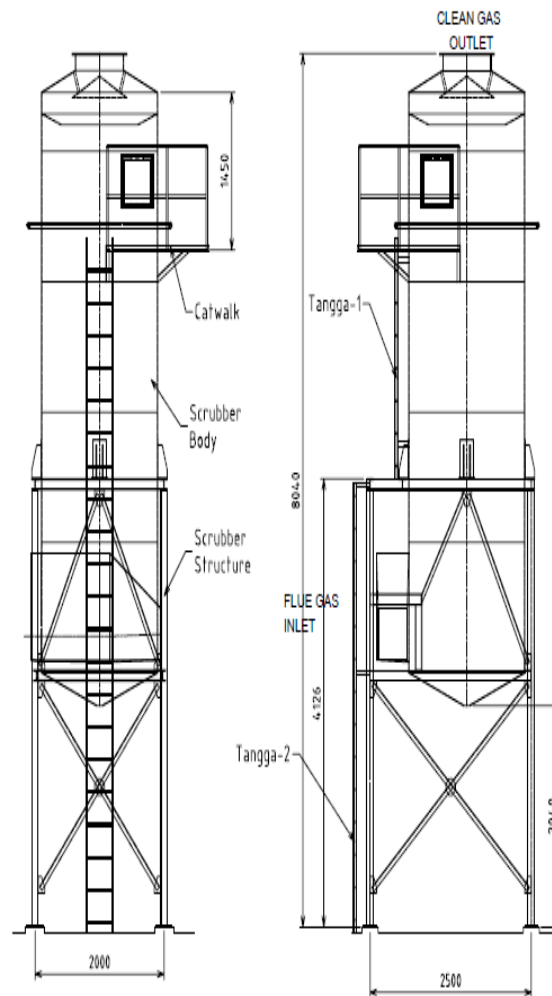
Selanjutnya semua rangkaian *cyclone* ditempatkan pada bejana tertutup dan diberikan isolasi tahan panas (*heat insulation*). Gambar 8 di bawah ini menunjukkan unit *multi-cyclone* saat pemasangan :



**Gambar 8.** Pemasangan Unit *Multi Cyclone*

### **3.2. *Wet Scrubber /Wet Membrant* Terpasang**

Setelah instalasi dan penyaringan partikel gas buang dengan *multi cyclone*, PT. DDD melakukan penyaringan partikel udara gas buang kedua dengan menggunakan cara kerja dan prinsip *wet membrant*, dimana konstruksi *wet membrant* ini dipasang setelah komponen *Induced Draft Fan* (IDF). Adapun konstruksi yang terpasang dapat dilihat seperti gambar 9 dibawah ini :



**Gambar 9. Wet Scrubber Terpasang**

*Wet Scruber* atau *Wet Membrant* yang digunakan di PT. DDD adalah bejana yang terbuat dari material *plat Stainless SUS316*, yang dipasang setelah *blower IDF* dan sebelum cerobong (*chimney*).

Material dipilih harus tahan dari korosif dan abrasif, karena partikel gas buang dicampur dengan siraman air (*spray nozzle*) dengan adanya kandungan  $\text{SO}_x$  dan  $\text{NO}_x$  menjadikan *fluida* bersifat asam, serta abrasif karena masih adanya partikel material yang lolos dari filter *cyclone*.

Pemasangan *wet scrubber* bisa dilihat pada gambar 10 dibawah ini :



**Gambar 10.** Pemasangan Wet Scrubber

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

PT. DDD adalah perusahaan yang sangat memperhatikan masalah emisi gas buang ketel uap dan juga emisi-emisi lainnya. Untuk emisi gas buang ketel uap, khususnya ketel uap *Bubbling Fluidized Bed*, secara berkala dilakukan pengujian emisi kandungan partikel dan juga kandungan SO serta NO.

Pengujian dilakukan oleh pihak ketiga yang independen dan dilakukan minimal dua kali dalam setahun.

Sebelum menggunakan filterisasi ganda, yaitu hanya menggunakan *wet scrubber*, hasil kandungan partikel dalam udara masih di bawah baku mutu yang diizinkan Pemerintah yaitu 188 mg/M3 sampai dengan 215 mg/m<sup>3</sup> (baku mutu 230 mg/m<sup>3</sup>).

Partikel dari ruang bakar sisa proses pembakaran sepenuhnya ditangkap oleh *wet scrubber* melalui air yang dibawa ke bak penampungan.

Kerja dari pada *wet scrubber* tentunya sangat berat dan menyisakan proses pemindahan abu yang basah. Hal ini sulit untuk proses pemindahan dan penyaringannya.

Dengan digunakannya penyaringan gas buang kedua ini, maka didapatkan pengurangan kandungan partikel gas buang yang jauh dari ambang batas yang diizinkan pemerintah. Sebelum *wet scrubber*. Partikel proses filter dengan sistem kerja siklonik dari masing-masing *cyclone*.

Dengan menggunakan perlakuan *filterisasi ganda (double filter)* kandungan partikulat dalam udara gas buang turun dari 188-215 mg/m<sup>3</sup> menjadi 140-148 mg/m<sup>3</sup>. Jauh diatas ambang batas baku mutu pemerintah yang ditentukan 230 mg/ m<sup>3</sup>.

Partikel di sisi unit *multi-cyclone* ditangkap dan ditampung *hopper*, untuk selanjutnya dikeluarkan unit pengeluar berupa ulir berjalan (*screw conveyor*) dan selanjutnya dibuang ke Tempat Penampungan Sementara (TPS).

Keuntungannya adalah pemisahan abu dari *multi-cyclone* lebih mudah ditransfer daripada memindahkan abu yang sudah masuh ke dalam sistem *wet scrubber* (bak air di bawah *wet scrubber*).

## 5. KESIMPULAN

Dengan menggunakan sistem penyaringan ganda terhadap partikel gas buang ketel uap, maka akan didapatkan :

- a. Kandungan partikel gas buang jauh dibawah ambang batas baku mutu pemerintah yaitu  $148 \text{ mg/m}^3$  daripada yang ditetapkan pemerintah  $230 \text{ mg/m}^3$ .
- b. Pengelolaan abu terbang (*fly ash*) ketel uap *Bubbling Fluidized Bed* menjadi lebih baik dan mudah karena sebagian besar abu terbang (*fly ash*) ditarik dahulu oleh *multi-cyclone* dalam kondisi kering.

## DAFTAR PUSTAKA

Baukal, Charles E. 2004. *Industrial Combustion Polution Control*. Marcel Dekker, Inc. New York, USA

Nani Hasristuti, I Nyoman Widiassa, Ika Rasti JS. 2012. *Penerapan Teknologi Membran dalam Proses Eliminasi Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) pada Flue Gas Boiler Industri Kertas*. Jurnal Riset Industri Volume 6 , No. 3

<https://airformation.weebly.com/parameter-pencemar-udara>

<http://www.rancangdustcollector.com/2011/04/wet-scrubber.html>

<https://www.nap.edu/read/5803/chapter/5#35>

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup. No 7 Tahun 2017. Lampiran IV

Singer, Joseph G. 1981. *Combustion Fossil Power Systems*. Combustion Engineering, Inc. USA