

## Estimasi Beban Emisi Partikulat Dan Gas Dari Pltu Batu Bara Di Indonesia Dengan Menggunakan Hasil Pemantauan

Agung Ghani Kramawijaya

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Nasional

Jl. PKH. Mustapha No. 23, Bandung 40124

[Agung.ghani@itenas.ac.id](mailto:Agung.ghani@itenas.ac.id)

### Abstrak

*Industri PLTU merupakan salah satu industri padat energi dimana sumber utama pencemaran udaranya berasal dari pembakaran batu bara di boiler untuk menghasilkan listrik. Batu bara paling banyak digunakan di industri PLTU dan konsumsi batu bara oleh industri PLTU terus meningkat dari tahun ke tahun. Padahal, PLTU memiliki potensi untuk mengemisikan sejumlah pencemar udara, baik partikulat dan gas, diantaranya  $SO_2$ ,  $NO_x$ , dan TSP. Oleh karena itu, sangat perlu untuk memperkirakan jumlah pencemar gas dan partikulat yang dihasilkan dari industri PLTU sebagai landasan dalam pengelolaan pencemaran udara di industri PLTU. Salah satu metode yang paling akurat untuk mengestimasi jumlah pencemar yang dilepaskan ke atmosfer untuk parameter  $SO_2$ ,  $NO_x$ , dan TSP dari sumber pembakaran sektor industri PLTU adalah dengan menggunakan data hasil pemantauan emisi. Data yang digunakan di penelitian ini adalah data pemantauan di antara periode Juli 2017 - Juni 2018. Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan hasil pemantauan, diketahui bahwa satu unit pembakaran PLTU dapat mengemisikan  $SO_2$ ,  $NO_x$ , dan TSP secara berturut-turut masing-masing sebesar 8.374,37 ton/tahun, 5.403,82 ton/tahun, dan 679,37 ton/tahun. Selain itu, berdasarkan hasil observasi data dalam penelitian ini, masing-masing unit pembangkit PLTU mengemisikan pencemar udara dengan jumlah yang berbeda-beda tergantung teknologi alat pengendali yang digunakan dan efisiensi masing-masing alat.*

*Kata Kunci : beban emisi, industri PLTU, pembakaran batu bara*

### 1. Pendahuluan

Pemerintah Indonesia mulai menerapkan upaya pengelolaan pencemaran udara dengan diterbitkannya Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Salah satu langkah pengelolaan pencemaran udara adalah inventarisasi emisi, dimana kegiatan ini dilakukan untuk mengidentifikasi potensi sumber-sumber pencemar udara dan mengestimasi beban emisi pencemar udara dari sumber-sumber yang teridentifikasi tersebut. Ketentuan untuk melakukan inventarisasi emisi disebutkan di dalam Pasal 6 Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Berdasarkan pasal tersebut, inventarisasi emisi merupakan salah satu parameter yang akan digunakan untuk menetapkan status mutu udara ambien sehingga penting untuk dilakukan.

Industri PLTU merupakan salah satu industri padat energi dimana sumber utama pencemaran udaranya berasal dari pembakaran batu bara di boiler untuk menghasilkan listrik. Batu bara paling banyak digunakan di industri PLTU. Tercatat dari seluruh konsumsi batubara dalam negeri pada 2016 sebesar 90,78 juta ton, sebanyak 69,00 juta ton atau 76% di antaranya digunakan oleh PLTU, baik milik perusahaan negara (PLN) maupun yang dikelola swasta [1].

Konsumsi batu bara terus meningkat dari tahun ke tahun [2]. Pada tahun 2009 PLTU di Indonesia menggunakan batu bara sebesar 21.604.463,70 ton. Lalu terjadi peningkatan pada tahun 2016 dimana penggunaan batu bara di PLTU mencapai 50.556.446,13 ton atau mendekati 134% dibandingkan dengan tahun 2009. Oleh karena itu penggunaan batu bara di PLTU akan terus meningkat seiring dengan peningkatan kebutuhan listrik di Indonesia. Padahal, PLTU memiliki potensi untuk

mengemisikan sejumlah pencemar udara, baik partikulat dan gas, diantaranya SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan TSP [3]. Berdasarkan pertimbangan di atas, sangat perlu untuk memperkirakan jumlah pencemar gas dan partikulat yang dihasilkan dari industri PLTU sebagai landasan dalam pengelolaan pencemaran udara di industri PLTU.

## 2. Metodologi

Tahapan yang akan dilakukan penelitian ini meliputi studi pustaka, pengumpulan data sekunder, QC, perhitungan laju emisi, dan perhitungan faktor emisi spesifik.

### Studi Literatur

Studi kepustakaan merupakan tahap awal dalam penelitian ini dimana seluruh literatur atau dokumen-dokumen, baik dokumen tertulis, gambar maupun elektronik dihimpun dan dianalisis keterkaitannya dengan penelitian. Dokumen yang dikumpulkan bisa berupa textbook, jurnal, e-book, laporan, peraturan, dan lain-lain.

### Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini diantaranya adalah data hasil sampling dan laju alir gas buang yang digunakan oleh industri PLTU di Indonesia. Data-data tersebut dikumpulkan dari beberapa instansi dan badan terkait.

### Pengendalian Mutu (QC) - Kelengkapan dan Validitas Data

Selama proses estimasi beban emisi selalu dilakukan verifikasi, dokumentasi, dan prosedur pemeriksaan untuk meminimalisir kesalahan dan inkonsistensi dalam perhitungan beban emisi. Selain itu, prosedur QC juga dilakukan untuk pendokumentasian sumber data, metode, dan asumsi yang digunakan dalam estimasi emisi. Proses pengendalian mutu ini dilakukan dalam tahap pemeriksaan kelengkapan data dan validitas data. Khusus untuk pemeriksaan validitas data, proses ini dilakukan dengan membandingkan data parameter emisi yang telah dikumpulkan dengan data parameter dari industri sejenis. Selain itu juga pemeriksaan validitas data dilakukan dengan menggunakan metode pengolahan statistik, dimana outliers dari kumpulan data akan diidentifikasi dan dipisahkan dari kumpulan data tersebut.

### Perhitungan Beban Emisi

Setelah seluruh data tervalidasi, tahap selanjutnya adalah perhitungan beban emisi. Pada penelitian ini, beban emisi dari masing-masing unit pembangkit dihitung dengan menggunakan data hasil sampling. Perhitungan beban emisi untuk parameter SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan TSP menggunakan **Persamaan 1**[4]. Setelah itu beban emisi yang dihasilkan untuk setiap seri data diolah secara statistik untuk dapat menentukan beban emisi setiap unit pembangkit.

$$E_i = C_i \times Q \times 3.600 \times 10^{-3} \quad (1)$$

Dimana:

$E_i$	=	Laju emisi parameter pencemar i (g/jam)
$C_i$	=	Konsentrasi emisi parameter pencemar i ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
$Q$	=	Laju alir gas buang ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

### Analisis

Hasil perhitungan beban emisi dipresentasikan secara kualitatif dan kuantitatif dalam bentuk deskriptif, tabulasi, grafik, dan tabel yang dapat menggambarkan dan menyampaikan jumlah emisi yang dihasilkan dari kegiatan pertambangan nikel.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Data yang diolah di dalam penelitian ini adalah data hasil pemantauan emisi yang dihasilkan dari CEMS (*Continous Emission Monitoring System*) setiap PLTU di Indonesia di antara periode Juli 2017 - Juni 2018. Data yang telah dikumpulkan divalidasi untuk menentukan apakah data tersebut dapat

digunakan atau tidak di dalam penelitian. Setelah dilakukan validasi, hanya data dari 7 unit pembangkit yang dapat digunakan. Beberapa pertimbangan tidak digunakannya data unit pembangkit yang lain adalah sebagai berikut:

- Sebagian besar data laju alir gas buang ( $m^3/s$ ) diperkirakan bukan merupakan data laju alir, melainkan data kecepatan gas buang ( $m/s$ )
- Data konsumsi bahan bakar diperkirakan bukan merupakan data dalam satuan ton/tahun sehingga dikhawatirkan mengacaukan perilaku data apabila dilibatkan di dalam perhitungan faktor emisi
- Data parameter pencemar udara tidak lengkap, sehingga tidak memungkinkan untuk dilibatkan di dalam perhitungan faktor emisi

### Karakteristik Unit Pembangkit

Karakteristik unit pembangkit PLTU di Indonesia dapat dilihat pada **Tabel 1**. Seperti yang telah dipaparkan sebelumnya bahwa data emisi dari 7 unit pembangkit yang diambil secara acak menjadi dasar penelitian ini. Ketujuh unit pembangkit tersebut diberi label Unit-1 sampai dengan Unit-7 untuk membedakan nilai parameter dari masing-masing unit. Seperti yang tersaji di **Tabel 1** bahwa kapasitas dari ketujuh unit pembangkit lebih besar dari 300 MW. Hal ini dikarenakan penelitian ini membutuhkan data dari pemantauan emisi dan PLTU dengan kapasitas yang besar diwajibkan untuk memasang CEMS.

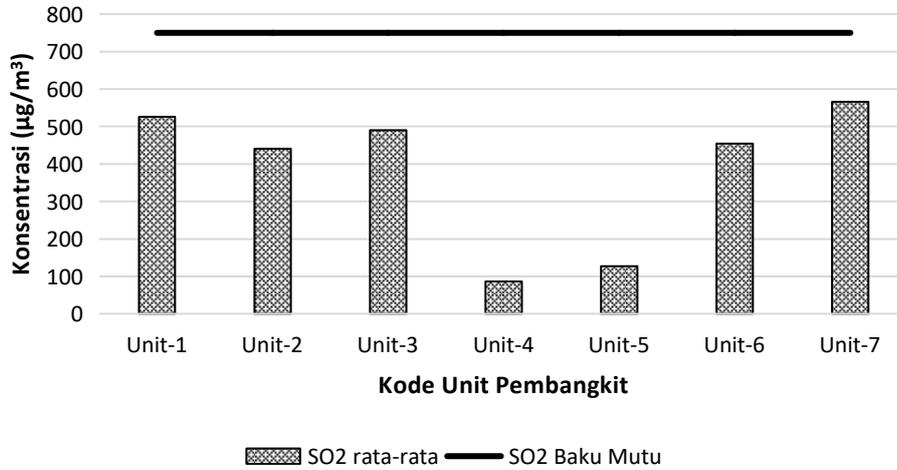
**Tabel 1** Karakteristik Unit Pembangkit di Indonesia

No.	Kode Unit Pembangkit	Kapasitas Unit (MW)	Alat Pengendali		
			TSP	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
1	Unit-1	660	ESP	-	-
2	Unit-2	710	ESP	FGD	Low NO <sub>x</sub> Burner
3	Unit-3	710	ESP	FGD	Low NO <sub>x</sub> Burner
4	Unit-4	660	ESP	FGD	-
5	Unit-5	660	ESP	FGD	-
6	Unit-6	315	ESP	-	-
7	Unit-7	315	ESP	-	-

PLTU menggunakan batu bara dengan jumlah yang sangat besar sebagai bahan bakar, sehingga pembakaran batu bara berpotensi menghasilkan gas SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan TSP yang tinggi. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk menjaga kualitas emisi dari suatu unit pembangkit agar tetap berada di bawah baku mutu emisi PLTU. Berdasarkan data yang tersaji di **Tabel 3**, diketahui bahwa alat pengendali SO<sub>2</sub> yang digunakan oleh PLTU di Indonesia adalah *Flue Gas Desulfurization (FGD)*. Alat ini memang telah banyak digunakan untuk mengendalikan SO<sub>2</sub> dari PLTU berbahan bakar batu bara [5]. Sementara itu, *Low NO<sub>x</sub> burner* merupakan alat pengendali NO<sub>x</sub> yang digunakan di PLTU di Indonesia. Namun, ada juga unit pembangkit yang tidak menggunakan alat pengendali SO<sub>2</sub> dan/atau NO<sub>x</sub>. Hal ini dikarenakan teknologi boiler yang digunakan di PLTU tersebut memungkinkan untuk mengendalikan emisi NO<sub>x</sub> sampai di bawah baku mutu. Sementara itu, strategi yang umum digunakan unit pembangkit tanpa alat pengendali SO<sub>2</sub> untuk menjaga konsentrasi SO<sub>2</sub> adalah dengan menggunakan batu bara yang memiliki kadar sulfur rendah.

### Konsentrasi SO<sub>2</sub>

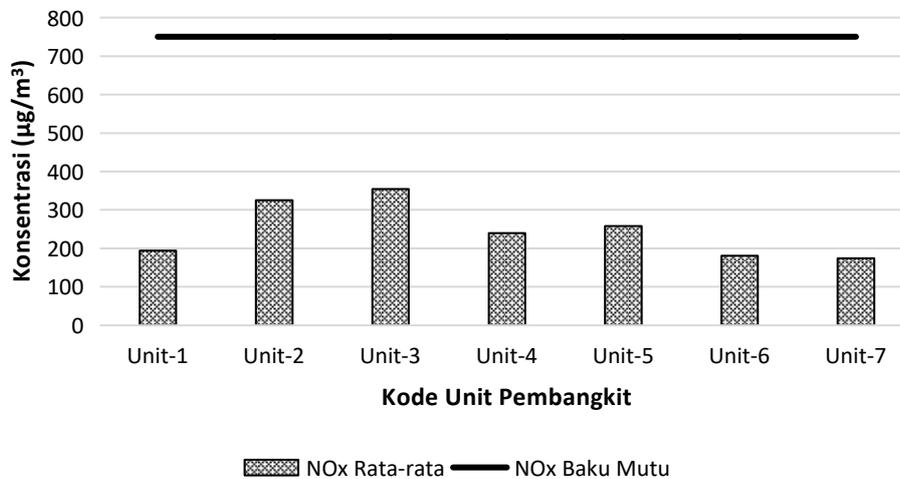
Sesuai dengan data yang ditampilkan pada Gambar 1, konsentrasi emisi SO<sub>2</sub> rata-rata dari PLTU di Indonesia masih berada di bawah baku mutu yang ditetapkan pada PermenLH No. 21 Tahun 2008 ( $750 \mu g/Nm^3$ ). Berdasarkan data yang ditampilkan pada Gambar 1, fungsi dari FGD sebagai pengendali emisi SO<sub>2</sub> sangat terlihat, dimana konsentrasi SO<sub>2</sub> dari Unit 2 - Unit 5 lebih kecil dibandingkan dengan unit pembangkit lain yang tidak menggunakan FGD. Namun, FGD di Unit 2 - Unit 3 sepertinya perlu ditinjau ulang efektivitasnya karena konsentrasi SO<sub>2</sub> di kedua unit tersebut tidak jauh berbeda dengan unit lain yang tidak memasang FGD.



**Gambar 1.** Konsentrasi SO<sub>2</sub> Rata-Rata dari PLTU di Indonesia

#### Konsentrasi NO<sub>x</sub>

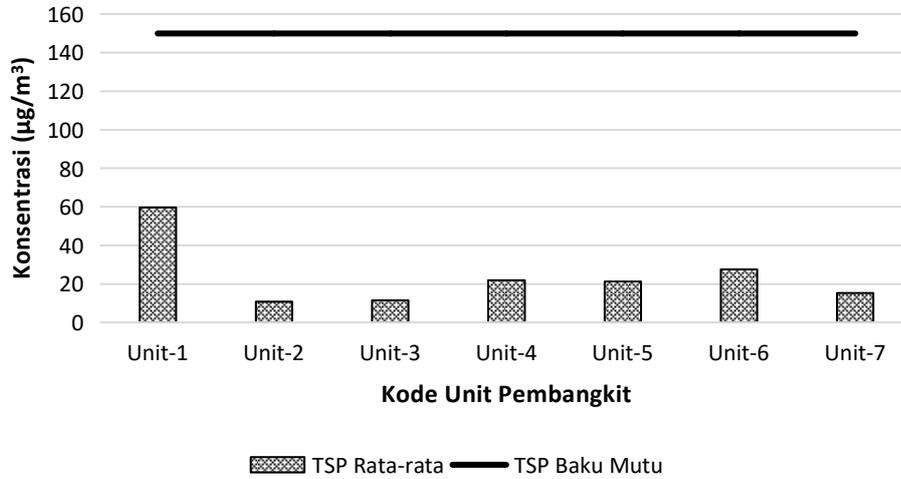
Berbeda dengan konsentrasi SO<sub>2</sub>, konsentrasi NO<sub>x</sub> dari PLTU di Indonesia (Gambar 2) masih jauh di bawah baku mutu yang ditetapkan pada PermenLH No. 21 Tahun 2008 (750 µg/Nm<sup>3</sup>). Namun, peran *Low NO<sub>x</sub> burner* tidak terlalu terlihat pada data di Gambar 2 sehingga Unit 2 dan Unit 3 yang memasang *Low NO<sub>x</sub> burner* sehingga perlu dilakukan peninjauan ulang terkait efektivitas alat pengendali tersebut.



**Gambar 2.** Konsentrasi NO<sub>x</sub> Rata-Rata dari PLTU di Indonesia

#### Konsentrasi TSP

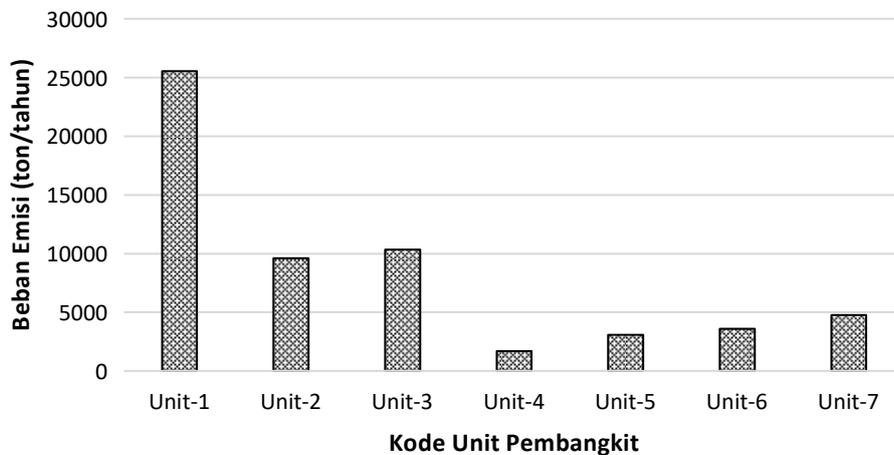
Konsentrasi TSP dari PLTU di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan data tersebut, konsentrasi emisi TSP dari PLTU di Indonesia masih berada di bawah baku mutu yang ditetapkan pada PermenLH No. 21 Tahun 2008 (150 µg/Nm<sup>3</sup>). Fungsi dari ESP yang mampu untuk mengendalikan emisi partikulat sangat terlihat jelas dari data tersebut.



**Gambar 3.** Konsentrasi TSP Rata-Rata dari PLTU di Indonesia

#### Laju Emisi SO<sub>2</sub>

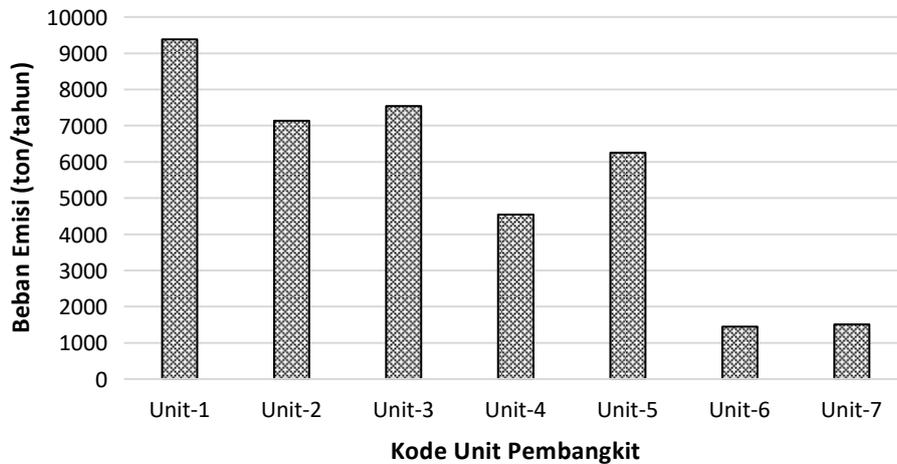
Laju emisi SO<sub>2</sub> dari masing-masing unit pembangkit dapat dilihat pada Gambar 4, dimana laju emisi SO<sub>2</sub> tertinggi berasal dari Unit-1 sebesar 25.553,75 ton/tahun dan laju emisi SO<sub>2</sub> terendah berasal dari Unit-4 sebesar 1.695,97 ton/tahun. Berdasarkan statistik tersebut diketahui bahwa rata-rata satu unit pembakaran PLTU mengemisikan SO<sub>2</sub> sebesar 8.374,37 ton/tahun.



**Gambar 4.** Laju Emisi SO<sub>2</sub> Rata-Rata dari PLTU di Indonesia

#### Laju Emisi NO<sub>x</sub>

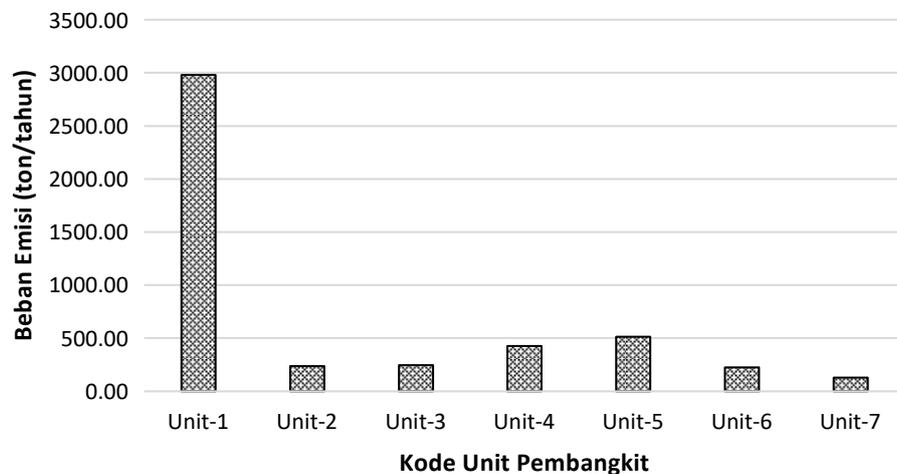
Laju emisi NO<sub>x</sub> dari masing-masing unit pembangkit dapat dilihat pada Gambar 5, dimana laju emisi NO<sub>x</sub> tertinggi berasal dari Unit 1 sebesar 9.389,36 ton/tahun dan laju emisi NO<sub>x</sub> terendah berasal dari unit 6 sebesar 1.448,91 ton/tahun. Berdasarkan statistik tersebut diketahui bahwa rata-rata satu unit pembakaran PLTU mengemisikan NO<sub>x</sub> sebesar 5.403,82 ton/tahun.



**Gambar 5.** Laju Emisi NOx Rata-Rata dari PLTU di Indonesia

#### Laju Emisi TSP

Laju emisi TSP dari masing-masing unit pembangkit dapat dilihat pada Gambar 6, dimana laju emisi TSP tertinggi berasal dari Unit 1 sebesar 2.979,44 ton/tahun dan laju emisi TSP terendah berasal dari unit 7 sebesar 128,50 ton/tahun. Berdasarkan statistik tersebut diketahui bahwa rata-rata satu unit pembakaran PLTU mengemisikan TSP sebesar 679,37 ton/tahun.



**Gambar 6.** Laju Emisi TSP Rata-Rata dari PLTU di Indonesia

#### 4. Kesimpulan

PLTU memiliki potensi untuk mengemisikan sejumlah pencemar udara diantaranya SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan TSP. Masing-masing unit pembangkit PLTU mengemisikan pencemar udara dengan jumlah yang berbeda-beda tergantung teknologi alat pengendali yang digunakan. Namun, efisiensi pengendalian dari masing-masing alat juga berpengaruh terhadap beban emisi. Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa satu unit pembakaran PLTU mengemisikan SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan TSP secara berturut-turut masing-masing sebesar 8.374,37 ton/tahun, 5.403,82 ton/tahun, dan 679,37 ton/tahun.

#### Daftar Pustaka

- [1] Haryadi dan Suciyanti. 2018. Analisis Perkiraan Kebutuhan Batubara Untuk Industri Domestik Tahun 2020-2035 Dalam Mendukung Kebijakan Domestik Market Obligation Dan Kebijakan Energi Nasional. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. Vol. 14 No.1.P.59-73
- [2] ESDM.2017.*Statistik Ketenaga Listrikan 2016*. Jakarta: Direktorat Jendral Ketenaga Listrikan
- [3] Environment Agency. 2013. *Pollution Inventory Reporting – Combustion Activities Guidance Note*. Bristol: England
- [4] Kementrian Lingkungan Hidup. 2013. *Pedoman Teknis Penyusunan Inventarisasi Emisi Pencemar Udara di Perkotaan*. Jakarta: Indonesia
- [5] Li Z, Jiang J, Ma Z, Fajardo OA, Deng J, Duan L.. 2017. Influence of flue gas desulfurization (FGD) installations on emission characteristics of PM<sub>2.5</sub> from coal-fired power plants equipped with selective catalytic reduction (SCR). *Environmental Pollution*. Vol. 230.P.655-662