

## TINJAUAN POTENSI PENGENDALIAN KONSENTRASI PARTIKULAT DENGAN PROGRAM *EMISSION OFFSET* DI INDONESIA

Ahmad Daudsyah Imami<sup>1)</sup>, Arif Setiajaya<sup>2)</sup>, Annisaa Siti Zulaicha<sup>3)</sup>

<sup>1,2)</sup> Jurusan Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia

<sup>3)</sup> Jurusan Teknik Proses dan Hayati Program Studi Rekayasa Kosmetik Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia

email:

ahmad.imami@tl.itera.ac.id

### ABSTRAK

Partikulat merupakan salah satu polutan utama yang dihasilkan baik dari industri ataupun transportasi. Partikulat merupakan salah satu polutan kualitas udara yang paling merusak kesehatan dan juga diketahui sebagai karsinogenik. *Emission trading* ataupun *emission offset* merupakan salah satu tools yang efektif untuk menurunkan emisi. Konsepnya berlawanan dengan pendekatan tradisional yaitu dengan 'command and control' namun menggantungkan usaha reduksi emisi kepada mekanisme pasar untuk mendapatkan cara yang paling murah dan efektif. Program atau inisiatif *Emission Offset* akan lebih tepat manfaatnya jika dilakukan pada lokasi yang spesifik. penurunan emisi. Dalam *trade* hal yang diperhitungkan adalah supply (ketersediaan), demand (kebutuhan), sehingga dapat memperkirakan *market clearing prices* atau harga (*emission reduction credit*) ERC yang tepat. Institusi kelembagaan di Indonesia yang dapat memiliki kewenangan untuk berkoordinasi melakukan *emission offset* sudah tersedia. beberapa regulasi yang perlu ada antara lain terkait wilayah pengelolaan kualitas udara (WPKU) dan kebijakan pendukung lain. Secara teknis kebutuhan data terkait pengukuran emisi sangat diperlukan, data wajib transparan dan dapat dipertanggung jawabkan. Selain itu, diperlukan juga validasi dari laboratorium yang telah ditunjuk. Tujuan penelitian ini untuk dapat mengidentifikasi konsentrasi partikulat, menentukan skala sistem *emission offset* baik itu luas kawasan, sumber pencemar yang dituju, ataupun parameter kritis yang akan dikendalikan. Maka metode penelitian yang digunakan antara lain pemantauan kualitas udara yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia pada lokasi yang spesifik., dan juga inventarisasi emisi dimana penentuan *emission cap* polutan partikulat (PM<sub>2.5</sub> dan PM<sub>10</sub>) berbagai *system offset emission caps* ditentukan melalui proses politik yang menyeimbangkan antara *cost and benefits* dari penurunan emisi.

**Kata Kunci** : Emission Offset, Emission Trading, ERC, Indonesia, Partikulat

### ABSTRACT

**Potential Overview Of Particulate Concentration Control With Offset Emission Program In Indonesia.** Particulate is one of the main pollutants produced either from industry or transportation. Particulates are one of the most damaging air quality pollutants to health and are also known to be carcinogenic. *emission trading* or *emission offset* is one of the effective tools to reduce emissions. The concept is contrary to the traditional approach of 'command and control' but relies on emission

*reduction efforts to market mechanisms to find the cheapest and most effective way . Emission offset programs or initiatives will be more appropriate if they are carried out in specific locations. emission reduction. In trade, the things that are taken into account are supply (availability), demand (need), so that they can estimate the right market clearing prices or (Emission Reduction Credit) ERC prices. Institutional institutions in Indonesia that can have the authority to coordinate Emission Offset are already available. Several regulations that need to exist include those related to the air quality management area (WPKU) and other supporting policies. Technically, the need for data related to emission measurement is very necessary, the data must be transparent and can be accounted for. In addition, validation from a designated laboratory is also required. The purpose of this study is to identify particulate concentrations, determine the scale of the emission offset system, whether it is the area, the source of the pollutant being targeted, or the critical parameters to be controlled. So the research methods used include monitoring air quality spread throughout Indonesia in specific locations, and also an emission inventory where the determination of the emission cap of particulate pollutants (PM2.5 and PM10) of various offset emission caps systems is determined through a balanced political process. between the costs and benefits of reducing emissions.*

**Keywords :** *emission offset, emission trading, ERC, Indonesia, particulate*

## 1. LATAR BELAKANG

Sektor industri dan transportasi merupakan sumber pencemar yang paling berkontribusi terhadap pencemaran udara di perkotaan. Partikulat merupakan salah satu polutan utama yang dihasilkan baik dari industri ataupun transportasi. Partikulat merupakan salah satu polutan kualitas udara yang paling merusak kesehatan dan juga diketahui sebagai karsinogenik (World Health Organization, 2011). Paparan dari berbagai ukuran partikel memberikan efek buruk yang berbeda juga terhadap manusia. Dari beberapa penelitian diketahui bahwa peningkatan laju mortalitas memiliki asosiasi dengan PM2.5 dan PM10,

kanker paru-paru berasosiasi dengan konsentrasi PM2.5, sedangkan penyakit terkait pembuluh darah di jantung berasosiasi dengan PM1, PM2.5 dan PM10 (Sousan, et al, 2016).

Efek pencemaran partikulat terhadap

kesehatan manusia tersebut telah diketahui secara global sehingga parameter partikulat menjadi salah satu kriteria baku mutu di beberapa negara termasuk di Indonesia yang tercantum pada Peraturan Pemerintah No.41 tahun 1999 tentang Pengendalian Kualitas Udara. Tabel 1 adalah beberapa perbandingan baku mutu partikulat (PM2.5 dan PM10) di beberapa negara. Salah satu program yang dilakukan beberapa negara maju dan berkembang dalam pengelolaan kualitas udara adalah dengan program *Emission Trading*. *Emission Trading* merupakan salah satu *tools* yang paling efektif untuk menurunkan emisi gas rumah kaca. Karena konsepnya berlawanan dengan pendekatan tradisional yaitu dengan '*command and control*' namun menggantungkan usaha reduksi emisi kepada mekanisme pasar untuk mendapatkan cara yang paling murah dan efektif (European Commission, 2015).

**Tabel 1. Perbandingan Baku Mutu Partikulat (PM2.5 dan PM10) di Beberapa Negara**

No	Parameter	Indonesia [1]		WHO [2]		Amerika (EPA) [3]		Eropa (EC) [4]	
		Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Waktu Pengukuran	Baku Mutu
1	PM10	24 jam	150 µg/m <sup>3</sup>	24 jam	20 µg/m <sup>3</sup>	24 jam	150 µg/m <sup>3</sup>	24 jam	50 µg/m <sup>3</sup>
		-	-	1 tahun	50 µg/m <sup>3</sup>	-	-	1 tahun	40 µg/m <sup>3</sup>
2	PM 2.5	24 jam	65 µg/m <sup>3</sup>	24 jam	25 µg/m <sup>3</sup>	24 jam	35 µg/m <sup>3</sup>	1 tahun	25 µg/m <sup>3</sup>
		1 tahun	15 µg/m <sup>3</sup>	1 tahun	10 µg/m <sup>3</sup>	1 tahun	15 µg/m <sup>3</sup>	-	-

\* sumber :

[1] Peraturan Pemerintah No.41 tahun 1999

[2] WHO. (2005). WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide.

[3]<https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>

[4]<http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>

*Emission trading* mengarah kepada kebijakan penurunan gas rumah kaca dan yang diperdagangkan adalah hak atas melepaskan atau menurunkan emisi gas rumah dalam satuan setara ton-CO<sub>2</sub> (ton CO<sub>2</sub> Ekuivalen)(Hindarto, Samyanugraha, & Nathalia, 2018). *Emission trading* adalah contoh usaha penurunan emisi dengan menggunakan instrumen ekonomi. Erat hubungannya dengan instrumen ekonomi, EPA Amerika dan beberapa negara lain juga memperkenalkan konsep perdagangan emisi namun dengan tujuan yang berbeda. Jika *Emission Trading* bertujuan untuk melindungi manusia dari efek pemanasan global, Sedangkan *Emission Offsets* adalah sebuah konsep dimana emisi dari sebuah sumber stasioner baru atau yang akan dimodifikasi di'seimbangkan' dengan penurunan emisi dari sumber yang telah ada untuk menstabilkan jumlah total emisi (U.S. EPA, 2018). Seperti sistem *Emission Trading*, proses penyeimbangan ini juga dapat digantungkan kepada mekanisme pasar. Beberapa program untuk penyeimbangan ini antara lain (Sotkiewicz, 2007):

1. ERC atau *Emission Reduction Credit*
2. *Averaging*
3. *Cap and Trade*.

Harga *Emission Reduction Credit* (ERC) adalah sebuah kredit yang didapatkan oleh perusahaan ketika mampu melakukan pengurangan emisi lebih banyak dari yang diwajibkan *permit* dan peraturan yang berlaku (<https://www.ourair.org/erc-guide/>, diakses 1 Desember 2018). *Emission offset* dan ERC ini di Amerika hanya dilakukan pada area yang dikategorikan sudah tercemar. Program *Averaging* adalah melakukan *offset* atau reduksi emisi dengan mengelola sumber emisi tinggi dengan sumber emisi rendah sehingga rerata emisinya sesuai dengan level yang ditentukan (Sotkiewicz, 2007). Perbedaan mendasar dari *Cap and Trade System* adalah adanya *cap* yang diatur oleh pemerintah terkait berapa banyak emisi yang boleh diemisikan pada periode tertentu dan memiliki fitur *trade allowance*/izin mengemisikan polutan (Burtraw, Farrell, Goulder, & Peterman, 2005).

Kebijakan *Emission Offset* diketahui mampu mengurangi polusi sekaligus menguntungkan bagi perusahaan. Walaupun tidak secara signifikan mengurangi emisi dari sumber yang telah ada, namun EPA menemukan bahwa *emission offset*

lebih efektif dalam menaati dan memelihara emisi dibawah baku mutu untuk sumber baru. Kebijakan ini mampu memastikan bahwa industri tetap berkembang dengan kualitas udara yang terpelihara. Kebijakan ini juga membantu dalam perlindungan area sensitif seperti taman nasional dan hutan lindung. Juga merupakan cara yang efektif untuk mempromosikan teknologi pengendalian polusi udara yang baru dan efektif (U.S. Environmental Protection Agency, 2002). Secara bisnis, *Emission Offset* dapat memberikan keuntungan untuk perusahaan. Berdasarkan pandangan dari perusahaan teknologi bersih atau teknologi hijau, kebijakan ini membuat biaya investasi untuk implementasi teknologi hijau lebih rendah (Yang et al., 2018).

## 2. METODE PENELITIAN

### a. Air Quality Control Region / Wilayah Pengelolaan Kualitas Udara

Program atau inisiatif *Emission Offset* akan lebih tepat manfaatnya jika dilakukan pada lokasi yang spesifik. Berkaca ke Amerika, EPA sudah mampu menetapkan Wilayah Pengelolaan Kualitas Udara (WPKU)/ *Air Quality Control Region* berdasarkan pada ketaatannya terhadap baku mutu. Terdapat 3 klasifikasi yaitu *attainment area*, *non-attainment area* dan *unclassified area* (<https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-designations-process>; diakses pada tanggal 3 Desember 2018) dimana *Attainment area* yaitu area dengan kualitas udara baik dan konsentrasi polutan masih dibawah baku mutu. Sedangkan *non-attainment area* adalah area dimana kualitas udara sudah tidak sehat dengan konsentrasi polutan melebihi baku mutu dan *unclassified area* adalah area yang tidak bisa ditentukan klasifikasinya dengan basis informasi saat ini apakah menaati atau melebihi baku mutu. Istilah *offset* menunjukkan bahwa area tersebut sudah melebihi baku mutu sehingga perlu dikurangi. Kebijakan *Emission offset* adalah kebijakan untuk sumber baru atau modifikasi yang berada di lokasi *non-attainment area*.

- b. Penentuan *Emission Cap* Polutan Partikulat (PM2.5 dan PM10) berbagai system *Offset*  
*Emission Caps* biasanya ditentukan melalui proses politik yang menyeimbangkan antara *cost and benefits* dari penurunan emisi. Persetujuan terkait bagaimana menentukan *cap* sangat sulit

diubah meski perhitungan *cost and benefits* dapat diperkirakan pada negosiasi awal (Burtraw et al., 2005). Berikut adalah cap yang diterapkan oleh EPA untuk partikulat yaitu PM2.5 dan PM10 (Duke, 2012) :

- *Potensial to Emit* :  
NNSR: 100 ton per tahun  
PSD: 250/100 ton per tahun (28 jenis industri)
- Tidak semua sumber baru dihitung berdasarkan pengukuran langsung PM2.5 namun ada perhitungan dari prekursor lain seperti SO<sub>2</sub> atau NO<sub>x</sub> jika berada di area yang prekursor tersebut melampaui baku mutu
- Area non attainment untuk PM2.5 tahunan dan PM2.5 24-hour (harian) berbeda

Sumber emisi yang dapat menurunkan emisinya dibawah dari nilai Potential To Emit diatas, dapat men'jual' perमितnya sebagai ERC. Beberapa ketentuan untuk penjualan ERC adalah, jika berada di lokasi yang sangat buruk kualitas udaranya, terdapat rasio 1.5 ERC berbanding 1 Emisi (Franco, Mueller, & Spiegel, 2013). Sedangkan penentuan emission cap di negara lain yang juga menggunakan sistem *Cap and trade* untuk kebijakan emission offset dapat dilihat di negara berkembang yaitu Chile. Berdasarkan penelitian (Schreifels, 2011) kota Santiago Metropolitan merupakan *non attainment area* yang pernah mengalami episode pencemaran udara yang cukup membahayakan sehingga diperlukan pengelolaan kualitas udara salah satunya dengan *Emission Offset*.

Santiago memfokuskan pada sumber stasioner. Konsentrasi maksimum untuk PM10 ditentukan yaitu 112 mg/m<sup>3</sup> yang berdasarkan episode di area tersebut adalah konsentrasi dimana *visible smoke* muncul. Namun karena perusahaan melakukan pengenceran sehingga perhitungan untuk Emission Cap berdasarkan pada *flow rate* dari sumber stasioner (Schreifels, 2011)

$$DEP \text{ (kg/day)} = F_0 \text{ (m}^3\text{/hour)} \times C_0 \text{ (mg/m}^3\text{)} \times 10^{-6} \text{ (kg/mg)} \times 24 \text{ (hours/day)}$$

Dimana :

Data of Emissions Process (DEP) adalah emisi harian yang diperbolehkan oleh pemerintah sesuai dengan sumbernya. F<sub>0</sub> adalah debit maksimum dari gas buang berdasarkan pada ukuran unit pembakaran

C<sub>0</sub> adalah konsentrasi maksimum PM10 dari gas buang.

Pemerintah Chile kemudian menetapkan C<sub>0</sub> adalah 56 mg/m<sup>3</sup> karena merupakan 50% dari terjadinya *visible smoke*. Kemudian sumber emisi yang mampu mengemisikan polusi kurang dari nilai DEP dapat menjual surplus DEP tersebut dalam mekanisme trading. DEP yang diperjual belikan bersifat selamanya tidak untuk harian dan, musim atau tahunan sehingga reduksi emisi sumber harus dilakukan secara permanen.

### c. Penentuan Harga ERC

Untuk mendapatkan harga yang tepat, beberapa hal yang diperhitungkan adalah *supply* (ketersediaan), *demand* (*kebutuhan*), sehingga dapat memperkirakan *market clearing prices* atau harga (*Emission Reduction Credit*) ERC yang tepat dan juga dianalisa berdasarkan opini pakar, dan informasi yang tersedia di kontraktor (Franco et al., 2013). Berikut adalah contoh tabel perhitungan harga ERC dari perhitungan *supply* dan *demand*.

**Tabel 2. Harga ERC dari Perhitungan Supply dan Demand**

Credit Type	Supply	Demand	Low Range	High Range
			\$/unit	\$/unit
NOx RTC (lbs/day)	950,000	600,000	\$ 55	\$109
SOx RTC (lbs/day)	400,000	250,000	\$25	\$40
PM <sub>10</sub> ERC (lbs/day)	248	> 1,000	\$150,000	> \$400,000
SOx ERC (lbs/day)	347	> 1,000	\$75,000	> \$200,000
ROG ERC (lbs/day)	4,000	1,500	\$7,000	\$20,000

Sumber : Franco et al., 2013

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perbandingan dengan kondisi di Indonesia. Kelembagaan

Di Amerika, seluruh peraturan terkait pengelolaan kualitas udara berada di bawah payung US EPA, termasuk penentuan baku mutu, arahan program, WPKU, dan juga *emission caps* sesuai dengan yang tertulis pada Clean Air Act. Namun setiap negara/*state* mempunyai badan sendiri yang mengatur pengelolaan lingkungan di setiap negaranya yang membuat SIP (*State Implementation Plan*) (SCAQMD, 1990). Sedangkan di Chile, Kementerian yang bertanggung jawab atas proses Emission Offset adalah Kementerian Lingkungan (CONAMA) dan Kementerian Kesehatan (SEREMI) pembagian kerja antara keduanya adalah, CONAMA bertanggung jawab atas proses implementasi kebijakan *trading*, prosedur pemantauan emisi, dan pengajuan *trading*. Sedangkan SEREMI memiliki peran untuk

menentukan *trading* tersebut diterima atau ditolak atau membutuhkan informasi tambahan. Setelah proposal *trading* diterima dan diberikan berapa jumlah DEP yang diperbolehkan (Coria, Löfgren, & Sterner, 2010)

Indonesia saat ini memiliki Peraturan Pemerintah no. 46 tahun 2017 terkait Instrumen Ekonomi Lingkungan Hidup, yang salah satu tujuannya adalah untuk mengubah pola pikir dan perilaku pemangku kepentingan dalam pembangunan dan kegiatan ekonomi (Pemerintah Indonesia, 2017). Pada peraturan ini terdapat poin sistem perdagangan limbah/emisi yang kewenangannya dilakukan oleh pemerintah pusat dan daerah. Dilihat dari pengalaman Chile sepertinya kelembagaan di Indonesia cukup dengan Kementerian KLHK dibantu dengan dinas-dinas di daerah untuk melakukan kebijakan ini. Namun diperlukan institusi yang berfungsi sebagai penjaga proses transaksi ekonomi seperti OJK atau *Emission Bank* yang mampu mengvalidasi valuasi emisi dan menjaga transparansi transaksi.

#### **Kebijakan dan Regulasi**

Sebelum melaksanakan kebijakan *emission offset* atau *emission trading*, Indonesia lebih baik memiliki WPKU yang jelas agar program yang dijalankan tepat manfaat. WPKU dapat ditentukan dengan proses pemantauan kualitas udara ambien yang tepat dan tersebar diseluruh area Indonesia. Pemantauan kualitas udara ini juga yang nanti akan menjadi dasar pertimbangan pemilihan parameter

Beberapa regulasi yang bisa diadopsi dari Chile adalah untuk mengefektifkan program *emission trading* adalah dengan menyediakan bahan bakar ramah lingkungan yang banyak untuk mendorong penurunan emisi dan juga kebijakan terkait keharusan sumber emisi tertinggi memberhentikan sementara operasinya (*shutdown*) saat episode *air quality emergency* dan *pre emergency* (Schreifels, 2011). Terkait dengan proses program ERC, di Amerika dan Chile, *emission caps* akan selalu menurun. Di Chile program untuk sumber stasioner memiliki target untuk menurunkan  $C_0$  setiap tahunnya dari awalnya  $56 \text{ mg/m}^3$  menjadi  $50 \text{ mg/m}^3$  pada tahun 2000 dan menjadi  $32 \text{ mg/m}^3$  pada tahun 2005. Rasio ERC pun direncanakan berubah dari 1 banding 1 menjadi 1.2 di tahun 1998, dan 1.5 di tahun 2000 (Coria & Sterner, 2010).

#### **Teknis**

Hal yang paling penting dalam penerapan *emission offset* adalah bagaimana data emisi dapat diukur dengan tepat sehingga tidak ada pihak yang dirugikan dari transaksi. Data yang sangat dibutuhkan adalah data pengukuran emisi.

Di Amerika, program RECLAIM menggunakan banyak sekali CEMS yang memiliki data lengkap dan akurat untuk memverifikasi data setiap sumber stasioner dan memastikan data yang diterima adalah valid (Sotkiewicz, 2007). Sedangkan di Chile, sumber stasioner berupa boiler wajib memvalidasi dan mensertifikasi pengukuran emisi dan flow ratenya ke laboratorium atau badan verifikasi yang telah ditunjuk oleh SESMA (Badan dari departemen kesehatan (Schreifels, 2011).

#### **Penentuan Skala System *Emission Offset* Partikulat Indonesia**

Salah satu sektor yang paling efektif untuk dikenai kebijakan ini adalah sektor industri. Industri yang berperan sebagai sumber emisi utama di Amerika yang terkena dampak peraturan antara lain jasa elektronik, penyulingan petroleum, industri kimia anorganik, industri kimia organik, industri gas alam, pabrik kertas, manufaktur, farmasi termasuk *State* dan pemerintah daerah dan area Indian (US EPA, 2003). Sedangkan di Chile *emission offset* ini baru berlaku pada boiler-boiler besar dengan kapasitas flow rate diatas  $1,000 \text{ m}^3/\text{jam}$ . Hal ini berdasarkan pada hasil prediksi dari pemantauan pada episode pencemaran kualitas udara pada tahun 1990. Pada saat PM10 mencapai level darurat (lebih dari  $330 \text{ mg/m}^3$ ) diketahui bahwa 50% merupakan tanggung jawab dari sumber emisi stasioner terbesar di area tersebut. Hal ini juga yang membuat parameter yang difokuskan untuk *emission offset* awal adalah PM10. (Schreifels, 2011)

Data-data diatas merupakan hasil dari inventarisasi emisi pada area tersebut. Di Indonesia hal yang perlu dilakukan adalah inventarisasi emisi yang dapat dipercaya di setiap daerah. Dari inventarisasi emisi tersebut dapat diketahui sumber mana yg signifikan untuk dikelola lebih dahulu atau untuk dikenakan kebijakan *emission offset* lebih dahulu. Apakah sumber stasioner seperti di Chile atau sumber pencemar utama adalah sumber perkotaan seperti di Amerika. Pedoman Inventarisasi emisi di Indonesia baru tersedia untuk

Gas Rumah Kaca seperti untuk menghitung pencapaian target dari komitmen NDC(KLHK, 2017). Sedangkan untuk inventarisasi emisi pencemar udara sumber perkotaan sudah ada dalam bentuk *draft* (KLHK, 2013).

#### Perhitungan *Emission Cap* Indonesia

Jika berkaca pada perhitungan dari Chile, maka di Indonesia dapat juga dilakukan perhitungan untuk *emission cap* untuk partikulat baik itu PM<sub>2.5</sub> ataupun PM<sub>10</sub>. Walaupun tidak pernah terjadi episode pencemaran kualitas udara, pendekatan nilai ambang batas dapat dilakukan dengan nilai baku mutu ataupun data time series dari hasil pemantauan parameter-parameter tersebut.

Perhitungannya menggunakan persamaan dibawah ini.

$$DEP \text{ (kg/day)} = F_o \text{ (m}^3\text{/hour)} \times C_o \text{ (mg/m}^3\text{)} \times 10^{-6} \text{ (kg/mg)} \times 24 \text{ (hours/day)}$$

Dengan mengasumsikan bahwa konsentrasi maksimum menyesuaikan dengan baku mutu emisi sumber tidak bergerak berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup (Pemerintah Indonesia, 2007) maka nilai DEP dari setiap jenis sumber tidak bergerak akan didapatkan kemudian sebagai *Cap*, kemudian proses *trade* dapat dilakukan dengan pengawasan OJK, dan KLHK.

#### 4. SIMPULAN

Beberapa poin yang bisa disimpulkan dari analisa diatas antara lain:

1. *Emission offset* adalah kebijakan yang tepat dilakukan pada lokasi yang kualitas udaranya sudah diketahui buruk atau *Non Attainment Area*
2. Institusi kelembagaan di Indonesia yang dapat memiliki kewenangan untuk berkoordinasi melakukan Emission Offset antaral lain KLHK, OJK, dan Pemerintah Daerah
3. Emission cap di Indonesia untuk sektor sumber stasioner dapat dihitung dengan sudah tersedianya Baku Mutu Emisi Sumber tidak bergerak.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Burtraw, D., Farrell, A. E., Goulder, L. H., & Peterman, C. (2005). Chapter 5: Lessons for a cap-and-trade program.
- CONAMA Metropolitana de Santiago (2004b). Actualización del Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana (PPDA).
- Coria, J., Löfgren, Å., & Sterner, T. (2010). To trade or not to trade: Firm-level analysis of emissions trading in Santiago, Chile. *Journal of Environmental Management*, 91(11), 2126–2133. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.05.015>
- Coria, J., & Sterner, T. (2010). Tradable permits in developing countries: Evidence from air pollution in Chile. *Journal of Environment and Development*, 19(2), 145–170. <https://doi.org/10.1177/1070496509355775>
- Duke, G. (2012). Particulate Matter and NSR Permitting in Maryland and Delaware Today ' s Discussion.
- European Commission. (2015). The EU Emission Trading System, (July). <https://doi.org/10.2834/55480>
- Franco, G., Mueller, M., & Spiegel, L. (2013). FINAL PROJECT REPORT IMPACTS OF SHORT - TERM , INTERBASIN , AND INTERPOLLUTANT CREDIT TRADING ON.
- Hindarto, D. E., Samyanugraha, A., & Nathalia, D. (2018). Pengantar Pasar Karbon untuk Pengendalian Perubahan Iklim, 119. <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>; diakses 1 Desember 2018
- <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-designations-process>; diakses pada tanggal 3 Desember 2018
- <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>; diakses 1 Desember 2018
- <https://www.ourair.org/erc-guide/>, diakses 1 Desember 2018
- KLHK. (2013). Pedoman teknis penyusunan inventarisasi emisi pencemar udara di perkotaan. *Pedoman Teknis Penyusunan Inventarisasi Emisi Pencemar Udara Di Perkotaan*.
- KLHK. (2017). Laporan Inventarisasi GRK. Peraturan Pemerintah No.41 tahun 1999 tentang Baku Mutu Kualitas Udara Ambien
- Pemerintah Indonesia. (2007). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup no. 7 tahun 2007 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak.
- Pemerintah Indonesia. (2017). Peraturan Pemerintah No. 46 Tahun 2017 Tentang Instrumen Ekonomi Lingkungan Hidup.
- SCAQMD. (1990). Chapter 6 Federal and State Clean Air Act Requirements.
- Schreifels, J. J. (2011). Emissions Trading in Santiago, Chile: A Review of the Emission Offset Program of Supreme Decree No. 4. *Ssrn*, 1–13. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1910156>

- Sotkiewicz, P. M. (2007). Emissions Trading. *Encyclopedia of Energy Engineering and Technology*, 430–437.
- Sousan, S., Koehler, K., Hallett, L., & Peters, T. M. (2016). Evaluation of the Alphasense optical particle counter (OPC-N2) and the Grimm portable aerosol spectrometer (PAS-1.108). *Aerosol Science and Technology*, 50(12), 1352–1365.  
<https://doi.org/10.1080/02786826.2016.1232859>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2002). New Source Review: Report To The President.
- U.S. EPA. (2018). Terminology Services - Terminology and Acronyms Report Terminology Services - Terminology and Acronyms Report, 1074, 1–6.
- US EPA. (2003). Final Rule for Implementation of The New Source Review (NSR) Program for Particulate Matter Less than 2.5 Micrometers, 6–8.  
<https://doi.org/10.16309/j.cnki.issn.1007-1776.2003.03.004>
- WHO. (2005). WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide.
- World Health Organization. (2011). Air quality and health. *Factsheet No. 313*, (3), 5–6. Retrieved from  
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/index.html>
- Yang, W., Pan, Y., Ma, J., Zhou, M., Chen, Z., & Zhu, W. (2018). Optimization on emission permit trading and green technology implementation under cap-and-trade scheme. *Journal of Cleaner Production*, 194, 288–299.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.123>