

## **KAJIAN INVENTARISASI DAN ESTIMASI UPAYA PENURUNAN EMISI KARBON DIOKSIDA DI PLTU SURALAYA UNIT 1–7, BANTEN**

Danti Fadhila Rizki, Hernani Yulinawati, Mawar D.S. Silalahi  
Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan,  
Universitas Trisakti, Kampus A, Jl. Kyai Tapa No.1, Ged. K, Lt. 7, Jakarta 11440  
E-mail: dantifadhilarizki@gmail.com, hernani.yulinawati@gmail.com,  
mawarsilalahi@gmail.com

### **Abstrak**

PLTU Suralaya merupakan pembangkit listrik batubara terbesar di Indonesia terdiri dari 7 unit dengan total kapasitas 3.400MW (Unit 1–4 masing-masing 400MW, Unit 5–7 masing-masing 600MW). Masalahnya PLTU batubara mengemisikan sejumlah besar GRK khususnya CO<sub>2</sub> sehingga perlu diupayakan penurunan emisinya. Penelitian bertujuan untuk mengetahui beban emisi GRK (CO<sub>2</sub>) Unit 1–7 tahun 2010–2014; estimasi emisi CO<sub>2</sub> tahun 2015–2024; dan upaya penurunan emisi CO<sub>2</sub> yang dapat dilakukan. Metode penelitian mengacu pada IPCC-GL-2006 untuk perhitungan beban emisi dan UN-FCCC metode AM0061 ver.02.1 untuk perhitungan penurunan emisi. Hasil penelitian menunjukkan emisi CO<sub>2</sub> total Unit 1–7 tahun 2010–2014 sebesar 112.165.480 ton. Intensitas emisi CO<sub>2</sub> tertinggi pada Unit 3 sebesar 1.152 ton/MWh. Faktor-faktor yang mempengaruhi emisi CO<sub>2</sub> adalah kualitas batubara yang digunakan, efisiensi peralatan pembangkit, dan umur ekonomis pengoperasian peralatan. Estimasi emisi CO<sub>2</sub> pada kondisi BaU tahun 2015–2024 mencapai 250.708.682 ton. Upaya rehabilitasi unit dengan menaikkan efisiensi proses pembakaran 1% diestimasi mampu menurunkan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 18% yaitu rata-rata 183.826 tonCO<sub>2</sub>/tahun (total 735.304 tonCO<sub>2</sub>/tahun Unit 1–4) dan 263.887 tonCO<sub>2</sub>/tahun (total 791.664 tonCO<sub>2</sub>/tahun Unit 5–7). Upaya ini tergolong proyek CDM dalam Kyoto Protokol. Teknologi CCS pasca-pembakaran dapat menurunkan emisi CO<sub>2</sub> hingga 80% dengan rata-rata 2.443.493 tonCO<sub>2</sub>/tahun (Unit 1–4) dan 3.745.727 tonCO<sub>2</sub>/tahun (Unit 5–7).

*Kata Kunci: Inventarisasi Emisi, CO<sub>2</sub>, PLTU, rehabilitasi, CCS*

### **Pendahuluan**

Dalam upaya pemenuhan kebutuhan energi, maka dibangun pembangkit listrik dari berbagai sumber daya alam (air, panas bumi, batubara, dan lainnya). Batubara merupakan salah satu alternatif energi primer yang digunakan sebagai bahan baku karena cadangan batubara di Indonesia cukup melimpah diperkirakan sebesar 4.968 juta ton atau 0,55% dari total cadangan batubara dunia (Jauhary, 2007). Menyadari tingginya kebutuhan energi listrik, PT PLN (Persero) telah membangun Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) – Unit Bisnis Pembangkitan (UBP) di Suralaya, Kecamatan Pulo Merak, Serang, Banten yang dioperasikan oleh PT Indonesia Power menggunakan bahan bakar utama batubara. PLTU Suralaya terdiri dari Unit 1, 2, 3 dan 4 masing-masing berkapasitas 400MW serta Unit 5, 6, dan 7 masing-masing berkapasitas 600MW.

Berdasarkan Status Lingkungan Hidup Indonesia 2010, kontribusi kegiatan PLTU terhadap pencemar udara berupa karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sebesar 11.279,621 ton/tahun (Kementerian Lingkungan Hidup, 2010). Gas CO<sub>2</sub> merupakan salah satu gas rumah kaca (GRK) yang diyakini memberi andil paling besar terhadap peningkatan rata-rata suhu bumi. Dalam rangka penurunan emisi GRK maka telah dikeluarkan Peraturan Presiden No.61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK) dan Peraturan Presiden No.71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional. Indonesia menargetkan penurunan emisi GRK agar dapat mencapai sebesar 26% dari tingkat *Business as Usual* (BaU) dengan usaha sendiri yang akan dicapai pada tahun 2020 atau 41% apabila mendapat dukungan internasional.

### Tinjauan Pustaka

Salah satu GRK utama adalah CO<sub>2</sub>. Meskipun CO<sub>2</sub> tidak menjebak panas seefektif GRK lainnya, volume emisi CO<sub>2</sub> ke atmosfer sangat tinggi, terutama dari pembakaran bahan bakar fosil. Pengukuran dari inti es Antartika menunjukkan bahwa sebelum Revolusi Industri dimulai, fraksi mol CO<sub>2</sub> di atmosfer sekitar 280 bagian per juta (ppm), dan selama sepuluh ribu tahun berkisar antara 260 dan 280 ppm. Namun sejak tahun 1900-an fraksi mol CO<sub>2</sub> di atmosfer telah meningkat sekitar 35%, naik menjadi 387 ppm pada tahun 2009. Data terbaru juga menunjukkan bahwa konsentrasi meningkat pada tingkat yang lebih tinggi. Pada tahun 1960, peningkatan tahunan rata-rata hanya 37% dari peningkatan pada tahun 2000–2007. Saat ini stok karbon di atmosfer meningkat lebih dari 3 juta ton per tahun (0,04%). Karena CO<sub>2</sub> menghasilkan proporsi emisi GRK gas yang tinggi, mengurangi emisi CO<sub>2</sub> sangat penting dalam mengatasi efek rumah kaca dan pemanasan global (IPCC, 2006).

Pada tahun 1992, PBB mendirikan *Framework Convention on Climate Change* (UN-FCCC) yang merupakan institusi internasional untuk menangani masalah pemanasan global. Saat itu 74 negara menandatangani kesepakatan untuk melaporkan kondisi emisi GRK di negara masing-masing. Namun kesepakatan untuk mengurangi emisi ini hanya bersifat sukarela dan belum ada sanksi bagi yang melanggarnya. Masalah pemanasan global baru mendapat perhatian dunia setelah pertemuan *Conferece of the Parties* (COP) III di Kyoto tahun 1997 yang diadakan oleh UN-FCCC. Pertemuan ini menghasilkan Kyoto Protocol yang berisi kewajiban bagi negara maju yang disebut Annex I Countries untuk mengurangi emisi GRK sebesar 5% dibawah level tahun 1990 pada periode 2008 sampai 2012.

Protokol Kyoto membuat terboosan untuk membantu negara maju mengurangi emisi GRK dengan mekanisme yang sering disebut *flexible mechanism*, yaitu:

1. *Joint Implementation* (JI) yang merupakan perjanjian bilateral antara dua institusi di negara maju untuk menjalankan proyek mitigasi emisi GRK. Salah satu proyek percontohnya adalah *Activities Implemented Jointly* (AIJ).
2. *International Emission Trading* (IET) yang merupakan pertukaran kredit emisi atau batas emisi yang diijinkan antar negara maju, baru bisa dilakukan setelah tahun 2008.
3. *Clean Development Mechanism* (CDM) yang merupakan proyek kerjasama antara negara maju yang akan mengurangi emisi GRK-nya dengan negara berkembang. Baik institusi swasta maupun publik di suatu negara dapat menggunakan mekanisme ini. Maka CDM merupakan alternatif yang dapat digunakan oleh negara berkembang seperti Indonesia.

Konferensi perubahan iklim tahunan ini telah sampai pada COP21 yang diadakan di Paris, 30 November–12 Desember 2015 dan dihadiri 195 negara di dunia. Hasil pertemuan ini adalah Perjanjian Paris yang mengatur langkah-langkah pengurangan perubahan iklim dari tahun 2020. Tujuan COP21 untuk mencapai kesepakatan yang mengikat secara hukum, dengan partisipasi semua bangsa, terhadap pemanasan global dengan menjaga peningkatan rata-rata suhu global di bawah ambang 2°C.

Emisi CO<sub>2</sub> per satuan kalori dari batubara adalah yang terbanyak dibandingkan dengan bahan bakar fosil lainnya. Perbandingan batubara, minyak, dan gas adalah 5:4:3. Kenaikan efisiensi panas sebesar 1% dapat menurunkan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 2,5%. Maka efisiensi panas yang meningkat dapat mengurangi beban lingkungan secara signifikan akibat pembakaran batubara. Jadi teknologi pembakaran (*combustion technology*) merupakan bagian utama dalam upaya peningkatan efisiensi pemanfaatan batubara secara langsung sekaligus upayaantisipasi isu lingkungan ke depannya (Imam, 2009).

Teknik penangkapan CO<sub>2</sub> umumnya terdiri dari tiga proses. Teknik yang pertama dan saat ini sudah merupakan teknologi yang matang (IPCC, 2009) adalah teknik penangkapan pasca-pembakaran. Gas CO<sub>2</sub> ditangkap dan dipisahkan dengan gas-gas lainnya dari gas emisi dari proses pembakaran (sehingga dinamakan teknik pasca-pembakaran) batubara di PLTU. Proses penangkapan CO<sub>2</sub> ini dilakukan pada tahap akhir pengeluaran *flue gas*. Hal ini memerlukan bahan absorben kimia dikombinasikan dengan proses mekanikal. Absorben yang sering digunakan adalah amin atau karbonat yang akan mengikat CO<sub>2</sub> sekitar 80-95% pada proses pasca-pembakaran ini (IPCC).

### Metodologi Penelitian

Data yang digunakan adalah data sekunder periode lima tahun (2010–2014) yang diperoleh dari PLTU Suralaya yang terdiri dari data konsumsi batubara, nilai kalor batubara, efisiensi thermal, produksi listrik dan data kandungan batubara. Data tersebut digunakan untuk perhitungan beban emisi dengan rumus yang mengacu pada IPCC Guideline 2006 (IPCC–GL–2006).

$$\text{Emisi GRK } \left( \frac{\text{kg}}{\text{tahun}} \right) = \text{Konsumsi Energi } \left( \frac{\text{TJ}}{\text{tahun}} \right) \times \text{Faktor Emisi } \left( \frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right) \quad (1)$$

$$\text{Konsumsi Energi (TJ)} = \text{Konsumsi Energi (sat. fisik)} \times \text{Nilai Kalor } \left( \frac{\text{TJ}}{\text{sat. fisik}} \right) \quad (2)$$

Untuk mengetahui emisi CO<sub>2</sub> dari sektor energi diperlukan perhitungan intensitas emisi CO<sub>2</sub> untuk mengetahui besarnya emisi yang dihasilkan dari hasil produksi listrik. Metode perhitungan yang digunakan mengacu pada Petunjuk Teknis Perhitungan Emisi GRK di Sektor Industri.

$$\text{Intensitas Emisi CO}_2 \text{ (Ton/MW)} = \frac{\text{Total Emisi CO}_2 \left( \frac{\text{Ton}}{\text{tahun}} \right)}{\text{Produksi Listrik (MWh/tahun)}} \quad (3)$$

Perhitungan penurunan emisi GRK yang dilakukan dengan menggunakan metodologi proyek skala besar dengan mekanisme CDM menggunakan metode AM0061 versi 02.1 (UNFCCC) berdasarkan kegiatan PLTU, yaitu “*Methodology for rehabilitation and/or energy efficiency improvement in existing power plants*”.

### Hasil dan Pembahasan

Batubara yang digunakan PLTU Suralaya berjenis *sub-bituminous*. Pengujian kualitas batubara berdasarkan analisis ultimat dan proksimat menggunakan peralatan *Gas Chromatography–Mass Spectrophotometer* (GC–MS) di Laboratorium Batubara PLTU Suralaya dapat dilihat pada Tabel 1

<b>Tabel 1. Analisis Ultimat dan Proksimat Batubara</b>			
<b>Analisis Ultimat</b>	<b>%adb</b>	<b>Analisis Proksimat</b>	<b>%adb</b>
Total Sulfur	2,81	Kadar Abu	44,61
Karbon	51,38	Total Moisture	24,23
Hidrogen	5,12		
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	1,4		
Oksigen (O <sub>2</sub> )	39,29		

Perhitungan persentase komposisi dari gas buang dalam laju alir 992,3 m<sup>3</sup>/detik diperoleh 13,71% CO<sub>2</sub>, 14% H<sub>2</sub>O, 0,26% O<sub>2</sub>, 0,24% sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dan 57,78% N<sub>2</sub>. Perhitungan yang dilakukan adalah berdasarkan pemakaian bahan bakar batubara sebagai bahan bakar utama dan bahan bakar *High Speed Diesel* (HSD) untuk proses *start up*. Pada Unit 1 dan 2 tergabung dalam satu cerobong, Unit 3 dan 4 tergabung dalam satu cerobong, dan Unit 5–7 masing-masing memiliki satu cerobong sehingga

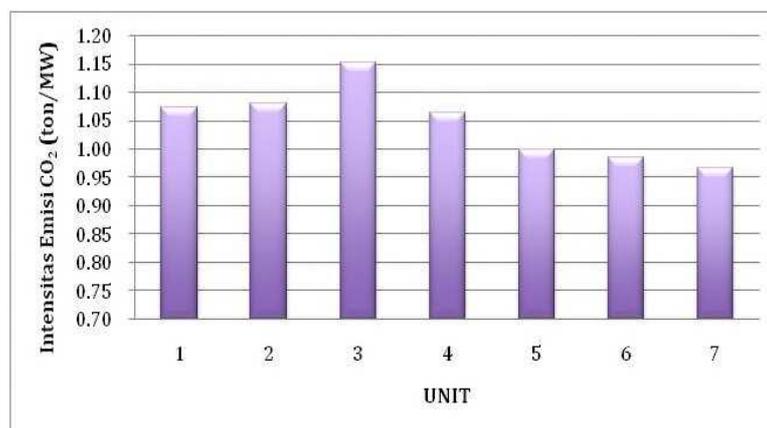
dikatakan *single stack*. Hasil perhitungan menunjukkan kandungan CO<sub>2</sub> pada gas buang Unit 1–7 berkisar 13% sesuai perhitungan persentase komposisi di atas.

Jumlah batubara dan diesel yang dikonsumsi berfluktuatif. Jumlah konsumsi batubara yang besar akan membutuhkan bahan bakar diesel yang relatif lebih kecil. Namun beberapa tahun di Unit 1 dan 3 konsumsi batubara yang besar juga menggunakan bahan bakar diesel yang besar. Tidak ada korelasi secara keseluruhan antara kedua bahan bakar tersebut karena diesel hanya digunakan saat proses *start up*. Jika bahan bakar batubara yang dikonsumsi tinggi, maka kemungkinan kecil boiler akan mati. Boiler akan dimatikan ketika proses *over haul* terjadi. *Over haul* adalah kegiatan pembongkaran mesin/komponen pada unit dan akan diperiksa dengan sangat teliti agar didapat data yang valid sehingga dapat dilakukan langkah tepat untuk perbaikan selanjutnya. Tabel 2 menyajikan beban emisi CO<sub>2</sub> pada Unit 1–7 pada tahun 2010–2014.

**Tabel 2. Emisi Total CO<sub>2</sub>(ton/tahun) Unit 1–7**

Thn	Masing-masing 400MW				Masing-masing 600MW		
	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4	Unit 5	Unit 6	Unit 7
2010	2.666.600	2.367.982	2.077.721	2.350.407	3.854.661	4.010.639	3.923.552
2011	1.748.977	1.910.096	3.205.084	3.038.899	4.693.002	4.420.789	4.182.894
2012	1.907.162	2.292.220	2.630.930	2.554.304	4.070.379	3.935.335	4.048.618
2013	2.947.625	1.829.951	3.087.114	2.627.535	4.331.590	4.145.278	3.432.109
2014	2.179.461	3.080.295	1.916.791	2.695.049	4.386.807	4.330.951	4.283.672

Dalam perhitungan emisi GRK perlu dilakukan perhitungan intensitas emisi untuk mengetahui besarnya emisi yang dihasilkan dari hasil produksi listrik karena pada tiap unit menghasilkan produksi listrik yang berbeda-beda. Faktor utama yang mempengaruhi emisi CO<sub>2</sub> dari pembangkitan energi listrik adalah kebutuhan energi, jenis bahan bakar yang digunakan, nilai kalor bahan bakar dan efisiensi termal pembangkit listrik. Secara umum, intensitas CO<sub>2</sub> dipengaruhi oleh tiga komponen yaitu intensitas pengguna akhir energi, jenis bahan bakar, dan emisi per satuan energi listrik yang diproduksi. Hasil perhitungan intensitas emisi CO<sub>2</sub> dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Intensitas Beban Emisi CO<sub>2</sub>(ton/MW) Unit 1–7

Rata-rata intensitas emisi CO<sub>2</sub> Unit 1–7 berurutan adalah 1,074;1,079; 1,152; 1,063; 0,999; 0,984; dan 0,966 ton/MWh. Unit 3 memiliki angka intensitas emisi CO<sub>2</sub> tertinggi. Hal ini dapat disebabkan konsumsi bahan bakar yang tinggi, namun produksi listrik yang dihasilkan rendah. Produksi listrik yang rendah dapat dipicu dari kurang optimalnya atau menurunnya efisiensi unit dalam mengkonversi uap panas (*steam*) menjadi listrik. Dilihat dari usia, pembangkit Unit 1–4 terbilang cukup tua telah beroperasi sekitar 1984, sedangkan Unit 5–7 mulai beroperasi sekitar tahun 1996. Nilai kalor

batubara juga mempengaruhi kualitas pembakaran. Nilai kalor yang rendah akan menghasilkan emisi yang rendah pula. Faktor lain yang mempengaruhi juga adalah jenis batubara yang digunakan.

Upaya penurunan emisi CO<sub>2</sub> dengan penggantian bahan bakar yang dimaksud adalah penggantian jenis batubara yang digunakan. Beberapa jenis batubara yaitu antrasit, bituminous, sub-bituminous dan lignit. Masing-masing memiliki nilai kalor yang berbeda. Nilai kalor dalam batubara menunjukkan nilai panas yang terkandung serta kadar karbon dalam batubara. Hasil estimasi emisi CO<sub>2</sub> dari perubahan jenis batubara dapat dilihat pada Tabel 3. Perbedaan estimasi emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan cukup signifikan. Antrasit merupakan jenis batubara yang paling baik dengan kandungan karbon tinggi serta nilai kalor tinggi, pembakaran yang dihasilkan akan cepat namun emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan juga akan semakin tinggi. Lignit menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> paling rendah karena nilai kalor dan karbon yang terkandung di dalamnya cenderung lebih rendah dan lignit masuk dalam kategori jenis batubara dengan ranking paling rendah.

**Tabel 3. Hasil Estimasi Emisi CO<sub>2</sub> Unit 1–7 berdasarkan Jenis Batubara**

Tahun	Emisi Total CO <sub>2</sub> (ton/tahun)			
	Sub-bituminous	Antrasit	Bituminous	Lignit
2020	48.219.247	72.759.923	63.029.865	43.819.021
2021	49.236.986	74.140.055	64.225.935	44.651.681
2022	50.136.046	75.501.843	65.403.659	45.465.996
2023	51.009.985	76.838.303	66.556.057	46.254.983
2024	51.921.461	78.212.217	67.745.909	47.081.425

Kandungan karbon dalam jenis batubara sub-bituminous tergolong baik sehingga PLTU Suralaya tidak perlu mengganti jenis batubaranya karena estimasi beban emisi CO<sub>2</sub> sub-bituminous masih dibawah antrasit dan bituminous. Emisi CO<sub>2</sub> sub-bituminous dan lignit tidak berbeda jauh. Cadangan batubara terbesar di Indonesia adalah jenis lignit sebesar 45%, namun dilihat dari kandungan air yang tinggi pada lignit dapat menurunkan performa boiler maka perlu di tambahkan teknologi untuk pengeringan batubara (*coal dryer*) sebelum diproses dalam boiler dan selanjutnya ditransfer untuk memutar turbin.

Upaya penurunan emisi CO<sub>2</sub> dalam proses produksi yaitu dengan kegiatan rehabilitasi. Rehabilitasi bertujuan untuk meningkatkan efisiensi termal pada unit-unit di PLTU sehingga performa unit tetap terjaga. Lingkup rehabilitasi yang dilakukan meliputi boiler, turbin dan generator. Kegiatan yang dilakukan yaitu dengan *upgrade* pada tungku pembakaran (*coal burner*) yang ada dengan perubahan peralatan yang digunakan, *upgrade* boiler dengan desain yang lebih baik, mengoptimalkan kinerja sistem, perawatan, perbaikan dan perubahan komponen pada pemanas udara (*air heater*). Kegiatan rehabilitasi harus dimulai dengan analisis lengkap dari operasional yang ada, masalah yang ada termasuk batas emisi yang dikeluarkan dari PLTU Suralaya.

Perhitungan kegiatan rehabilitasi yang dilakukan menggunakan metode AM0061 CDM dari UNFCCC dengan data historis lima tahun (2010–2014). Tabel 4 menunjukkan hasil estimasi penurunan emisi CO<sub>2</sub> pada Unit 1–7 dari kegiatan rehabilitasi. Emisi baseline (EB) merupakan estimasi emisi CO<sub>2</sub> bila tidak ada upaya penurunan dengan kegiatan rehabilitasi. Emisi proyek (EP) merupakan estimasi emisi CO<sub>2</sub> bila dilaksanakan upaya penurunan dengan kegiatan rehabilitasi pada boiler dan turbin generator. Reduksi emisi (RE) merupakan selisih emisi baseline dan emisi proyek yang menjelaskan hasil emisi setelah dilakukan kegiatan rehabilitasi. Pada Unit 1–4 rata-rata penurunan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 183.826 tCO<sub>2</sub>/tahun untuk kapasitas 400MW. Pada Unit 5–7 rata-rata penurunan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 263.887 tCO<sub>2</sub>/tahun untuk kapasitas 600MW (Tabel 5).

Ada tiga pilihan teknologi penangkapan karbon, yaitu pasca-pembakaran (*post-combustion*), pra-pembakaran (*pre-combustion*), dan *oxy fueling*. Upaya penurunan emisi CO<sub>2</sub> dengan teknologi penangkapan CO<sub>2</sub> yang memungkinkan untuk PLTU eksisting seperti PLTU Suralaya adalah dengan teknik penangkapan pasca-pembakaran.

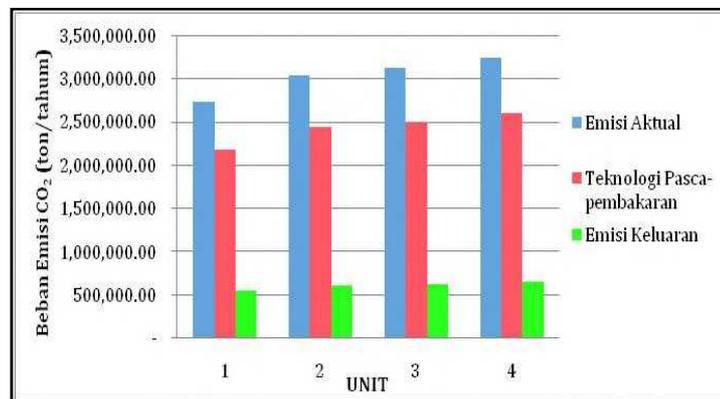
**Tabel 4. Estimasi Penurunan Emisi CO<sub>2</sub> (ton/tahun) dengan Rehabilitasi Unit 1–7**

Unit	Tahun 2020		
	Emisi Baseline (EB)	Emisi Proyek (EP)	Reduksi Emisi (RE)
1	2.259.055,36	2.120.257,03	138.798,33
2	2.681.769,71	2.439.340,13	242.429,58
3	2.443.996,93	2.280.824,08	163.172,85
4	2.616.070,42	2.425.167,14	190.903,28
5	4.275.099,12	3.961.605,67	313.493,45
6	4.113.396,51	3.872.624,88	240.771,63
7	3.926.633,88	3.689.234,01	237.399,87

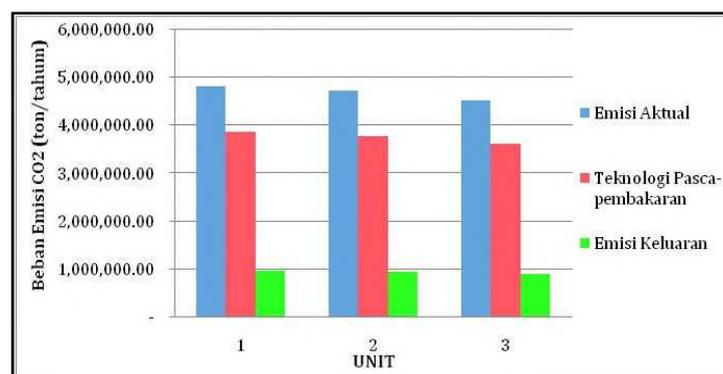
**Tabel 5. Total Reduksi Emisi CO<sub>2</sub> Tiap Unit dalam 5 Tahun**

Unit	1	2	3	4	5	6	7
tCO <sub>2</sub> (5tahun)	693.992	1.212.148	815.864	954.516	1.567.467	1.203.858	1.186.999

Tahapan proses teknologi *carbon capture sorage* (CCS) ini ada tiga tahap yaitu penangkapan (*capturing*), pemindahan (*transporting*) dan penyimpanan (*storing*). Pada prinsipnya CO<sub>2</sub> yang telah dipisahkan akan diinjeksikan ke suatu tempat penyimpanan yang dapat berupa lahan di bawah tanah atau di bawah laut. Banyak hal terkait penyimpanan CO<sub>2</sub>, salah satu dampak yang mungkin terjadi adalah kebocoran saat proses pemindahan yang berisiko global dan lokal pada manusia maupun ekosistem.



Gambar 2. Estimasi Penurunan Beban Emisi CO<sub>2</sub> CCS Unit 1–4 Tahun 2020–2024



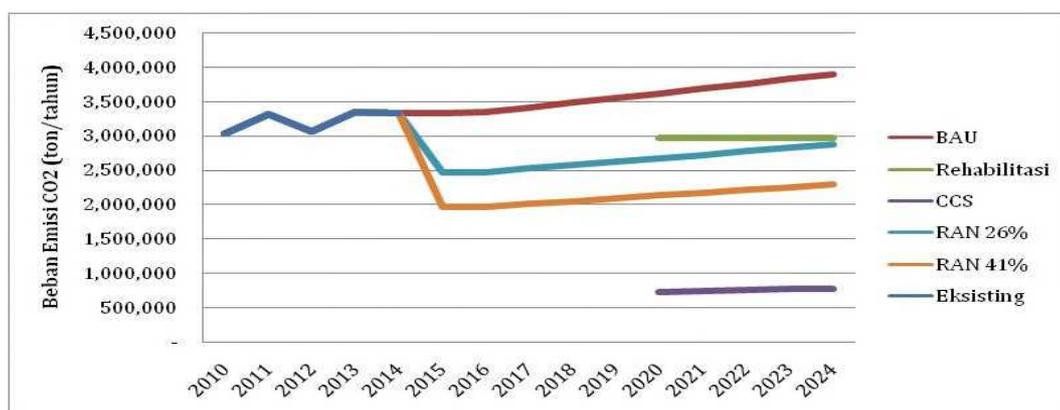
Gambar 3. Estimasi Penurunan Beban Emisi CO<sub>2</sub> CCS Unit 5–7 Tahun 2020–2024

Gambar 2 dan 3 merupakan grafik estimasi penurunan beban emisi CO<sub>2</sub> dengan teknologi CCS pada Unit 1–4 dan Unit 5–7. Pada Unit 1–7 secara berurutan emisi CO<sub>2</sub> dapat menurun menjadi 544.973, 608.303, 642.125, 648.091, 962.579, 942.801 dan 903.915 tCO<sub>2</sub>/tahun. Rata-rata penurunan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 2.443.493 tCO<sub>2</sub>/tahun untuk kapasitas 400MW dan 3.745.727 tCO<sub>2</sub>/tahun untuk kapasitas 600MW.

Beberapa negara maju seperti Jepang telah melakukan riset untuk memisahkan CO<sub>2</sub> dari gas buang dengan cara seperti pada pemisahan SO<sub>2</sub> dan nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>). Pemisahan yang menggunakan absorben campuran bahan kimia amino ini memerlukan energi sebesar seperempat dari energi listrik yang digunakan dan membutuhkan biaya yang tidak sedikit karena memerlukan desain alat yang harus terintegrasi. Penerapan CCS pertama dalam sektor PLTU batubara dilakukan di Kanada (IEA, 2014). Salah satu teknologi alternatif pengembangan dari konsep CCS itu sendiri yaitu *Integrated Gasification Combined Cycle* (IGCC) yang merupakan perpaduan teknologi gasifikasi batubara terintegrasi dan proses pembangkitan uap. IGCC biasa dikenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) adalah teknologi yang termasuk dalam teknik penangkapan pra-pembakaran. IGCC juga dapat mereduksi emisi dari NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> dan particulate matter (PM). Saat ini teknologi IGCC sudah dikembangkan seperti di negara China, Jerman, Jepang, Belanda dan Amerika Serikat. Di Indonesia telah dibangun PLTGU dengan kapasitas 1.200MW di Pluit Jakarta Utara, 531MW di Priok, 452MW di Semarang dan 2.280MW di Jawa Timur.

Upaya penurunan emisi CO<sub>2</sub> yang dilakukan akan berdampak positif pada lingkungan khususnya pada isu perubahan iklim global. Menurut laporan resmi *Second National Communication*, total GRK Indonesia pada tahun 2000 sebesar 1.415,9 juta ton CO<sub>2</sub> ekuivalen dan meningkat 17% pada tahun 2005 menjadi sebesar 1.711,4 juta ton CO<sub>2</sub> ekuivalen. Sektor energi menyumbang lebih dari 20% dari total emisi GRK. Pada COP21 di Paris, Indonesia menargetkan penurunan emisi GRK sebesar 29% di tahun 2030. Komitmen Indonesia dalam agenda ini dijelaskan dalam *Intended Nationally Determined Contributions* (INDC) atau komitmen nasional semua negara terhadap perubahan iklim. Persentase penurunan yang ditargetkan meningkat dari sebelumnya 26% yang dicapai 2015–2020.

Gambar 4 menunjukkan perbandingan proyeksi estimasi penurunan emisi CO<sub>2</sub> dari masing-masing skenario yang digunakan dengan RAN-GRK. Upaya penurunan emisi GRK khususnya CO<sub>2</sub> yang dilakukan PLTU Suralaya dengan program CDM yaitu kegiatan rehabilitasi pada unit di PLTU Suralaya dan teknologi penangkapan CO<sub>2</sub> dengan teknik pasca-pembakaran.



(Ket: BaU = *Business as Usual*, Rehabilitasi= kegiatan/proyek upaya penurunan emisi, CCS = *Carbon Capture and Storage* pasca-pembakaran, RAN= Rencana Aksi Nasional)

#### Gambar 4. Grafik Perbandingan Estimasi Penurunan Emisi CO<sub>2</sub> dengan RAN-GRK

Dalam kondisi BaU yang berarti tidak dilakukan upaya apapun dalam pengurangan emisi CO<sub>2</sub> maka emisi CO<sub>2</sub> diestimasi dapat mencapai sebesar 3.900.000 ton. Untuk kegiatan rehabilitasi yang dapat dilakukan memang belum mencapai 26% namun kegiatan rehabilitasi ini dilihat cukup berkontribusi besar sebab kenaikan efisiensi sebesar 1% telah dapat menurunkan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 18% dari kondisi BaU. Untuk teknologi penangkapan CO<sub>2</sub> dengan teknik pasca-pembakaran dapat menurunkan hingga 80% dari kondisi BaU, namun di negara berkembang seperti Indonesia teknologi ini masih dalam tahap penelitian dan perlu dikaji penerapannya untuk jangka panjang.

#### Kesimpulan

- a) Total emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan PLTU Suralaya selama lima tahun (2010–2014) sebesar 112.165.480 ton, secara berurutan dari Unit 1–7 sebesar 11.449.828 ton, 12.480.543 ton, 12.917.638 ton, 13.266.193 ton, 21.337.438 ton, 20.842.992 ton, dan 19.870.844 ton.
- b) Intensitas emisi tertinggi pada Unit 3 sebesar 1,152 ton/MWh menunjukkan bahwa emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan lebih besar dibandingkan produksi listrik yang dihasilkan.
- c) Estimasi emisi CO<sub>2</sub> jika tidak terjadi upaya penurunan atau pada kondisi BaU tahun 2015–2024 ketujuh unit akan mencapai 250.708.682 ton.
- d) PLTU Suralaya tidak perlu mengganti jenis batubara karena sub-bituminous tergolong batubara bersih.
- e) Kegiatan rehabilitasi dapat menurunkan emisi CO<sub>2</sub> hanya dengan mengasumsikan kenaikan efisiensi thermal pada peralatan boiler sebesar 1%. Rata-rata penurunan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 183.826 tCO<sub>2</sub>/tahun pada Unit 1–4 dan sebesar 263.887 tCO<sub>2</sub>/tahun pada Unit 5–7.
- f) Upaya penurunan emisi CO<sub>2</sub> dengan teknologi CCS dapat mereduksi emisi CO<sub>2</sub> hingga 80% sehingga Unit 1–7 secara berurutan mengeluarkan emisi CO<sub>2</sub> rata-rata sebesar 544.973, 608.303, 625.787, 648.091, 962.579, 942.801 dan 903.915 ton/tahun dari kondisi BaU.
- g) Berdasarkan target penurunan emisi GRK sebesar 26% dari kondisi BaU, maka upaya penurunan dengan kegiatan rehabilitasi menaikkan efisiensi 1% mampu menurunkan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 18%, sedangkan teknologi CCS mampu menurunkan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 80%.

#### Daftar Pustaka

Deputi Bidang Tata Lingkungan, 2012, *Pedoman Umum Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional*. Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia, Jakarta.

Deputi Bidang Tata Lingkungan, 2012, *Metodologi Perhitungan Tingkat Emisi GRK Pengadaan dan Penggunaan Energi*, Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia, Jakarta.

International Energy Agency (IEA), 2014, *Carbon Capture and Storage: The Solution for Deep Emissions Reductions*, <http://www.iea.org/>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006, General Guidance and Reporting. *Journal of IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, 1(2006) chapter 1 page 1.5.

Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, 2009, *Kajian Emisi CO<sub>2</sub> dari Pembakaran Batubara di Indonesia*, Bandung.