

EMISI CO₂ DARI SEKTOR PEMBANGKIT DAYA LISTRIK DI INDONESIA DAN PELUANG REDUKSINYA.

Teuku Johar Gunawan

Program Doktor Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Riau

ABSTRACT

*Global warming has been an international concern due to its impact to environment. Carbon dioxide (CO₂) has been a key measure of GHG (greenhouse gas) emission from anthropogenic activities such as from industrial emission. International efforts has been focused to reduce emission of these contributing gases. Indonesia as a developing country has growing energy demand as other developing countries. While energy is a vital requirement as part of development in Indonesia, at the same time this sector has been one of major emitter of anthropogenic CO₂ in Indonesia and an update on emission of CO₂ in this sector is needed. This paper analyze energy sector of power generation (electricity generation) within period of 2000 to 2015 in Indonesia and the emission of CO₂ associated. The result is presented in term of temporal profile of power production with main focus on steam power plant type with various fuel consumed. It was found that within 15 years span under reviewed the focus of power generation is still heavily reliance on non renewable based fuel especially coal with average % increase within the period around 7 %. Associated emission was analyzed using emission factor method and the opportunity for reduction with biofixation was identified and discussed. The result of this review is a support for a baseline of economic valuation of CO₂ biofixation using *Chlorella pyrenoidosa* later on.*

Keywords: *Global warming, Indonesia, power generation, CO₂ emission, biofixation*

PENDAHULUAN

Pemanasan global (global warming) telah menjadi perhatian internasional (Lam et al., 2002) karena pengaruhnya terhadap lingkungan (Srivastava et al., 2011). Emisi karbon dioksida sebagai kontributor utama gas rumah kaca (GRK) atau GHG (green house gas) yang menyebabkan efek pemanasan global tersebut terus bertambah dan terakumulasi di atmosfer. Fenomena ini telah memicu berbagai upaya secara internasional untuk mereduksi karbon dioksida ini (Ball, 2008; Meinshausen et al., 2009; Viola et al., 2010)

Indonesia sebagai negara berkembang yang mempunyai kebutuhan energi yang terus bertambah seperti halnya negara berkembang lainnya. Meskipun energi merupakan kebutuhan penting Indonesia, namun sektor ini juga merupakan salah satu kontributor utama emisi antropogenic di Indonesia dan update mengenai emisi ini diperlukan.

Salah satu sektor energi penting di Indonesia adalah sektor pembangkit listrik (plant atau disingkat pp). Sektor ini merupakan salah satu kontributor besar emisi di Indonesia di samping pabrik semen yang juga menghasilkan emisi sangat besar di Indonesia.

Emisi karbon dioksida di Indonesia

Laporan menyangkut pembangkit listrik dan emisi karbon dioksida (CO₂) di Indonesia masih terbatas. Laporan Statistik Lingkungan Hidup Indonesia yang diterbitkan pada tahun 2016 melaporkan emisi CO₂ namun terbatas pada emisi rumah tangga dan kendaraan bermotor dan tidak disebutkan emisi yang berasal dari pembangkit listrik Indonesia (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2016). Studi sebelumnya (Hasan et al., 2012)



Hak cipta milik Universitas Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan disertasi atau artikel untuk keperluan kritik dan tanggapan pada bidang ilmu pengetahuan.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin Universitas Riau.

tenaga uap, sementara hanya 31% yang dihasilkan dari pembangkit listrik lain dengan kontribusi 14% berasal dari Diesel PP, 13% dari Hidropower PP dan 4% dari Geothermal PP dan sangat minim dari Solar PP (Gambar 1).

Profil temporal produksi listrik (Gwh) dari masing-masing pembangkit listrik ditampilkan dalam Gambar 2. Selama rentang 15 tahun dari tahun 2000 sampai 2015 kontribusi Gwh dari Diesel PP dan Hidropower PP mengalami kenaikan rendah dibandingkan kontribusi dari Steam PP. Persen kenaikan rata rata untuk Hidropower PP adalah yang paling rendah (2.41%). Sementara kontribusi Steam PP dalam produksi listrik meningkat terus terutama peningkatan lebih tajam terjadi dalam 5 tahun terakhir.

Kecenderungan kenaikan yang sama ini sesuai dengan apa yang juga dilaporkan oleh peneliti lain (Hasan et al., 2012). Meskipun persen kenaikan per tahun masih berada dalam satu orde yang sama yang dilaporkan dalam rentang 20 tahun sejak tahun 1987 adalah 8,9% dan kajian ini menemukan bahwa persentase kenaikan sedikit menurun secara keseluruhan dalam rentang 15 tahun sejak tahun 2000 sampai 2015 yaitu 6,11%, namun secara keseluruhan kontribusi dari pembangkit listrik tenaga uap tetap yang tertinggi di antara produksi listrik dari pembangkit listrik jenis lain.

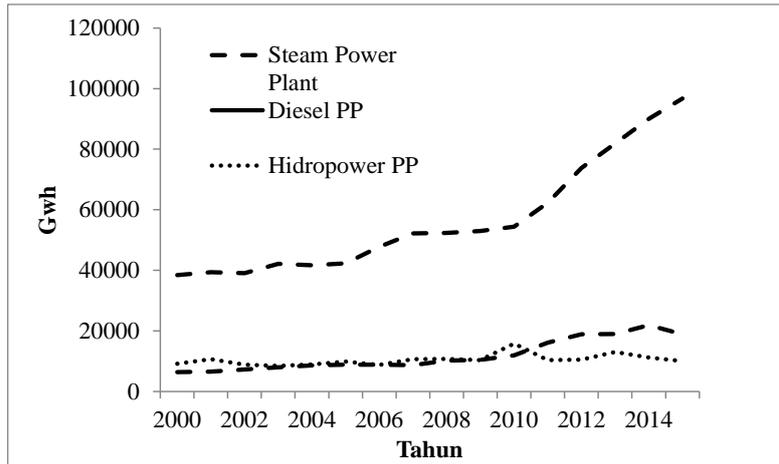
Berdasarkan kapasitas terpasang juga Steam PP menduduki persentase tertinggi di antara jenis pembangkit listrik di Indonesia sebagai contoh pada tahun 1987 dari sisi kapasitas nominal terpasang 38.92 % adalah Steam PP, dan dalam kurun 20 tahun di tahun 2009 masih merupakan 39.23% kontribusi dari sisi kapasitas (Hasan et al., 2012) dan di dalam kajian ini kami menemukan bahwa pada tahun 2015 (Gambar 3A) dari sisi kapasitas terpasang 49% pembangkit listrik yang ada di Indonesia adalah jenis Steam PP (Ministry of Energy and Mineral Resources Republic of Indonesia, 2016).

Table 1. Produksi pembangkit listrik dalam satuan Gwh (Gigawatt hour) dari beberapa jenis pembangkit listrik di Indonesia

Tahun	Hidropower PP	Geothermal PP	Solar PP	Diesel PP	Steam PP			Sub Total Steam PP
					Coal	Oil	Gas	
1 2000	9110	2649	0	6355	28776	6055	3598	38429
2 2001	10651	2982	0	6520	29330	6557	3489	39376
3 2002	8834	3187	0	7209	29313	8884	835	39032
4 2003	8472	2959	0	7977	31727	9108	1334	42169
5 2004	8943	3147	0	8577	30806	9636	1204	41646
6 2005	9831	3006	0	8866	33253	8180	835	42268
7 2006	8759	3141	0	8855	38362	8575	828	47765
8 2007	10627	3188	0	8694	41880	9179	1151	52210
9 2008	10740	3391	0,1	10212	41311	10186	856	52353
10 2009	10307	3504	0,1	10432	43138	9031	795	52964
11 2010	15827	3398	0,5	11926	46685	6712	1009	54406
12 2011	10316	3487	0,72	16125	54950	6383	1003	62336
13 2012	10525	3558	2,85	18913	66633	2391	4799	73823
14 2013	13014	4345	5,48	18919	75193	1055	5602	81850
15 2014	11164	4285	6,81	21862	83397	759	5856	90012
16 2015	10005	4392	5,28	18859	85191	11419	146	96756



Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber: pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

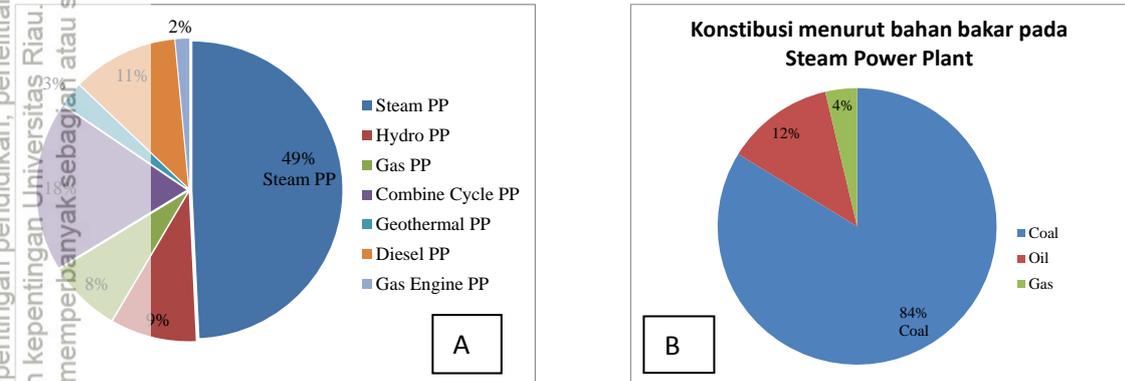


Gambar 1. Profil temporal produksi listrik (Gwh) antara Steam PP, Diesel dan Hidropower PP tahun 2000 sampai tahun 2015.

Berdasarkan penggunaan bahan bakar, maka ditemukan bahwa bahan bakar yang digunakan pada Steam PP ada 3 jenis yaitu batubara, gas dan minyak bumi (*oil atau crude oil*) dengan prosentase terbesar adalah batu bara (*coal*) (Gambar 3 B).

Emisi karbon dioksida, peluang biofiksasi emisi CO2 dan nilai keenomian

Berdasarkan kajian ini maka ditemukan bahwa dengan konsumsi Steam PP yang didominasi penggunaan bahan bakar batubara maka emisi dari Steam PP memberikan kontribusi yang terbesar dalam konteks pembangkit listrik. Faktor emisi bahan bakar batu bara menempati posisi tertinggi di antara ketiga jenis bahan bakar yang digunakan. Kajian ini juga mendapati bahwa dalam rentang 15 tahun dari tahun 2000 sampai 2015 profil penggunaan batu bara pada Steam PP juga tidak mengalami perubahan bahkan cenderung meningkat. Dengan demikian konsekuensi logisnya adalah bahwa kontribusi emisi yang dihasilkan juga akan meningkat.



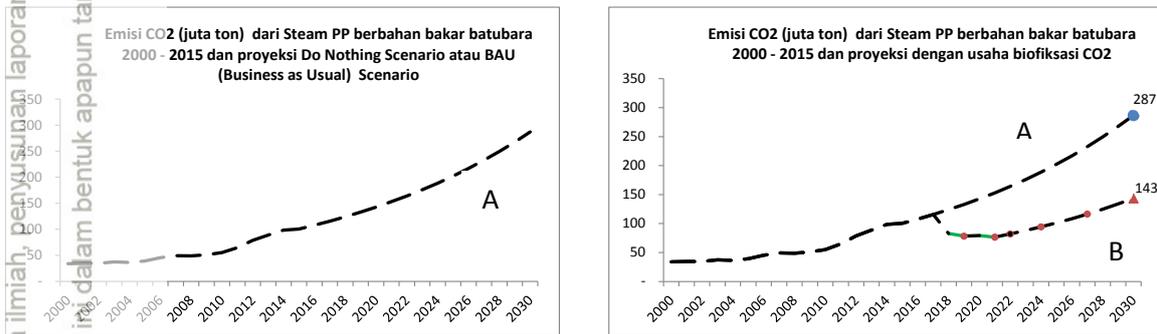
Gambar 2. [A] Persentase (%) kontribusi berbagai jenis pembangkit listrik dari sisi kapasitas terpasang (Plant Installed Capacity) tahun 2015. Steam PP merupakan kontributor terbesar dari sisi kapasitas terpasang. [B] persentase berdasarkan kontribusi bahan bakar yang digunakan Steam PP dimana 84% adalah berbahan bakar batu bara (*coal*).

Kajian singkat ini juga menyajikan proyeksi emisi CO2 sampai tahun 2030 dengan menggunakan asumsi kecenderungan penggunaan batu bara pada Steam PP yang tidak berubah dengan rata-rata peningkatan sebesar 7.24% dalam rentang waktu 15 tahun. Ada dua skenario yang ditampilkan dalam kajian ini. Pertama adalah skenario BAU (*Business As Usual*) artinya tidak ada upaya khusus dalam hal pengurangan emisi CO2 yang berarti.



yang kedua adalah skenario biofiksasi CO₂. Peluang pemanfaatan mikroalga dalam biofiksasi diasumsikan di dalam skenario kedua ini. Kedua hasil skenario ini ditampilkan dalam gambar 4 (A) untuk skenario BAU dan (B) untuk skenario reduksi dengan biofiksasi.

Berdasarkan perhitungan maka emisi CO₂ yang dihasilkan pada tahun 2015 dari Steam PP dengan bahan bakar batu bara adalah lebih dari 100 juta ton CO₂. Tanpa usaha untuk merubah kecenderungan emisi yang dihasilkan, maka pada di proyeksikan pada tahun 2030 emisi CO₂ dari pembangkit listrik bertenaga uap dengan bahan bakar batu bara saja dapat mencapai sekitar 287 juta. Artinya mendekati 3 kali lipat dari angka di tahun 2015 ini. Terlebih jika mempertimbangkan perkembangan penduduk maka kebutuhan listrik secara logis meningkat dan demikian juga pemakaian listrik skala industri. Proyeksi ini hanya proyeksi secara deterministik dan belum memasukkan proyeksi secara probabilistik atau stochastic.



Gambar 3. Emisi CO₂ dari steam PP dengan bahan bakar batu baru dari tahun 2000 – 2015 dan (A) proyeksi skenario BAU (Business As Usual) atau *Do Nothing Scenario* (Skenario tidak melakukan perubahan) sampai tahun 2030, sementara (B) adalah skenario BAU dan skenario biofiksasi dengan asumsi efektif mulai tahun 2019.

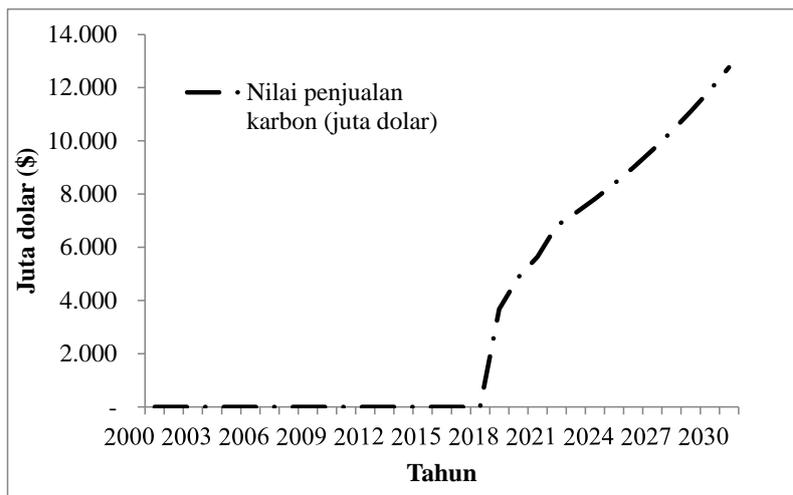
Peluang reduksi emisi CO₂ pada skenario biofiksasi dengan asumsi menggunakan organisme yaitu *mikroalga* (ganggang mikro) yang berpotensi menurunkan emisi (Johar, 2013). Jika diasumsikan bahwa usaha reduksi dengan biofiksasi dimulai tahun 2018, maka proyeksi sampai tahun 2030 menunjukkan bahwa emisi yang dihasilkan dari Steam PP dengan bahan bakar batu bara dapat diturunkan dari 287 juta pada skenario BAU menjadi 143 juta ton emisi CO₂ atau sama dengan reduksi 50%. Tergantung dari kemampuan mikroalga untuk biofiksasi CO₂ maka penurunan dapat mencapai 30 % sampai 50%. Dan ini merupakan penurunan yang signifikan yang dapat berkontribusi pada penurunan 19 sampai 28% kontribusi emisi total CO₂ dari Indonesia yang di tahun 2015 sudah mendekati angka 500 juta ton.

Dari sisi nilai keekonomian, dengan adanya mekanisme perdagangan karbon (*carbon trading*) memungkinkan upaya reduksi emisi CO₂ yang dilakukan oleh suatu negara atau institusi dinilai sebagai kredit karbon (*carbon credit*). Jika harga *carbon credit* per ton diasumsikan 89 dolar per ton (Riyadi, 2013), maka dengan asumsi reduksi emisi melalui biofiksasi yang dapat dinilai sebagai *carbon credit*, maka seiring dengan berkurangnya emisi yang dilakukan potensi nilai jual karbon dapat mencapai 12.000 juta dolar miliar dolar pada di tahun 2030.

KESIMPULAN

Berdasarkan kajian ini ditemukan bahwa pembangkit listrik di Indonesia masih sangat bergantung (*heavily reliance*) kepada bahan bakar berbasis non renewable khususnya batu bara dengan peningkatan rata rata sekitar 7 %.





Gambar 4. Proyeksi nilai penjualan karbon yang dihasilkan dari reduksi emisi CO₂ yang diklaim sebagai carbon credit.

Tanpa upaya untuk mengurangi emisi karbon dioksida dalam skenario BAU (Business as Usual) maka emisi karbon dioksida di Indonesia akan terus meningkat dengan proyeksi pada tahun 2030 dapat mencapai 287 juta ton dan berkontribusi terhadap pemanasan global.

Biofiksasi menggunakan mikroalga merupakan salah satu peluang untuk mereduksi emisi karbon dioksida yang berasal dari aktifitas kegiatan manusia (anthropogenic) di sektor energi pembangkit listrik yang didiskusikan di dalam paper ini. Potensi reduksi emisi karbon dioksida dapat mencapai 30 sampai 50% dari angka proyeksi di tahun 2030 dan ini tidak hanya bernilai dalam konteks perlindungan lingkungan tetapi juga menjanjikan mempunyai nilai keekonomian melalui mekanisme perdagangan karbon.

DAFTAR PUSTAKA

- Pusat Statistik Indonesia. (2016). *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia*.
- ... (2008). Efforts to Curtail Emissions Gain. *Wall Street Journal Eastern Edition*, 252(70), A13. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=34578831&site=ehost-live>
- M. H., Muzammil, W. K., Mahlia, T. M. I., Jannifar, A., & Hasanuddin, I. (2012). A review on the pattern of electricity generation and emission in Indonesia from 1987 to 2009. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 3206–3219. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.01.075>
- M. K., Lee, K. T., & Mohamed, A. R. (2012). Current status and challenges on microalgae-based carbon capture. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 10, 456–469. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2012.07.010>
- Meinshausen, M., Meinshausen, N., Hare, W., Raper, S. C. B., Frieler, K., Knutti, R., ... Allen, M. R. (2009). Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2.6 C. *Nature*, 458(7242), 1158–1162. <https://doi.org/10.1038/nature08017>
- Ministry of Energy and Mineral Resources Republic of Indonesia. (2016). *2016 Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia*. (F. Edition, Ed.). Jakarta: Energy and Mineral Resources Republic of Indonesia.
- A. (2013). *Serapan emisi CO₂ dari cerobong industri susu melalui beberapa jenis mikroalga pada sistem airlift fotobioreaktor*. Institut Pertanian Bogor.
- Srivastava, A., & Srivastav, S. (2011). Impact of Global Warming on Flora and Fauna.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

Journal of International Environmental Application Science, 6(2), 310–314.
Retrieved from

<http://spydus8.nmit.vic.edu.au:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eih&AN=69591651&site=eds-live>

Johar, G. (2013). Green approach untuk emisi CO₂ – peluang dan tantangan di Indonesia. In *Seminar Nasional Lingkungan Hidup*. Pekanbaru: PSIL Universitas Riau.

F. M., Paiva, S. L. D., & Savi, M. A. (2010). Analysis of the global warming dynamics from temperature time series. *Ecological Modelling*, 221(16), 1964–1978. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.05.001>

