

KAJIAN PRODUKSI CO₂ PADA PEMBANGKIT LISTRIK DAN KENDARAAN BERMOTOR DI KOTA BANDA ACEH**Bahagia, dan M. Nizar**

Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Serambi Mekkah

Email : bahagia.ishak@gmail.com**ABSTRAK**

Peningkatan pemanasan global yang terjadi saat ini diakibatkan meningkatnya konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK), yang dapat menyebabkan perubahan iklim. Karbon dioksida (CO₂) dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil seperti batubara, minyak bumi, gas dan penebangan hutan (deforestasi). Peningkatan konsumsi bahan bakar fosil akan menyebabkan konsentrasi CO₂ meningkat. Hasil kajian ini adalah mendapatkan angka konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM) untuk industri dan kendaraan bermotor. Mendapatkan nilai emisi CO₂ di Banda Aceh untuk 20 tahun. Mengestimasi jumlah emisi karbon yang dihasilkan dari kendaraan bermotor dan industri, serta sebagai salah satu pembanding kemampuan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kota Banda Aceh dalam menyerap karbon. Pengumpulan data energi dilakukan pada PT Pertamina dan PLN. Hasil penelitian menunjukkan konsumsi premium paling banyak adalah Non PLN Banda Aceh tahun 2009 sebesar 4.354.623 ltr, tahun 2010 kebutuhan premium sebanyak 2.185.578 ltr, tahun 2011 konsumsi premium sebanyak 2.571,067 ltr. Perhitungan emisi CO₂ dari kendaraan roda dua di Banda Aceh tahun 2012 yaitu 33,310,206 ton CO₂. Emisi yang disumbangkan roda empat tahun 2012 sebesar 7,788,370 ton. Analisa emisi tahun 2022 untuk kendaraan roda dua sebesar 52,447,638 ton, sedangkan kendaraan roda empat 13,912,705 ton. PLN telah memberi dampak terhadap peningkatan emisi CO₂ di udara yaitu 132.558,04 ton CO₂. Kemampuan serapan karbon Ruang Terbuka Hijau (RTH) Banda Aceh luasnya 615,78 Ha hanya mampu menyerap karbon 151.691,25 ton C.

Kata Kunci : Carbondioksida (CO₂), Pembangkit Listrik, Kendaraan Bermotor

PENDAHULUAN

Untuk menjaga atau melestarikan kondisi lingkungan agar tetap baik perlu menyeimbangkan antara produksi CO₂ dengan hutan atau Ruang Terbuka Hijau (RTH). Perlu perkiraan prediksi tentang produksi CO₂ untuk masa akan datang berdasarkan data yang ada untuk menghubungkan dengan ketersediaan Ruang Terbuka Hijau RTH).

Saat ini penggunaan energi di Indonesia masih sangat tergantung pada energi fosil. Keadaan ini terlihat dengan meningkatnya penggunaan energi fosil selama 10 tahun terakhir dan diperkirakan 10–15 tahun mendatang Indonesia akan terus menjadi negara net importir, apabila tidak ditemukan cadangan baru. Untuk mengantisipasi hal tersebut, pemerintah telah melakukan diverifikasi bahan bakar dengan memanfaatkan gas dan batubara untuk keperluan pembangkit listrik dan industri. Pihak usaha lain diverifikasi energi tersebut akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan CO₂ dan diperkirakan pada 10

sampai 15 tahun mendatang laju emisi CO₂ lebih besar dibanding laju penggunaan energi, karena semakin banyaknya porsi penggunaan energi fosil dibandingkan dengan energi terbarukan (Susandi, 2003).

STUDI PUSTAKA

Meningkatnya temperatur global diperkirakan akan menyebabkan perubahan-perubahan yang lain seperti naiknya muka air laut, meningkatnya intensitas kejadian cuaca yang ekstrim, serta perubahan jumlah dan pola presipitasi. Akibat-akibat pemanasan global yang lain adalah terpengaruhnya hasil pertanian, hilangnya gletser dan punahnya berbagai jenis hewan. Di Indonesia, meningkatnya suhu ini, ternyata telah menimbulkan makin banyaknya wabah penyakit endemik lama dan baru yang merata dan terus bermunculan; seperti leptospirosis, demam berdarah, diare, dan malaria. Padahal penyakit-penyakit seperti malaria, demam berdarah dan diare adalah penyakit lama yang seharusnya sudah lewat dan mampu ditangani dan kini telah mengakibatkan ribuan orang terinfeksi dan meninggal. Selain itu, ratusan desa di pesisir Jawa Timur terancam tenggelam akibat naiknya permukaan air laut pada bulan Mei 2007 (<http://www.kompas.com>).

Konsumsi energi dimasukkan sebagai indikator MDGs karena kontribusinya yang besar dalam peningkatan gas rumah kaca terutama CO₂. Di berbagai negara, pemanfaatan energi untuk berbagai kebutuhan cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Di lain pihak, peningkatan tersebut sering tidak diiringi dengan efisiensi pemanfaatannya sehingga jumlah energi yang digunakan tidak sebanding dengan Produk Domestik Bruto (PDB). Efisiensi energi inilah yang diharapkan dapat diterapkan oleh seluruh negara penandatanganan MDGs sehingga emisi gas rumah kaca dapat dikurangi. Konsumsi energi dapat dibagi menurut sektor pengguna dan menurut jenis bahan baku energi yang digunakan. Menurut sektor pengguna, konsumsi energi dapat dibagi berdasarkan sektor yang merupakan pengguna energi terbesar, yaitu Industri, Transportasi, Rumah tangga, dan Komersial.

Sumber emisi CO₂ dari sektor energi dapat dibagi dua yaitu yang berasal dari proses pembakaran dan dari proses penguapan (*fugitive emission*). Emisi CO₂ dari proses pembakaran dapat dibedakan berdasarkan sumbernya yaitu tidak bergerak (*stationary combustion*) dan bergerak (*mobile combustion*). Sumber emisi CO₂ dari pembakaran tidak bergerak antara lain berasal dari 1) Industri energi seperti pembangkit tenaga listrik (PLN), pengilangan minyak, dan pengolahan batubara; 2) Industri manufaktur seperti industri besi dan baja, kimia, pulp dan kertas, pengolahan makanan, mesin, kayu dan produk kayu, tekstil dan kulit, dan 3) Rumah tangga dan gedung atau perkantoran komersial.

Data yang diperlukan untuk menghitung emisi CO₂ sebagai hasil pembakaran dari sumber tidak bergerak adalah banyaknya bahan bakar (dalam satuan volume atau berat) yang digunakan untuk membangkitkan energi oleh masing-masing sumber tidak bergerak seperti tersebut di atas. Untuk pembakaran bergerak, sumber utamanya adalah dari transportasi. Cara terbaik untuk menghitung emisi CO₂ dari energi sumber bergerak adalah dengan menggunakan data penjualan bahan bakar minyak untuk kegiatan transportasi secara nasional. Emisi CO₂ yang berasal dari proses penguapan bahan bakar (*fugitive emission*) pada umumnya berasal dari penambangan, proses, penyimpanan dan pengiriman batubara serta dari sistem pengolahan dan distribusi minyak dan gas alam. Data minimal yang diperlukan untuk menghitung *fugitive emission* ini adalah jumlah produksi batubara, minyak mentah dan turunannya (bensin, solar, avtur dan minyak tanah), dan gas alam (termasuk LPG atau *liquefied petroleum gas*). Menurut jenisnya, sumber energi dibagi atas 5 jenis,

Bahagia, dan M. Nizar

yaitu Batubara, Bahan bakar minyak (BBM), Gas bumi, Listrik, dan Liquid petroleum Gas (LPG).

Tabel 2.1. Faktor konversi energi dan faktor emisi bahan bakar

Fuel Types	Density (kg/ltr)	Colorific Value		Emission factor	
		(GJ/Mg)	(MG/ltr)	(kg CO ₂ /GJ)	(kg CO ₂ /ltr)
Crude Oil	0,847	42,30	35,83	73,30	2,63
Diesel fuel	0,837	43,00	35,99	74,10	2,67
Premium fuel	0,842	42,80	35,89	73,20	2,35
Bituminous coal		24,80		94,60	

Source: IPCC 2006

IPCC menjelaskan mengenai nilai kalor (*calorific value*). *Calorific value* adalah besaran kalor standar yang dihasilkan dari pembakaran setiap satuan massa bahan bakar. Nilai ini digunakan untuk menghitung konversi energi dari penggunaan bahan bakar minyak mentah dan batu bara. Membakar batu bara secara langsung (*direct burning*) telah dikembangkan teknologinya secara continue, yang bertujuan untuk mencapai efisiensi pembakaran yang maksimum, cara-cara pembakaran langsung seperti: *fixed grate*, *chain grate*, *fluidized bed*, *pulverized*, dan lain-lain, masing-masing mempunyai kelebihan dan kelemahannya. Coal gasification adalah sebuah proses untuk mengubah batu bara padat menjadi gas batu bara yang mudah terbakar (*combustible gases*), setelah proses pemurnian gas-gas ini karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), hidrogen (H), metan (CH₄), dan nitrogen (N₂) – dapat digunakan sebagai bahan bakar. Menurut Randy Ismail (2012) perhitungan emisi dari batubara dapat dilakukan dengan persamaan:

$$\text{CO}_2 \text{ ton} = \text{Jumlah pemakaian batubara (kg)} \times \text{faktor konversi (kg O}_2\text{/GJ)/1000} \dots (2.1)$$

Efek rumah kaca (*greenhouse effect*) disebabkan oleh keberadaan gas rumah kaca (GRK) di troposfer. Gas rumah kaca tersebut menyebabkan terperangkapnya radiasi gelombang infra merah sebagai hasil radiasi balik dari permukaan bumi yang menerima radiasi matahari. Menurut Randy Ismail (2012) menghitung jumlah emisi adalah GRK diluar CO₂, maka diperlukan data Global Warming Potensial (GWP) CO₂ adalah 1. Rumus perhitungannya yaitu:

$$\text{CO}_2 \text{ ton} = \text{Jumlah bahan bakar fosil (liter)} \times \text{Faktor konversi} \times \text{GWP/1000} \dots (2.2)$$

Konsumsi energi listrik tidak secara langsung berkontribusi terhadap emisi CO₂, akan tetapi berperan dalam menghasilkan CO₂ di pusat pembangkit listrik yang berbahan bakar fosil. Data penggunaan energi listrik dikonversi dari jumlah tagihan listrik rata-rata per bulan dengan pendekatan perhitungan Tarif Dasar Listrik (TDL) berdasarkan Keppres No. 89 tanggal 31 Desember tahun 2002.

METODE PENELITIAN

Berdasarkan dari tujuan penelitian untuk melihat emisi karbon yang dihasilkan oleh masyarakat Banda Aceh dengan mengkonsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM).

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dengan cara melakukan survei kunjungan ke lokasi (PT. Pertamina dan PT. PLN) serta meminta data sekunder pemakaian BBM untuk operasional industri tersebut. Sedangkan data lainnya didapat berdasarkan pada literature, pustaka, badan statistik dan informasi dari pihak terkait.

Perlakuan dan Rancangan Percobaan

Penelitian ini bersifat simulasi dan diarahkan untuk melihat penyediaan dan permintaan energi di Banda Aceh dengan menggunakan microsoft Exel.

Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan Microsoft Exel dengan memasukkan analisis di sisi permintaan energi (*demand*) maupun di sisi penyediaan energi (*supply*). Konsumsi energi Banda Aceh dimasukkan menjadi konsumsi energi sebagai subsektor kemudian dihitung jumlah emisi dengan menggunakan persamaan 2.1, 2.2 dan 2.3. kemudian didapatkan nilai emisi karbon masing-masing variabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Angka Konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM)

Pertumbuhan kendaraan roda dua dan empat di Banda Aceh meningkat telah meningkatkan pemakaian Bahan Bakar Minyak (BBM). konsumsi premium paling banyak adalah Non PLN untuk kota Banda Aceh tahun 2009 sebesar 4.354.623 ltr, tahun 2010 kebutuhan premium sebanyak 2.185.578 ltr, tahun 2011 konsumsi premium sebanyak 2.571,067. Kebutuhan solar untuk PLN tahun 2009 adalah 7.345.048 ltr, tahun 2010 sebesar 7.396.886 ltr, tahun 2011 adalah 10.035.287 ltr. Sedangkan suplay premium untuk SPBU di Banda Aceh paling banyak tahun 2010 sebanyak 97.384 ltr.

Menghitung jumlah emisi adalah GRK diluar CO₂, maka diperlukan data Global Warming Potensial (GWP) CO₂ adalah 1. Faktor konversi di ambil berdasarkan DEFRA 2010 yaitu 2,6413 kg/liter. Rumus perhitungannya yaitu:

$$\text{CO}_2 \text{ ton} = \text{Jumlah bahan bakar fosil (liter)} \times \text{Faktor konversi} \times \text{GWP}/1000$$

Sehingga dapat dihitung jumlah emisi berdasarkan jumlah di distribusikan oleh PT Pertamina kepada SPBU di Banda Aceh, yaitu:

Premium SPBU Banda Aceh tahun 2009

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 &= 65.940 \times 2,6413 \times 1/1000 \\ &= 174,1673 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Nilai Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor di Banda Aceh

Menghitung emisi yang dihasilkan oleh sepeda motor, perlu ditentukan terlebih dahulu model yang digunakan. Model cara menghitung emisi dihitung sebagai dampak dari penggunaan energi yang bersumber pada bahan bakar minyak (premium). Data pendukung adalah jumlah kendaraan pemakai BBM pada tahun 2007 jumlah sepeda motor Banda Aceh adalah 30216 unit. Berdasarkan data ini, maka hitung emisi karbon kendaraan. Misalnya setiap 1 unit roda dua menghabiskan bensin rata-rata 1 liter per hari. Dalam 1 tahun roda dua menghabiskan bensin adalah 1 liter/hari x 365 hari = 365 liter. Konsumsi bensin per unit motor selama 1 tahun adalah (liter/hari x 365 hari)/unit = 365 liter/unit. Tahun 2007

Bahagia, dan M. Nizar

ada 30216 unit, maka jumlah konsumsi bensin total roda dua tahun 2007 adalah 365 liter/unit x 30216 unit = 11.028.840 liter.

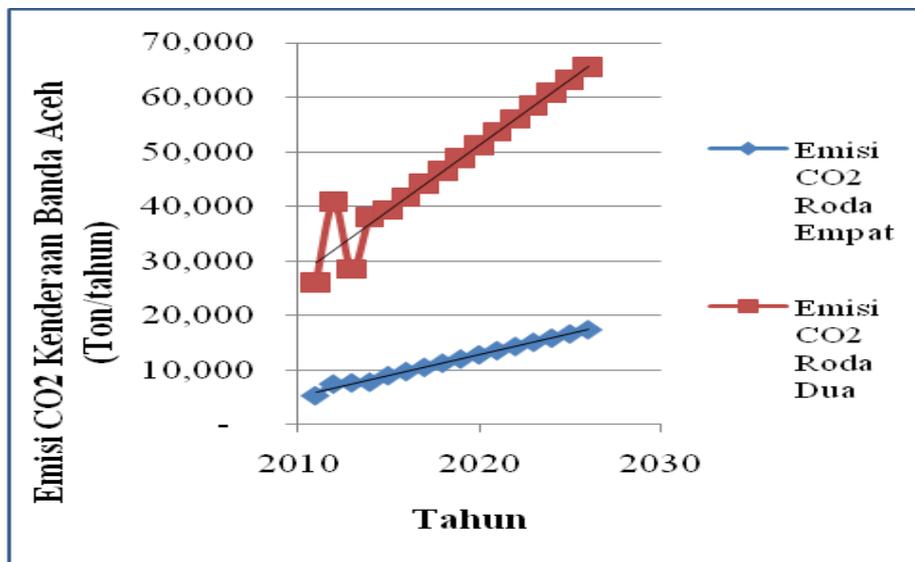
Jumlah energi yang digunakan selama tahun 2007 oleh motor adalah 11.028.840 liter. Data emisi yang dihasilkan oleh motor setiap penggunaan energi menghasilkan emisi 2,35 Kg CO₂ (IPCC, 2006). Total emisi CO₂ yang dihasilkan oleh motor selama tahun 2007 adalah:

$$\begin{aligned} &= 11.028.840 \text{ liter} \times 2,35 \text{ Kg CO}_2 \times 1/1000 \\ &= 25.918 \text{ ton CO}_2. \end{aligned}$$

Emisi CO₂ sepeda motor tahun 2007 adalah 0,86 ton CO₂ atau 857,75 kg.

Mengestimasi Jumlah Emisi Karbon yang Dihasilkan dari Kendaraan Bermotor di Banda Aceh

Berdasarkan perhitungan emisi kendaraan, maka dapat dihitung emisi karbon mulai tahun 2011 s/d 2026 kota Banda Aceh. Perhitungan emisi roda empat dengan asumsi satu hari menghabiskan 5 liter bensin, sedangkan emisi roda dua dengan asumsi satu hari menghabiskan 1 liter bensin yang diperlihatkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Emisi CO₂ Kendaraan bermotor Banda Aceh mulai tahun 2011 s/d 2026

Gambar 4.1 memperlihatkan emisi CO₂ yang dihasilkan oleh sektor transportasi di Banda Aceh mencapai 41,638 ton CO₂ di tahun 2012. Jumlah emisi tersebut disumbangkan oleh kendaraan roda dua. Emisi yang disumbangkan oleh roda empat tahun 2012 sebesar 9,735 ton CO₂. Analisa emisi tahun 2026 untuk kendaraan roda dua sebesar 65.560 ton CO₂, sedangkan kendaraan roda empat 17.391 ton CO₂.

Emisi CO₂ dari PLN

Solar sebagai bahan bakar pembangkit generator PLN di Banda Aceh telah memberi dampak terhadap peningkatan emisi CO₂ di udara, sehingga perlu penanganan yaitu pemantauan terhadap lingkungan. Emisi yang berasal dari energi listrik yang dipakai

dari PLN Lueng Bata Banda Aceh. Data lainnya adalah Faktor Konversi untuk konversi satuan KWh dan volume bahan bakar ke jumlah emisi CO₂ (ton ekivalen). Nilai emisi CO₂ dari kegiatan PLN yaitu 0,719 kg CO₂/kWh. Rumus perhitungan emisi dari PLN yaitu:

Nilai CO₂ dari solar operasional PLN tahun 2009 sebesar 5.251.709 CO₂, tahun 2010 sebesar 5.288.773 CO₂, tahun 2011 sebesar 7.168.607 CO₂, dan tahun 2012 sebesar 12.453.544 CO₂. Emisi CO₂ juga diperoleh dari jumlah listrik (kWh) per tahun yang terjual ke masyarakat adalah tahun 2009 sebesar 132.120,58 CO₂, tahun 2010 sebesar 46.084,61 CO₂, tahun 2011 sebesar 49.316,41 CO₂, tahun 2012 sebesar 41.924,89 CO₂.

Kemampuan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Banda Aceh Menyerap Karbon

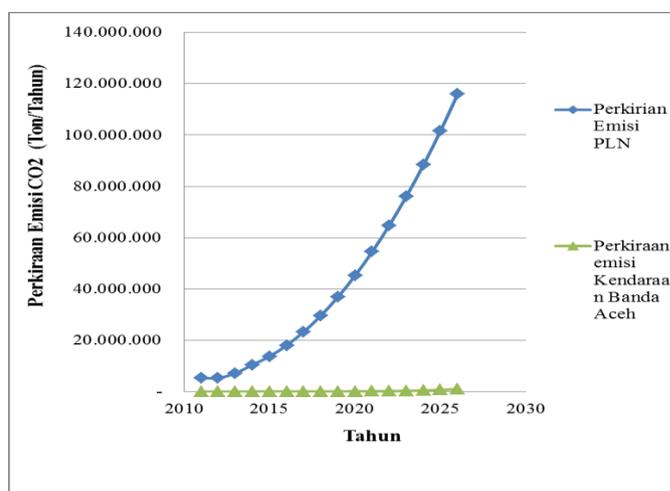
Berdasarkan UU 26 Tahun 2007, Ruang Terbuka terdiri dari ruang terbuka hijau dan non hijau, diperinci lebih lanjut bahwa Ruang Terbuka Hijau terdiri dari Ruang Terbuka Hijau Publik 20% dan Ruang Terbuka Hijau Privat 10%. Penyediaan Ruang Terbuka Hijau di Kota Banda Aceh secara khusus bertujuan untuk fungsi ekologis dan fungsi ekonomi dan fungsi estetika maupun fungsi tertentu yang mana Ruang Terbuka Hijau ini tidak akan dikembangkan sebagai ruang terbangun.

Sampai dengan akhir tahun perencanaan luas ruang yang ditetapkan sebagai Ruang Terbuka Hijau adalah 567,53 Ha. Berdasarkan standar yang ditetapkan maka wilayah Kota Banda Aceh yang harus dijadikan kawasan hijau minimal dengan luas 1.840,8 hektar dari luas wilayah yang mencapai 6.136 hektar. Kebutuhan ruang terbuka hijau Kota Banda Aceh dengan sebaran pada masing-masing kecamatan berjumlah minimal 1840,74 hektar.

Berdasarkan luas Ruang Terbuka Hijau (RTH) tersebut, maka dapat dihitung potensi standing stock karbon RTH Banda Aceh. Kontribusi pohon RTH diasumsikan seperti hutan sekunder yang berdiameter 5-30 cm. Selanjutnya nekromasa (kayu mati berdiameter >5 cm memberi kontribusi sebesar 5,30 ton C/Ha. Serasah berkontribusi sebesar 1,91 ton C/Ha dan tumbuhan bawah hanya 0,40 ton C/Ha.

Perbandingan Emisi CO₂ dari PLN dan Kendaraan Bermotor

Perbandingan emisi CO₂ dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan kendaraan bermotor di Banda Aceh diperlihatkan pada Gambar 4.2 berikut:



Gambar 4.2 Perbandingan emisi CO₂ dari PLN dan kendaraan bermotor

Bahagia, dan M. Nizar

Gambar 4.2 menjelaskan perkiraan emisi CO₂ tinggi berasal dari PLN, kemudian emisi kendaraan Banda Aceh. Perkiraan emisi PLN tahun 2016 adalah 1.358.998 ton, tahun 2022 sekitar 2.027.358 ton dan tahun 2026 adalah 2.472.932 ton. Perkiraan emisi kendaraan bermotor di Banda Aceh tahun 2016 adalah 51.373,22 ton, tahun 2022 sekitar 70.320,06 ton dan tahun 2026 adalah 82.950,43 ton.

PENUTUP

Simpulan

1. Konsumsi premium paling banyak adalah Non PLN untuk kota Banda Aceh tahun 2009 sebesar 4.354.623 ltr, tahun 2010 kebutuhan premium sebanyak 2.185.578 ltr, tahun 2011 konsumsi premium sebanyak 2.571,067 ltr, Sedangkan suplay premium untuk SPBU di Banda Aceh paling banyak tahun 2010 sebanyak 97.384 ltr.
2. Perhitungan emisi CO₂ dari kendaraan roda empat dan roda dua di Banda Aceh mulai tahun 2011 s/d 2026. Emisi yang dihasilkan oleh roda dua di Banda Aceh mencapai 33,310,206 ton CO₂ di tahun 2012. Emisi yang disumbangkan oleh roda empat tahun 2014 sebesar 7,788,370 ton. Analisa emisi tahun 2026 untuk kendaraan roda dua sebesar 52,447,638 ton, sedangkan kendaraan roda empat 13,912,705 ton.
3. Solar sebagai bahan bakar pembangkit generator PLN di Banda Aceh telah memberi dampak terhadap peningkatan emisi CO₂ di udara, sehingga perlu penanganan yaitu pemantauan terhadap lingkungan. Nilai CO₂ dari solar operasional PLN tahun 2009 sebesar 5.251.709 CO₂, tahun 2010 sebesar 5.288.773 CO₂, tahun 2011 sebesar 7.168.607 CO₂, dan tahun 2012 sebesar 12.453.544 CO₂. Sedangkan emisi CO₂ dari jumlah listrik (kWh) yang terjual ke masyarakat adalah tahun 2009 sebesar 132.120,58 CO₂, tahun 2010 sebesar 46.084,61 CO₂, tahun 2011 sebesar 49.316,41 CO₂, tahun 2012 sebesar 41.924,89 CO₂.
4. Kemampuan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kota Banda Aceh dalam menyerap karbon. RTH luasnya 615,78 Ha mampu menyerap karbon 151.691,25 ton C.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, "Carbon dioxide: IDLH Documentation". National Institute for Occupational Safety and Health. <http://www.cdc.gov/niosh/idlh/124389.html>. Diakses pada 5 Juli 2007.
- Carbon Dioxide Emissions from the Generation of Electric Power in the United States". http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/page/co2_report/co2emiss.pdf.
- Randy Ismail, 2012, Cara Mudah Hitung Emisi Karbon, <http://randyismail.wordpress.com/2010/11/27/cara-mudah-hitung-emisi-karbon/tanggal> akses 10 Februari 2013
- Pieter Tans, 2008, "Annual CO₂ mole fraction increase (ppm)" for 1959-2007 National Oceanic and Atmospheric Administration Earth System Research Laboratory, Global Monitoring Division (additional details).
- Fefen, Suheri, 2009, Emisi CO₂ dari Konsumsi Energi Domestik, Pusat Litbang Permukiman, Jakarta.
- Stranas REDD+, 2010, Bappenas, Kemhut, Kempen, UN REDD, Jakarta.
- Sigurdsson, H. et al., 2000, Encyclopedia of Volcanoes, San Diego, Academic Press
- Kaimuddin., 2000, Kajian Dampak Perubahan Iklim dan Tata Guna Lahan Terhadap Keseimbangan Air Wilayah Sul.Sel. Dissertasi program studi AGK-FPS IPB.

- Miglietta, R. Tognetti and P.R. van Gardingen. Cambridge University Press. pp. 69-86.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2000: Emission Scenarios: Special Report on Emissions Scenarios, Cambridge, Cambridge University Press.
- Susandi, Armi., 2004. The Impact of International Green House Gas Emmisions Reduction on Indonesia. Report on System Science. Max Planck Institute for Meteorology. Hamburg, Jerman.
- Susandi, A., 2006. Projection of Climate Change over Indonesia using MAGICC/SCENGEN Model. Presented on International Conference on Mathematics and Natural Sciences, 30 November, 2006. Bandung, Indonesia
- Santoro, M. 2006. "Amorphous silica-like carbon dioxide". Nature 441 (7095): 857-860. doi:[10.1038/nature04879](https://doi.org/10.1038/nature04879). ISSN 0028-0836.
- Priestley, Joseph, 1772. "Observations on Different Kinds of Air". Philosophical Transactions 62: 147-264. ISSN 0260-7085. <http://web.lemoyne.edu/~GIUNTA/priestley.html>