

Simulasi Emisi CO₂ dari Penduduk dan Areal Persawahan Menggunakan Sistem Dinamik

Simulation of CO₂ Emissions from Population and Rice Area with Dynamic System

Yuniar Pratiwi^{1*)}, Endes Nurfilmarasa Dachlan², Lilik Budi Prasetyo²

¹Sekolah Tinggi Ilmu Teknik Prabumulih

²Institut Pertanian Bogor

*)Correspondence author: ynr.pratiwi@yahoo.com

ABSTRACT

Increasing the number of people accompanied by increased demand for land for activity is feared will occur landfunction so as to eliminate the vegetation that serves as a producer of oxygen (O₂) and increase carbon dioxide emissions (CO₂). The aim this study is to analyze CO₂ emissions resulting from population and rice fields. This research uses the prediction of CO₂ emission with dynamic system from 2010 until 2024 by using serial data of population and area of rice field area in Prabumulih City. The amount of CO₂ emissions generated by the population based on simulation results is expected to continue to increase. In 2010 the number of emissions generated by 55.98 Gg of CO₂ with a population of 161984 people, in 2017 of 64.01 Gg CO₂ (185. 220 persons) and simulated 7 years in the future, 2024 is expected to increase to 73.31 Gg CO₂ (212 132 people). The emissions generated by the rice fields in 2010 amounted to 1.61 Gg CO₂ with a land area of 1,625.75 ha, in 2017 of 1.22 Gg CO₂ with a land area of 1233.21 ha and a simulation for 2024 emissions produced by 0.772 Gg of CO₂with an area of 779 , 45 ha. The decrease of CO₂ emissions produced by rice field area is directly proportional to the area of land which from year to year continue to decrease. This is due to the transfer of land function considering the increase of population and the happening of change of livelihood to become rubber farmer considering land cover in Prabumulih City dominated by Rubber Plantation.

Keywords: CO₂ emissions, dynamic systems, population, simulations

ABSTRAK

Peningkatan jumlah penduduk yang disertai peningkatan kebutuhan lahan untuk beraktivitas dikhawatirkan akan terjadi alihfungsi lahan sehingga mampu menghilangkan vegetasi yang berfungsi sebagai penghasil oksigen (O₂) dan meningkatkan emisi karbondioksida (CO₂). Tujuan penelitian ini untuk menganalisis emisi CO₂ yang dihasilkan dari jumlah penduduk dan areal persawahan. Penelitian ini menggunakan pendugaan emisi CO₂ dengan sistem dinamik dari tahun 2010 hingga tahun 2024 dengan menggunakan data serial jumlah penduduk dan luas area persawahan di Kota Prabumulih. Jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan oleh penduduk berdasarkan hasil simulasi diduga akan terus meningkat. Pada tahun 2010 jumlah emisi yang dihasilkan sebesar 55,98 Gg CO₂ dengan jumlah penduduk 161984 orang, tahun 2017 sebesar 64.01 Gg CO₂ (185. 220 orang) dan dilakukan simulasi 7 tahun kedepan, tahun 2024 diduga meningkat menjadi 73.31 Gg CO₂ (212 132 orang). Emisi yang dihasilkan oleh areal persawahan tahun 2010 sebesar 1,61 Gg CO₂ dengan luas lahan 1.625,75 ha, tahun 2017 sebesar 1,22 Gg CO₂ dengan luas lahan 1233.21 ha dan simulasi untuk tahun 2024 emisi yang dihasilkan sebesar 0,772 Gg CO₂

dengan luas 779,45 ha. Terjadinya penurunan emisi CO₂ yang dihasilkan areal persawahan berbanding lurus dengan luas lahan yang dari tahun ketahun terus menurun. Hal ini disebabkan alihfungsi lahan mengingat terjadinya peningkatan penduduk serta terjadinya perubahan matapecaharian menjadi petani karet mengingat tutupan lahan di Kota Prabumulih didominasi oleh Perkebunan Karet.

Kata kunci: emisi CO₂, penduduk, simulasi, sistem dinamik

PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan lahan-lahan untuk infrastruktur, permukiman dan sarana penunjang perekonomian seperti perkantoran, jalan, pusat jual beli, maupun industri telah menyebabkan adanya penurunan jumlah tutupan vegetasi dalam suatu kota merupakan dampak dari peningkatan penduduk perkotaan. Lahan-lahan bervegetasi seperti ruang terbuka hijau, hutan kota, taman kota, jalur hijau, pekarangan berfungsi sebagai penyerap emisi, pengijau kota, penghasil O₂, peneduh jalan serta peredam kebisingan banyak dialihfungsikan menjadi perkantoran, pemukiman, pertokoan, jalan, tempat rekreasi, industri serta bangunan penunjang perekonomiannya lainnya, Kondisi seperti ini menjadi mengkhawatirkan, karena di sisi lain pihak kebutuhan O₂ semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk, tetapi di lain sisi penghasil O₂ semakin berkurang (Septriana et al. 2004). Dengan meningkatnya beberapa aspek tersebut maka meningkatnya emisi CO₂ yang dapat menyebabkan pemanasan global, kerusakan ekosistem serta mengganggu kesehatan makhluk hidup. Pencemaran udara disertai peningkatan emisi gas CO₂ dapat menjadikan kota tidak sehat (Dahlan, 2007).

Peningkatan jumlah penduduk di Kota Prabumulih mengalami peningkatan setiap tahunnya, salah satu kota yang berada di Sumatera Selatan selama 5 tahun terakhir, pada tahun 2009 jumlah penduduk Kota Prabumulih sebanyak 137 786 jiwa, tahun 2010 sebanyak 161.984 jiwa, tahun 2011 sebanyak 165 960 jiwa, tahun 2012 sebanyak 169 022 jiwa dan pada tahun 2013 sebanyak 171 804 jiwa (BPS, 2014).

Permasalahan antara pembangunan dengan keberadaan ruang terbuka hijau merupakan suatu permasalahan yang kompleks. RTH mampu menghasilkan O₂ dan menyerap CO₂, sedangkan kegiatan pembangunan yang dilakukan manusia menurunkan produksi O₂serta meningkatkan kadar CO₂ akibat hilangnya tutupan lahan. Selain itu, peningkatan jumlah penduduk mengakibatkan meningkatnya kegiatan transportasi khususnya diperkotaan. Hal tersebut dapat menyebabkan permasalahan pencemaran udara diakibatkan oleh proses pembakaran yang menghasilkan emisi CO₂ (Wardhana 2009). Pada kondisi yang ideal, ruang terbuka hijau (RTH) dapat menyerap emisi CO₂ karena terdapat pepohonan serta tanaman didalamnya (Dahlan, 2011).

Peningkatan jumlah penduduk akibat aktivitas manusia seperti kebutuhan akan lahan, pertanian (pangan dan perternakan), transportasi (energi) dan pembangunan infrastruktur kota mampu meningkatkan CO₂. Kebutuhan akan hutan kota pun semakin meningkat. Untuk menanggulangi hal tersebut maka jumlah luasan kebutuhan hutan kota harus memadai agar dapat mengurangi CO₂ (Pratiwi et al. 2016). Tujuan penelitian ini untuk menganalisis dan memprediksi emisi yang dihasilkan oleh penduduk dan area persawahan di Kota Prabumulih.

BAHAN DAN METODE

Metode. Metode yang digunakan yaitu pendugaan dan simulasi jumlah penduduk dan luasan lahan sawah di Kota Prabumulih dan emisi yang dihasilkan dengan menggunakan data *time series* dari tahun 2010 hingga tahun 2024.

Analisis Data. Analisis data untuk menghitung emisi CO₂ bersumber dari areal persawahan dan penduduk menggunakan persamaan dan diolah menggunakan *software Powersim constructor 2.5d*. metode perhitungan memodifikasi pada penelitian yang dilakukan Metode yang digunakan Qodriyanti (2010) yang dilakukan oleh IPCC 1996 dengan cara perhitungan dianalisis menggunakan sistem dinamik.

a. Luas sawah

$$D \text{ (Gg CH}_4\text{/tahun)} = a \text{ (m}^2\text{)} \times b \times c \text{ (g/m}^2\text{)} \times d \text{ (tahun)}$$

Keterangan :

D = Total emisi metana dari areal persawahan (Gg/tahun)

a = Luas areal persawahan (m²)

b = Nilai ukur faktor emisi CH₄

c = Faktor emisi (18 g/m²)

d = Jumlah masa panen per tahun (tahun)

b. CO₂ yang dihasilkan penduduk

$$K_{KP(t)} = (J_{PT(t)} \cdot K_{Pt})$$

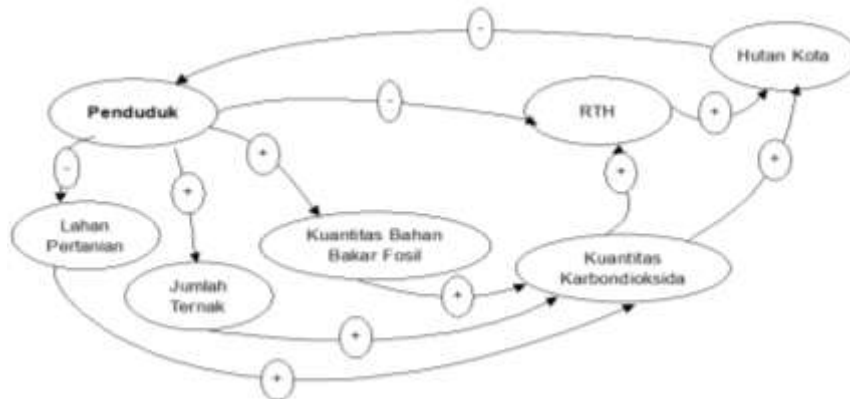
Keterangan :

K_{KP(t)} = Karbon dioksida yang dihasilkan penduduk pada tahun ke t (Gg CO₂/tahun)

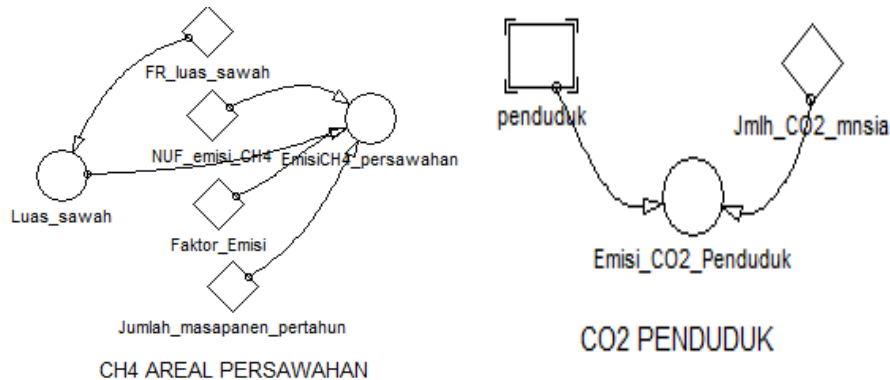
J_{PT(t)} = Jumlah penduduk terdaftar pada tahun ke t (jiwa)

K_{Pt} = Jumlah karbon dioksida yang dihasilkan manusia yaitu 0.96 Kg CO₂/jiwa/hari

(0.3456 ton CO₂/jiwa/tahun) (Grey dan Deneke 1978).



Gambar 1. Diagram *causal loop* emisi CO₂ Kota Prabumulih

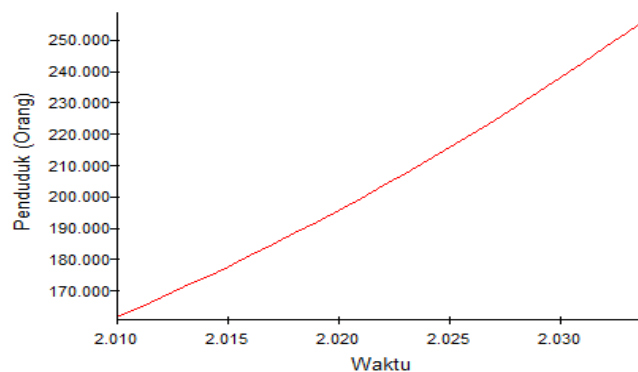


Gambar 2. Ilustrasi model sistem emisi CO₂ bersumber dari luas lahan sawah dan penduduk

HASIL

Model Sistem Emisi CO₂. Model dinamik kebutuhan hutan kota berdasarkan emisi CO₂ Kota Prabumulih dibangun berdasarkan logika berpikir hubungan antara komponen terkait dan interaksinya, sehingga membentuk struktur model yang memiliki keserupaan perilaku dengan perilaku sistem nyata yang berdasarkan faktor kunci. Faktor kunci tersebut, antara lain: (1) penduduk (populasi penduduk), (2) sumber energi (konsumsi solar, premium dan LPG), (3) ternak (populasi sapi potong, kambing, kerbau, domba, kuda, dan unggas), dan (4) areal persawahan (luas areal sawah padi). Oleh karena hasil uji validasi menyatakan sudah baik, maka dilakukan beberapa simulasi untuk menentukan luasan hutan kota. Analisis model ini dilakukan dalam jangka waktu 10 tahun dimulai dari tahun 2010 dan berakhir pada tahun 2024 dimana satu tahun diasumsikan berjumlah 365 hari. Waktu 10 tahun tersebut diharapkan dapat memberikan gambaran tentang perkembangan kebutuhan hutan kota berdasarkan emisi CO₂ di Kota Prabumulih.

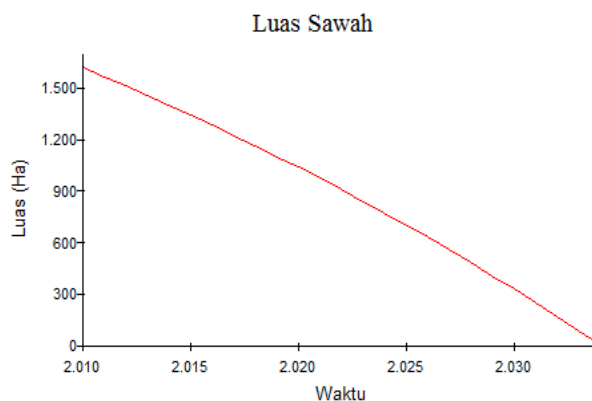
Penduduk. Data mengenai kependudukan merupakan aspek yang sangat penting dalam melakukan perencanaan dan pengelolaan lingkungan, semakin banyak penduduk di suatu wilayah diduga permasalahan lingkungan yang ditimbulkan akan meningkat. Perkembangan jumlah penduduk di Kota Prabumulih tahun 2010 hingga tahun 2014 terus mengalami peningkatan signifikan dengan persentase pertumbuhan berbeda-beda setiap tahunnya.



Gambar 3. Simulasi penambahan jumlah penduduk di Kota Prabumulih

Tabel 1. Simulasi pertumbuhan jumlah penduduk Kota Prabumulih

Tahun	Jumlah Penduduk (orang)
2010	161984
2011	165098.05
2012	168278.17
2013	171525.75
2014	174842.23
2015	178229.05
2016	181687.70
2017	185219.69
2018	188826.57
2019	192509.93
2020	196271.36
2021	200112.54
2022	204035.12
2023	208040.84
2024	212131.45



Gambar 4. Simulasi luas areal persawahan di Kota Prabumulih

Tabel 1 Simulasi luasan sawah di Kota Prabumulih

Tahun	Lahan Sawah (ha)
2010	1629.75
2011	1576.30
2012	1521.81
2013	1466.28
2014	1409.68
2015	1351.98
2016	1293.16
2017	1233.21
2018	1172.08
2019	1109.77
2020	1046.24
2021	981.47
2022	915.44
2023	848.11
2024	779.45

Areal Persawahan. Areal persawahan di Kota Prabumulih setiap tahun semakin menurun luasannya. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh terjadinya alih fungsi lahan yang semulanya dari lahan persawahan dialihfungsikan menjadi lahan terbangun atau lahan lainnya. Konversi lahan merupakan konsekuensi dari peningkatan aktivitas dan jumlah penduduk. Berkurangnya proporsi lahan sawah sering terjadi terutama di wilayah urban atau perluasan pengembangan permukiman dan kawasan industri/pariwisata. Selain itu, alasan petani melakukan alih fungsi lahan akibat terjadinya penurunan debit air, tidak sesuai harga jual komoditi padiserta terjadinya perubahan mata pencaharian dari petani menjadi pengelola karet mengingat tutupan lahan Kota Prabumulih didominasi oleh perkebunan karet.

Emisi CO₂ Penduduk. Jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan berbanding lurus dengan jumlah penduduk. Estimasi emisi CO₂ cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk (Gambar 11). Pada tahun 2014 dengan jumlah penduduk 174 842.23 orang menghasilkan 60.43 Gg CO₂. Jumlah CO₂ yang dihasilkan penduduk Kota Prabumulih dalam 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 3.

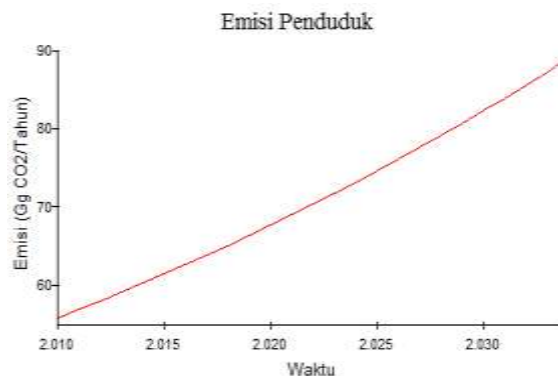
Simulasi dilakukan dalam 10 tahun kedepan, emisi CO₂ diprediksi akan terus mengalami peningkatan seiring dengan pertambahan penduduk di setiap tahunnya. Pada tahun 2010 emisi CO₂ yang dihasilkan sebesar 55.98 Gg CO₂ dan pada tahun 2024 emisi CO₂ mencapai 73.31 Gg CO₂ dengan jumlah penduduk sebesar 212 131.45 orang.

Emisi CO₂ Areal Persawahan. Kota Prabumulih pada tahun 2010 memiliki luas sawah 1 625.75 ha dengan emisi CH₄ sebesar 0.587CH₄ atau sebesar 1.61 Gg CO₂. Hasil

simulasi menunjukkan setiap tahunnya terjadi penurunan luasan sawah secara signifikan (Tabel 4). Pada tahun 2014 luas sawah sekitar 1 409.68 ha dan menghasilkan emisi CO₂ sebesar 1.40 Gg CO₂. Semakin besar luas sawah maka emisi CO₂ yang dihasilkan akan besar, begitu juga sebaliknya

Tabel 2 Simulasi emisi CO₂ yang dihasilkan penduduk (Gg CO₂)

Tahun	Total Emisi Penduduk
2010	55.98
2011	57.06
2012	58.16
2013	59.28
2014	60.43
2015	61.60
2016	62.79
2017	64.01
2018	65.26
2019	66.53
2020	67.83
2021	69.16
2022	70.51
2023	71.90
2024	73.31

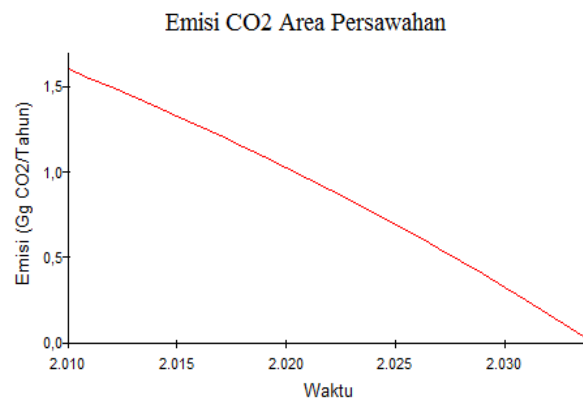


Gambar 5 Simulasi emisi CO₂ penduduk Kota Prabumulih

Emisi CO₂ Areal Persawahan. Kota Prabumulih pada tahun 2010 memiliki luas sawah 1 625.75 ha dengan emisi CH₄ sebesar 0.587CH₄ atau sebesar 1.61 Gg CO₂. Hasil simulasi menunjukkan setiap tahunnya terjadi penurunan luasan sawah secara signifikan (Tabel 4). Pada tahun 2014 luas sawah sekitar 1 409.68 ha dan menghasilkan emisi CO₂ sebesar 1.40 Gg CO₂. Semakin besar luas sawah maka emisi CO₂ yang dihasilkan akan besar, begitu juga sebaliknya.

Tabel 3 Simulasi Total Emisi CH₄ Lahan sawah (Gg CH₄), Total Emisi CO₂ Lahan sawah (Gg CO₂)

Tahun	Total Emisi CH ₄ Lahan sawah	Total Emisi CO ₂ Lahan sawah
2010	0.587	1.61
2011	0.567	1.56
2012	0.548	1.51
2013	0.528	1.45
2014	0.507	1.40
2015	0.487	1.34
2016	0.466	1.28
2017	0.444	1.22
2018	0.422	1.16
2019	0.40	1.10
2020	0.377	1.04
2021	0.353	0.972
2022	0.33	0.906
2023	0.305	0.84
2024	0.281	0.772



Gambar 6 Simulasi emisi CO₂ areal persawahan di Kota Prabumulih

PEMBAHASAN

Peningkatan jumlah penduduk diperkirakan akan terus meningkat (Gambar 3) seiring dengan meningkatnya angka kelahiran dan urbanisasi ke Kota Prabumulih. Hasil simulasi menunjukkan akan terjadi pertambahan penduduk dalam 20 tahun yang akan datang, pada tahun 2014 jumlah penduduk Kota Prabumulih sebanyak 174 842.23 orang dan diperkirakan jumlah penduduk pada tahun 2024 menjadi 212 131 orang. Hasil simulasi menunjukkan adanya hubungan berbanding lurus antara peningkatan jumlah penduduk dengan jumlah emis yang dihasilkan. Pada tahun 2014 dengan jumlah penduduk 174 842.23 orang menghasilkan 60.43 Gg CO₂. Dan menurut hasil simulasi, pada tahun 2024 emisi yang dihasilkan sebesar 73.31 Gg CO₂ dengan jumlah penduduk sebanyak 212 131 orang.

Kota Prabumulih pada tahun 2010 memiliki luas sawah 1 625.75 ha dengan emisi CH₄ sebesar 0.587CH₄ atau sebesar 1.61 Gg CO₂. Hasil simulasi menunjukkan setiap tahunnya terjadi penurunan luasan sawah secara signifikan. Pada tahun 2014 luas sawah sekitar 1 409.68 ha dan menghasilkan emisi CO₂ sebesar 1.40 Gg CO₂. Semakin besar luas sawah maka emisi CO₂ yang dihasilkan akan besar, begitu juga sebaliknya. Tahun 2024 menurut hasil simulasi luasan sawah akan terus menurun sehingga secara tidak langsung

emisi yang dihasilkan akan terus menurun. Emisi CO₂ yang dihasilkan oleh areal persawah pada tahun 2024 yaitu 0.772 Gg CO₂.

KESIMPULAN

Emisi yang bersumber dari penduduk tahun 2010 sebesar 55,98 Gg CO₂ dengan jumlah penduduk 161.984 orang, tahun 2017 sebesar 64.01 Gg CO₂ (185. 220 orang) dan dilakukan simulasi 7 tahun kedepan, tahun 2024 diduga meningkat menjadi 73.31 Gg CO₂ (212.132 orang). Emisi yang dihasilkan oleh areal persawah tahun 2010 sebesar 1,61 Gg CO₂ dengan luas lahan 1.625,75 ha, tahun 2017 sebesar 1,22 Gg CO₂ (1233.21 ha) dan simulasi untuk tahun 2024 emisi yang dihasilkan sebesar 0,772 Gg CO₂ (779,45 ha). Terjadinya peningkatan dan penurunan emisi CO₂ yang dihasilkan oleh sumber berbanding lurus dengan jumlah penduduk dan luasan lahan sawah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan untuk DIKTI untuk pendanaan penelitian dalam program Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri Calon Dosen (BPPDN) Tahun 2013.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS. 2014. Prabumulih Dalam Angka Tahun 2014 (*Prabumulih in Figures 2014*).
- Dahlan, E. N. 2007. Analisis Kebutuhan Luasan Hutan Kota Sebagai Sink Gas CO₂ Antropogenik Dari Bahan Bakar Minyak Dan Gas di Kota Bogor dengan Pendekatan Sistem Dinamik. [Disertasi]. Bogor: *Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor*.
- Dahlan, E. N. 2011. Kebutuhan Luasan Areal Hutan Kota Sebagai Rosot (Sink) Gas CO₂ untuk Mengantisipasi Penurunan Luasan Ruang Terbuka Hijau di Kota Bogor', *Forum Geografi*, 25(2): 164–177.
- IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 1996. Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories workbook. [terhubung berkala]. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs5.html> [06 Juli 2015].
- Pratiwi, Y., Dachlan, E. N. & Prasetyo, L. B. 2016. Kebutuhan Hutan Kota Berdasarkan Emisi Karbondioksida di Kota Prabumulih Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 6(1): 45–52.
- Qodriyanti, N. 2010. Distribusi dan Kecukupan Luasan Hutan Kota Sebagai Rosot Karbondioksida dengan Aplikasi Sistem Informasi Geografi dan Penginderaan Jauh di Kota Pematangsiantar, Sumatera Utara. [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Septiana, D., Indrawan, A. & Dahlan, E. N. 2004. Prediksi Kebutuhan Hutan Kota Berbasis Oksigen di Kota Padang, Sumatera Barat. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. X(2): 47–57.