

DISTRIBUSI SPASIAL DAN TEMPORAL KONSENTRASI KARBON DIOKSIDA DAN METANA DI INDONESIA TAHUN 2003-2005 HASIL OBSERVASI SCIAMACHY

Wiwiek Setyawati dan Afif Budiyo
Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer Dan Iklim-LAPAN
Jl. Dr. Djundjunan 133, Bandung
E-mail: wiwieksetyawati21@gmail.com

Abstract

Carbondioxide (CO₂) and methane (CH₄) are ones of green house gases responsible of global warming on the earth. Forest/land fires in Indonesia results in high concentrations of CO₂ and CH₄ in Indonesia. This study uses total column data of CO₂ and CH₄ obtained from SCIAMACHY-ENVISAT, and hotspot data as indicator of forest/land fires obtained from NOAA-NASA from 2003-2005. Data analysis results by using statistics method showed that in 2003 maximum annual mean of CO₂ were found in Gorontalo (384 ppm) and minimum in Nangroe Aceh Darussalam (364 ppm), in the other hand maximum annual mean CH₄ was found in Riau (1.749 ppm) and minimum in Kepulauan Bangka Belitung (1.699 ppm). In 2004 maximum annual mean of CO₂ was found in DKI Jakarta (399 ppm) and minimum CO₂ in Papua (368 ppm), in the other hand maximum annual mean of CH₄ was found in Bengkulu (1.745 ppm) and minimum CH₄ in Kepulauan Bangka Belitung (1.691 ppm). In 2005 maximum annual mean of CO₂ was found in Gorontalo (387 ppm) and minimum CO₂ in South Sulawesi (371 ppm), in the other hand maximum annual mean of CH₄ was found in Banten (1.813 ppm) and minimum CH₄ in Nusa Tenggara Timur (1.686 ppm). In 2003 maximum total cumulative of hotspot was found in Central Kalimantan (11,086) and minimum in Maluku (6). In 2004 maximum total cumulative of hotspot was found in Central Kalimantan (18,177) and minimum in Maluku and North Maluku (6). In 2005 maximum total cumulative hotspot was found in Riau (27,854) and minimum in Bali (2).

Keywords: CO₂, CH₄, forest fires, hotspots.

Abstrak

Karbondioksida (CO₂) dan metana (CH₄) merupakan salah satu dari gas rumah kaca (GRK) yang ditengarai bertanggung jawab terhadap pemanasan global di muka bumi. Kebakaran hutan/lahan dianggap sebagai salah satu penyebab tingginya konsentrasi CO₂ dan CH₄ di Indonesia. Studi ini menggunakan data konsentrasi total kolom CO₂ dan CH₄ dari hasil pengolahan data sensor SCIAMACHY milik ENVISAT, sedangkan data titik api yang merupakan indikator kebakaran lahan/hutan diperoleh dari data satelit NOAA milik NASA dari tahun 2003-2005. Hasil analisis data menggunakan metode statistik menunjukkan pada tahun 2003 maksimum CO₂ ditemukan di propinsi Gorontalo (384 ppm) dan minimum CO₂ di propinsi Nangroe Aceh Darussalam (364 ppm), sedangkan maksimum CH₄ ditemukan di propinsi Riau (1,749 ppm) dan minimum CH₄ di propinsi Kepulauan Bangka Belitung (1,699 ppm). Pada tahun 2004 maksimum CO₂ ditemukan di propinsi DKI Jakarta (399 ppm) dan minimum CO₂ di propinsi Papua (368 ppm), sedangkan maksimum CH₄ ditemukan di propinsi Bengkulu (1,745 ppm) dan minimum CH₄ di propinsi Kepulauan Bangka Belitung (1,691 ppm). Pada tahun 2005 maksimum CO₂ ditemukan di propinsi Gorontalo (387 ppm) dan minimum CO₂ di propinsi Sulawesi Selatan (371 ppm), sedangkan maksimum CH₄ ditemukan di propinsi Banten (1,813 ppm) dan minimum CH₄ di propinsi Nusa Tenggara Timur (1,686 ppm). Pada tahun 2003 maksimum titik api ditemukan di propinsi Kalimantan tengah (11.086) dan minimum titik api di propinsi Maluku (6). Pada tahun 2004 maksimum titik api ditemukan di propinsi kalimantan Tengah (18.177) dan minimum titik api di propinsi Maluku dan propinsi Maluku Utara (6). Sedangkan pada tahun 2005 maksimum titik api ditemukan di Riau (27.854) dan minimum di propinsi Bali (2).

Kata kunci: CO₂, CH₄, kebakaran hutan, titik api.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki hutan tropis yang ketiga terluas di dunia setelah Brasil dan Republik Demokrat Kongo (*Global Forest Watch*, 2000). Total luas hutan tropis di Indonesia berdasarkan perkiraan dari *Global Forest Watch* pada tahun 2000 adalah sekitar 98.255 ribu hektar dan laju pengurangannya dari tahun 1985-1997 adalah sekitar 1,7% pertahun. Salah satu penyebab kerusakan hutan tropis adalah kebakaran hutan yang rutin terjadi setiap tahun, terutama di Sumatera dan Kalimantan. Kebakaran hutan akan memberikan kontribusi terhadap gas telusur seperti CO₂ (karbondioksida), CH₄ (metana), N₂O (dinitrogen oksida), O₃ (ozon) dan aerosol di atmosfer bumi kita.

Kebakaran hutan menjadi penyebab Indonesia menduduki negara ketiga penghasil karbon terbesar di dunia setelah Brasil dan Amerika Serikat. Berdasarkan laporan IPCC diperkirakan kebakaran hutan di Indonesia tahun 1997 mengemisikan 0,81 hingga 2,57 gigaton CO₂ ke atmosfer, yaitu sekitar 13-40% dari emisi CO₂ tahunan dari pembakaran bahan bakar fosil. Hasil pengukuran gas CO₂ di Kototabang, kerjasama antara BMKG dan NOAA dari tahun 2004 sampai tahun 2007, dilaporkan cenderung naik. Laporan IPCC 2007 dengan basis data terakhirnya tahun 2005 menunjukkan konsentrasi global CO₂ di atmosfer sebesar 379 ppm sedangkan di bukit Kototabang 375 ppm, berarti lebih rendah 4 ppm dari konsentrasi global (BMKG, 2009). Demikian pula trend penurunan konsentrasi CH₄ di Bukit Kototabang tampaknya sejalan dengan trend penurunan konsentrasi CH₄ global sejak tahun 1990 seperti yang ada dalam laporan IPCC tahun 2007. Jika di bandingkan dengan konsentrasi global CH₄ yang basis data terakhirnya tahun 2005, maka konsentrasi CH₄ di udara latar Bukit Kototabang lebih tinggi 30 ppb (BMKG, 2009).

Gas CO₂ (karbondioksida) dan CH₄ (metana) adalah gas rumah kaca yang ditengarai bertanggung jawab terhadap pemanasan global di muka bumi. Hal ini disebabkan molekul-molekul CO₂ dan CH₄ yang berada di atmosfer menyerap sebagian radiasi matahari berupa gelombang panjang atau radiasi infra merah yang dipantulkan dari bumi. Kemudian sebagian dari radiasi matahari dalam bentuk gelombang panjang diteruskan ke ruang angkasa. Terperangkapnya radiasi matahari oleh gas-gas CO₂ dan CH₄ yang merupakan gas rumah kaca yang berlangsung berulang-ulang mengakibatkan terjadinya akumulasi radiasi matahari di atmosfer bumi dan menyebabkan pemanasan di muka bumi.

Gas rumah kaca umumnya mempunyai waktu tinggal yang cukup lama di atmosfer sehingga mempengaruhi iklim secara global untuk jangka waktu yang sama dengan waktu hidupnya. Setiap gas-gas rumah kaca mempunyai pengaruh terhadap pemanasan global (*global warming*) tergantung efektivitas molekul memerangkap radiasi infra merah, konsentrasi gas dan waktu tinggalnya di atmosfer. Sebagai contoh 1 kg CH₄ yang diemisikan akan menyebabkan pemanasan global 9 kali lebih tinggi dibandingkan 1 kg CO₂.

Kajian *paper* ini menitik beratkan pada perbedaan kontribusi CO₂ dan CH₄ dikarenakan jumlah titik api di wilayah Indonesia. Berdasarkan perbedaan besar kecilnya kontribusi tersebut akan memberikan gambaran sumber-sumber yang mempengaruhinya.

2. DATA DAN METODE

Data rata-rata bulanan total kolom CO₂ dan CH₄ level 2b tahun 2003-2005 yang digunakan dalam data analisis diperoleh dari instrumen satelit SCIAMACHY channel 6 dengan panjang gelombang 1630-1671 nm dan resolusi 60x30 km² untuk CH₄ dan 1558-

1594 nm untuk CO₂ yang diunduh dari website *University of Bremen* (http://www.iup.uni-bremen.de/sciamachy/NIR_NADIR_WFM_DOAS/index.html). Data total kolom CO₂ dan CH₄ global kemudian *dicropping* untuk wilayah Indonesia (6^o LU, 92,5^o BT; -11^o LS, 142^o BT) dan dipilih untuk data dengan kualitas akhir bagus yaitu nilai XCH₄FQ dan XCO₂FQ sama dengan nol menggunakan software SPSS. Kode XCO₂ menyatakan *mixing ratio* rata-rata kolom udara kering dari CO₂ dan FQ adalah singkatan dari *Final Quality*. Nilai nol menggambarkan data kualitas bagus yaitu untuk kondisi tidak berawan dan permukaan daratan yang bebas dari salju dan es.

Dari nilai lintang dan bujur maka ditentukan letak geografisnya berdasarkan propinsi di Indonesia menggunakan software ARCVIEW/GIS ver. 3.1. Selanjutnya data total kolom CO₂ dan CH₄ tersebut dirata-ratakan berdasarkan wilayah propinsi menggunakan software SPSS. Kemudian analisis statistik menggunakan EXCEL dilakukan untuk membuat rata-rata tahunan dan bulanan CO₂ dan CH₄ berdasarkan wilayah propinsi di Indonesia. Adapun analisa statistik yang dilakukan adalah perhitungan maksimum, minimum, rata-rata, jumlah sampel dan deviasi standar tahunan.

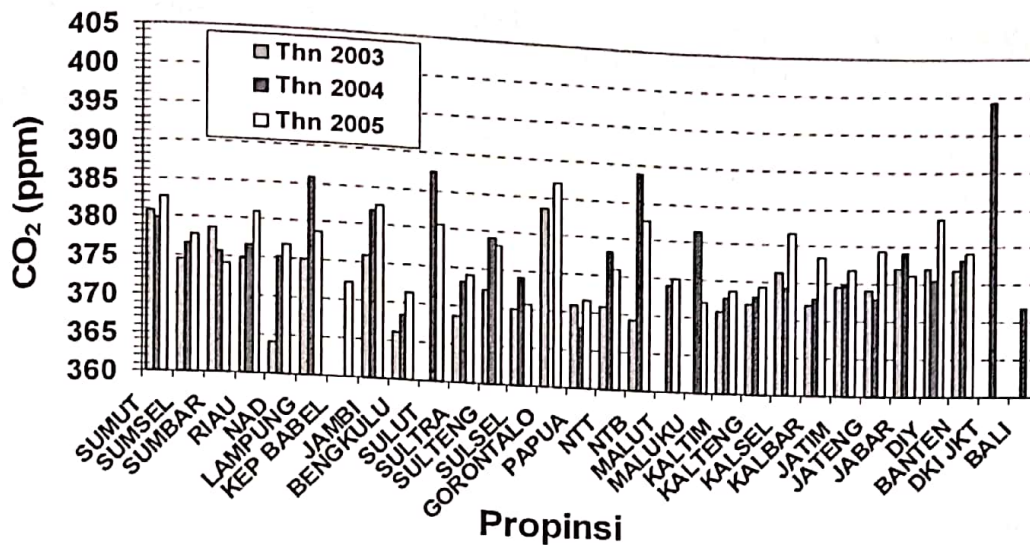
Data harian titik api tahun 2003-2005 yang digunakan dalam analisis data diperoleh dari satelit NOAA yang diunduh dari website Departemen Kehutanan Republik Indonesia (<http://www.dephut.go.id>). Selanjutnya data titik api tersebut diolah total kumulatif bulannya berdasarkan wilayah propinsi di Indonesia menggunakan software SPSS. Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan *spreadsheet* EXCEL untuk membuat rata-rata tahunan dan bulanan titik api seluruh Indonesia.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Distribusi Karbondioksida (CO₂), Metana (CH₄) dan Titik api di Indonesia

Rata-rata tahunan total kolom Karbondioksida (CO₂) dalam ppm hasil olahan data observasi SCIAMACHY tahun 2003-2005 berdasarkan wilayah propinsi di Indonesia ditampilkan dalam Gambar 3.1. Adapun jumlah data perwilayah propinsi yang digunakan untuk menghitung rata-rata tahunan CO₂ tersebut ditunjukkan dalam Tabel 3.1, 3.2, dan 3.3. Pada tahun 2003 maksimum CO₂ ditemukan di propinsi Gorontalo (384 ppm) dan minimum CO₂ di propinsi Nangroe Aceh Darussalam (364 ppm). Pada tahun 2004 maksimum CO₂ ditemukan di propinsi DKI Jakarta (399 ppm) dan minimum CO₂ di propinsi Papua (368 ppm). Sedangkan pada tahun 2005 maksimum CO₂ ditemukan di propinsi Gorontalo (387 ppm) dan minimum CO₂ di propinsi Sulawesi Selatan (371 ppm).

Nilai rata-rata tahunan total kolom CO₂ seluruh wilayah Indonesia pada tahun 2003, tahun 2004 dan tahun 2005 masing-masing adalah sebesar 374 ppm, 378 ppm dan 378 ppm. Terlihat adanya kenaikan nilai rata-rata tahunan total kolom CO₂ dari tahun 2003-2004 sebesar 1,1 % atau 4 ppm, sedangkan dari tahun 2004-2005 tidak terdapat kenaikan maupun penurunan nilai total kolom CO₂. Rata-rata global CO₂ adalah 377,1 ppm pada tahun 2004, ada kenaikan sebesar 1,8 ppm terhadap tahun sebelumnya. Bila dibandingkan terhadap periode sebelum jaman industri adalah sebesar 135%. Selama periode 10 tahun dari 1994 sampai 2004 terjadi kecepatan kenaikan global CO₂ yang signifikan yaitu 1,9 ppm/ tahun. Sebagai dampak dari kejadian *El Niño-Southern Oscillation* (ENSO) tahun 2002/2003 dalam kategori moderat (Tabel El-Nino) (*Japan Meteorological Agency*, 2009).



Gambar 3.1. Distribusi rata-rata tahunan total kolom CO₂ (ppm) perwilayah propinsi di Indonesia tahun 2003-2005 hasil olahan data SCIAMACHY.

Tabel 3.1. Hasil analisa statistik data total kolom CO₂ dalam ppm untuk tiap wilayah propinsi di Indonesia tahun 2003.

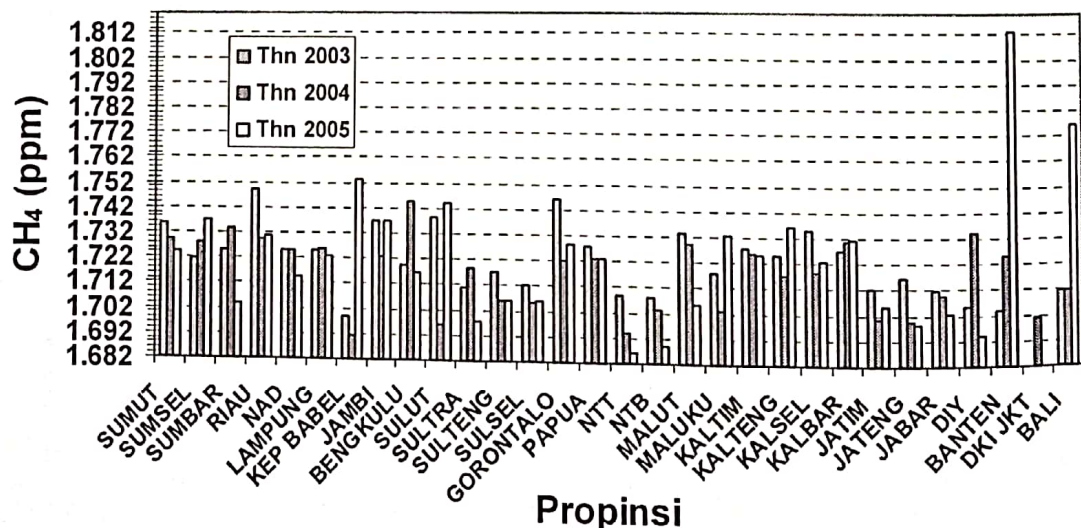
Propinsi	CO ₂ (Maks)	CO ₂ (Min)	CO ₂ (Rata-rata)	CO ₂ (N)	CO ₂ (Stdev)
Sumatera Utara	399,776	361,191	380,722	20	10,748
Sumatera Selatan	387,769	359,115	374,507	63	6,556
Sumatera Barat	389,386	366,600	378,658	9	6,801
Riau	394,039	363,558	374,927	18	7,343
Nanggroe Aceh Darussalam	371,431	354,627	364,125	3	8,614
Lampung	388,048	367,612	375,060	14	6,800
Jambi	395,012	362,699	376,098	22	8,309
Bengkulu	373,472	361,510	366,162	4	5,127
Sulawesi Tenggara	395,528	357,123	368,601	11	10,579
Sulawesi Tengah	398,440	357,508	372,265	9	11,195
Sulawesi Selatan	379,753	344,075	370,061	19	8,811
Gorontalo	388,484	379,594	383,547	3	4,526
Papua	387,268	349,480	371,059	47	8,598
Nusa Tenggara Timur	377,556	366,166	371,063	5	4,630
Nusa Tenggara Barat	369,398	369,398	369,398	1	
Kalimantan Timur	391,718	354,101	371,077	96	7,589
Kalimantan Tengah	399,476	348,716	372,081	117	10,358
Kalimantan Selatan	392,697	364,587	376,359	26	8,070
Kalimantan Barat	388,745	353,683	372,215	46	9,043
Jawa Timur	391,742	363,587	374,577	23	8,245
Jawa Tengah	390,493	360,682	374,150	57	6,904
Jawa Barat	393,821	362,051	377,186	25	8,982
DI Yogyakarta	377,277	376,833	377,055	2	0,314
Banten	385,288	366,311	376,914	7	7,547

Ket: Maks = maksimum, Min = minimum, N=jumlah sampel, Stdev =deviasi standar

Tabel 3.2. Hasil analisa statistik data total kolom CO₂ dalam ppm untuk tiap wilayah propinsi di Indonesia tahun 2004.

Propinsi	CO ₂ (Maks)	CO ₂ (Min)	CO ₂ (Rata-rata)	CO ₂ (N)	CO ₂ (Stdev)
Sumatera Utara	399,776	361,191	380,722	20	10,748
Sumatera Selatan	387,769	359,115	374,507	63	6,556
Sumatera Barat	389,386	366,600	378,658	9	6,801
Riau	394,039	363,558	374,927	18	7,343
Nanggroe Aceh Darussalam	371,431	354,627	364,125	3	8,614
Lampung	388,048	367,612	375,060	14	6,800
Jambi	395,012	362,699	376,098	22	8,309
Bengkulu	373,472	361,510	366,162	4	5,127
Sulawesi Tenggara	395,528	357,123	368,601	11	10,579
Sulawesi Tengah	398,440	357,508	372,265	9	11,195
Sulawesi Selatan	379,753	344,075	370,061	19	8,811
Gorontalo	388,484	379,594	383,547	3	4,526
Papua	387,268	349,480	371,059	47	8,598
Nusa Tenggara Timur	377,556	366,166	371,063	5	4,630
Nusa Tenggara Barat	369,398	369,398	369,398	1	
Kalimantan Timur	391,718	354,101	371,077	96	7,589
Kalimantan Tengah	399,476	348,716	372,081	117	10,358
Kalimantan Selatan	392,697	364,587	376,359	26	8,070
Kalimantan Barat	388,745	353,683	372,215	46	9,043
Jawa Timur	391,742	363,587	374,577	23	8,245
Jawa Tengah	390,493	360,682	374,150	57	6,904
Jawa Barat	393,821	362,051	377,186	25	8,982
DI Yogyakarta	377,277	376,833	377,055	2	0,314
Banten	385,288	366,311	376,914	7	7,547

Ket: Maks = maksimum, Min = minimum, N=jumlah sampel, Stdev =deviasi standar



Gambar 3.2. Distribusi rata-rata tahunan total kolom CH₄ (ppm) perwilayah propinsi di Indonesia tahun 2003-2005 hasil olahan data SCIAMACHY.

Tabel 3.3. Hasil analisa statistik data total kolom CO₂ dalam ppm untuk tiap wilayah propinsi di Indonesia tahun 2005.

Propinsi	CO ₂ (Maks)	CO ₂ (Min)	CO ₂ (Rata-rata)	CO ₂ (N)	CO ₂ (Stdev)
Sumatera Utara	398,182	371,451	382,519	9	9,877
Sumatera Selatan	397,621	362,414	377,923	82	7,555
Sumatera Barat	379,149	364,542	374,055	3	8,245
Riau	389,599	369,111	381,009	11	5,812
Naggroe Aceh Darussalam	395,723	352,619	376,889	15	12,497
Lampung	395,631	367,906	378,748	33	7,090
Kepulauan Bangka Belitung	372,423	372,423	372,423	1	
Jambi	390,187	377,512	382,646	7	5,344
Bengkulu	376,560	368,234	371,481	3	4,455
Sulawesi Utara	380,558	380,558	380,558	1	
Sulawesi Tenggara	393,334	355,266	374,267	24	9,588
Sulawesi Tengah	386,249	371,949	378,356	6	4,900
Sulawesi Selatan	385,354	353,133	370,768	31	8,832
Gorontalo	390,061	385,121	386,861	3	2,775
Papua	394,207	351,452	371,666	171	7,911
Nusa Tenggara Timur	389,410	363,193	376,088	20	7,457
Nusa Tenggara Barat	391,506	374,925	382,700	5	8,197
Maluku Utara	375,142	375,142	375,142	1	
Maluku Utara	385,581	361,015	372,163	3	12,439
Kalimantan Timur	399,213	353,896	373,616	108	8,512
Kalimantan Tengah	392,898	359,013	374,352	107	7,040
Kalimantan Selatan	397,512	368,038	381,651	23	7,110
Kalimantan Barat	403,547	361,245	378,552	98	7,911
Jawa Timur	398,797	361,630	376,845	50	8,624
Jawa Tengah	394,361	363,849	379,504	39	8,745
Jawa Barat	390,846	362,698	376,261	18	8,097
DI Yogyakarta	392,570	376,581	383,787	3	8,110
Banten	379,250	379,250	379,250	1	

Ket: Maks = maksimum, Min = minimum, N=jumlah sampel, Stdev =deviasi standar

Rata-rata tahunan total kolom Metana (CH₄) dalam ppb hasil olahan data observasi SCIAMACHY tahun 2003-2005 berdasarkan wilayah propinsi di Indonesia ditampilkan dalam Gambar 3.2. Adapun jumlah data pertahun perwilayah propinsi yang digunakan untuk menghitung rata-rata tahunan CH₄ tersebut ditunjukkan dalam Tabel 3.4, 3.5, dan 3.6. Pada tahun 2003 maksimum CH₄ ditemukan di propinsi Riau (1,749 ppm) dan minimum CH₄ di propinsi Kepulauan Bangka Belitung (1,699 ppm). Pada tahun 2004 maksimum CH₄ ditemukan di propinsi Bengkulu (1,745 ppm) dan minimum CH₄ di propinsi Kepulauan Bangka Belitung (1,691 ppm). Sedangkan pada tahun 2005 maksimum CH₄ ditemukan di propinsi Banten (1,813 ppm) dan minimum CH₄ di propinsi Nusa Tenggara Timur (1,686 ppm).

Nilai rata-rata tahunan total kolom CH₄ seluruh wilayah Indonesia pada tahun 2003, tahun 2004 dan tahun 2005 masing-masing adalah sebesar 1,722 ppm, 1,717 ppm dan 1,723 ppm. Terlihat adanya penurunan nilai rata-rata tahunan total kolom CH₄ dari tahun 2003 ke 2004 sebesar 0,29 %, sedangkan dari tahun 2004 ke 2005 terjadi kenaikan sebesar 0,35%. Hal ini terkait dengan kejadian El-Nino yang moderat pada 2002-2003 menyebabkan kekeringan di Indonesia sehingga terjadi kebakaran hutan (El Nino, 2008).

Pada tahun 2005 saat musim penghujan, rawa dan genangan air akan juga memberikan kontribusi CH₄ ke atmosfer. Selama 10 tahun dalam periode 1994-2004, terjadi kecepatan pertumbuhan CH₄ global 3,7 ppb/tahun. Pada tahun 2004, rata-rata tahunan global CH₄ adalah 1,738 ppm, yang mana sama dengan nilai tahun 2003. Nilai ini tinggi bila dikaitkan dengan pra industri dengan kenaikan sebesar 255% (*World Meteorological Organization (WMO) and Japan Meteorological Agency, 2009*).

Tabel 3.4. Hasil analisa statistik data total kolom CH₄ dalam ppm untuk tiap wilayah propinsi di Indonesia tahun 2003.

Propinsi	CH ₄ (Maks)	CH ₄ (Min)	CH ₄ (Rata-rata)	CH ₄ (N)	CH ₄ (Stdev)
Sumatera Utara	1,788	1,673	1,736	39	0,033
Sumatera Selatan	1,789	1,654	1,722	80	0,030
Sumatera Barat	1,778	1,625	1,725	19	0,043
Sulawesi Utara	1,769	1,682	1,738	4	0,039
Sulawesi Tenggara	1,771	1,641	1,711	40	0,030
Sulawesi Tengah	1,798	1,650	1,717	35	0,032
Sulawesi Selatan	1,794	1,623	1,713	108	0,026
Riau	1,823	1,700	1,749	48	0,030
Papua	1,809	1,647	1,728	388	0,028
Nusa Tenggara Timur	1,804	1,634	1,709	63	0,028
Nusa Tenggara Barat	1,792	1,631	1,708	43	0,030
Nanggroe Aceh Darussalam	1,800	1,671	1,725	9	0,038
Maluku Utara	1,766	1,684	1,733	13	0,027
Maluku Utara	1,772	1,640	1,718	18	0,035
Lampung	1,789	1,682	1,725	39	0,023
Kepulauan Bangka Belitung	1,729	1,651	1,699	6	0,031
Kalimantan Timur	1,823	1,639	1,728	297	0,027
Kalimantan Tengah	1,800	1,650	1,725	351	0,026
Kalimantan Selatan	1,795	1,676	1,735	72	0,026
Kalimantan Barat	1,827	1,602	1,727	183	0,032
Jawa Timur	1,785	1,645	1,712	80	0,028
Jawa Tengah	1,787	1,644	1,717	66	0,030
Jawa Barat	1,772	1,654	1,712	58	0,029
Jambi	1,787	1,683	1,737	37	0,026
Gorontalo	1,822	1,703	1,746	10	0,037
DI Yogyakarta	1,769	1,666	1,706	12	0,030
Bengkulu	1,777	1,683	1,719	19	0,026
Banten	1,755	1,651	1,704	13	0,030
Bali	1,768	1,674	1,712	4	0,043

Ket: Maks = maksimum, Min = minimum, N=jumlah sampel, Stdev = deviasi standar

Tabel 3.5. Hasil analisa statistik data total kolom CH₄ dalam ppm untuk tiap wilayah propinsi di Indonesia tahun 2004.

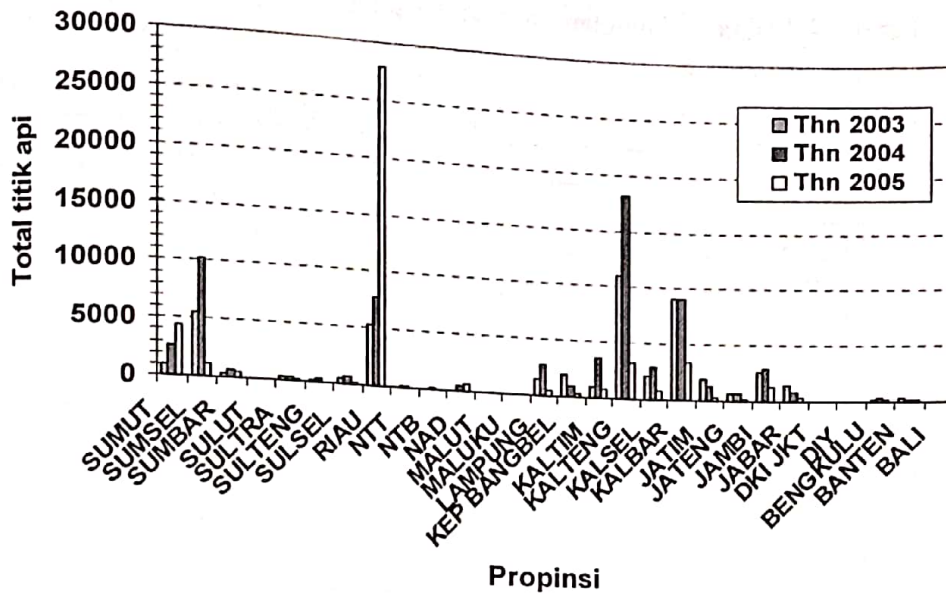
Propinsi	CH ₄ (Maks)	CH ₄ (Min)	CH ₄ (Rata- rata)	CH ₄ (N)	CH ₄ (Stdev)
Sumatera Utara	1,836	1,665	1,732	30	0,046
Sumatera Selatan	1,808	1,665	1,728	100	0,026
Sumatera Barat	1,797	1,699	1,747	10	0,028
Sulawesi Utara	1,742	1,639	1,696	3	0,052
Sulawesi Tenggara	1,807	1,666	1,719	33	0,033
Sulawesi Tengah	1,766	1,633	1,706	33	0,034
Sulawesi Selatan	1,847	1,625	1,705	112	0,036
Riau	1,816	1,677	1,736	75	0,031
Papua	1,860	1,628	1,723	352	0,031
Nusa Tenggara Timur	1,777	1,639	1,693	54	0,028
Nusa Tenggara Barat	1,796	1,624	1,705	30	0,037
Nanggroe Aceh Darussalam	1,779	1,663	1,725	12	0,039
Maluku Utara	1,764	1,681	1,729	11	0,029
Maluku	1,755	1,639	1,703	13	0,036
Lampung	1,781	1,665	1,726	38	0,028
Kepulauan Bangka Belitung	1,761	1,645	1,691	10	0,036
Kalimantan Timur	1,800	1,645	1,727	307	0,031
Kalimantan Tengah	1,799	1,637	1,717	241	0,026
Kalimantan Selatan	1,793	1,616	1,719	56	0,032
Kalimantan Barat	1,794	1,654	1,731	140	0,029
Jawa Timur	1,770	1,610	1,700	63	0,032
Jawa Tengah	1,741	1,659	1,699	45	0,023
Jawa Barat	1,766	1,664	1,709	27	0,024
Jambi	1,782	1,687	1,727	26	0,026
Gorontalo	1,759	1,671	1,722	6	0,032
DKI Jakarta	1,734	1,734	1,734	1	
DI Yogyakarta	1,719	1,672	1,701	5	0,021
Bengkulu	1,783	1,693	1,745	6	0,030
Banten	1,751	1,663	1,725	10	0,026
Bali	1,723	1,702	1,712	3	0,011

Ket: Maks = maksimum, Min = minimum, N=jumlah sampel, Stdev = deviasi standar

Tabel 3.6. Hasil analisa statistik data total kolom CH₄ dalam ppm untuk tiap wilayah propinsi di Indonesia tahun 2005.

Propinsi	CH ₄ (Maks)	CH ₄ (Min)	CH ₄ (Rata- rata)	CH ₄ (N)	CH ₄ (Stdev)
Sumatera Utara	1,812	1,634	1,725	28	0,046
Sumatera Selatan	1,847	1,629	1,737	77	0,044
Sumatera Barat	1,827	1,504	1,704	15	0,072
Sulawesi Utara	1,842	1,680	1,744	4	0,069
Sulawesi Tenggara	1,822	1,549	1,697	47	0,056
Sulawesi Tengah	1,793	1,605	1,706	16	0,045
Sulawesi Selatan	1,818	1,612	1,706	77	0,044
Riau	1,863	1,644	1,731	39	0,052
Papua	1,850	1,553	1,723	363	0,047
Nusa Tenggara Timur	1,859	1,500	1,686	106	0,057
Nusa Tenggara Barat	1,764	1,617	1,689	17	0,043
Nanggroe Aceh Darussalam	1,825	1,593	1,714	18	0,077
Maluku Utara	1,782	1,630	1,706	4	0,062
Maluku	1,771	1,697	1,733	7	0,024
Lampung	1,789	1,661	1,723	31	0,031
Kepulauan Bangka Belitung	1,757	1,750	1,754	2	0,005
Kalimantan Timur	1,848	1,539	1,725	219	0,046
Kalimantan Tengah	1,888	1,599	1,736	133	0,057
Kalimantan Selatan	1,812	1,581	1,723	22	0,055
Kalimantan Barat	1,854	1,619	1,731	114	0,046
Jawa Timur	1,858	1,532	1,706	56	0,057
Jawa Tengah	1,835	1,581	1,698	31	0,061
Jawa Barat	1,821	1,573	1,703	10	0,063
Jambi	1,818	1,670	1,737	22	0,042
Gorontalo	1,816	1,673	1,729	7	0,054
DI Yogyakarta	1,713	1,661	1,694	3	0,029
Bengkulu	1,811	1,649	1,717	10	0,054
Banten	1,839	1,786	1,813	2	0,037
Bali	1,776	1,776	1,776	1	

Ket: Maks = maksimum, Min = minimum, N=jumlah sampel, Stdev =deviasi standar



Gambar 3.3. Total kumulatif tahunan titik api perwilayah propinsi di Indonesia tahun 2003-2005 hasil olahan data NOAA yang diunduh dari website Kementerian Kehutanan RI (<http://www.dephut.go.id>).

Total kumulatif tahunan titik api hasil olahan data NOAA yang diunduh dari website Departemen Kehutanan RI tahun 2003-2005 berdasarkan wilayah propinsi di Indonesia ditampilkan dalam Gambar 3.3. Pada tahun 2003 maksimum titik api ditemukan di propinsi Kalimantan tengah (11.086) dan minimum titik api di propinsi Maluku (6). Pada tahun 2004 maksimum titik api ditemukan di propinsi Kalimantan Tengah (18.177) dan minimum titik api di propinsi Maluku dan propinsi Maluku Utara (6). Sedangkan pada tahun 2005 maksimum titik api ditemukan di Riau (27.854) dan minimum di propinsi Bali (2).

Nilai total kumulatif titik api tahunan untuk seluruh wilayah Indonesia pada tahun 2003, tahun 2004 dan tahun 2005 masing-masing adalah sebesar 58.374, 85.203 dan 74.612. Terlihat adanya kenaikan total kumulatif tahunan titik api dari tahun 2003-2004 sebesar 45,96 %, sedangkan dari tahun 2004-2005 terjadi penurunan sebesar 12,43%. Pada tahun 2003-2004 di wilayah Indonesia mengalami kemarau panjang dikarenakan kejadian El Nino dibandingkan tahun 2004-2005 (El Nino, 2008). Dampak kekeringan tentunya akan memacu jumlah titik api.

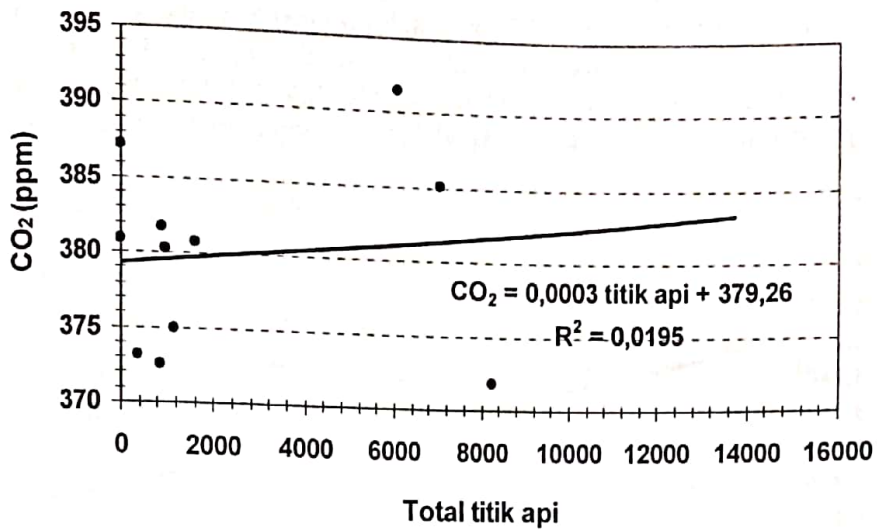
Pada kebakaran hutan periode tahun 2003-2005 di Indonesia kumulatif titik api tahunan yang relatif tinggi sebagaimana terpantau oleh satelit NOAA ditemukan di Pulau Sumatera dan Kalimantan seperti ditunjukkan pada Tabel 7. Di Sumatera nilai titik api tahunan tertinggi tahun 2003 ditemukan di propinsi Sumatera Selatan sebanyak 5.333 dan tahun 2004 sebanyak 10.201, sedangkan pada tahun 2005 nilai tertinggi ditemukan di propinsi Riau sebanyak 27.854. Di Kalimantan nilai tertinggi titik api tahunan tahun 2003 ditemukan di propinsi Kalimantan Tengah sebanyak 11.086 dan tahun 2004 sebanyak 18.177, sedangkan pada tahun 2005 nilai tertinggi ditemukan di propinsi Kalimantan Barat sebanyak 3.405. Tahun 2003 maksimum titik api di propinsi Maluku (6). Pada tahun 2004 maksimum titik api ditemukan di propinsi Kalimantan Tengah (18.177) dan minimum titik api di propinsi Maluku dan propinsi Maluku Utara (6). Sedangkan pada tahun 2005 maksimum titik api ditemukan di Riau (27.854) dan minimum di propinsi Bali (2).

Tabel 3.7. Frekuensi kumulatif tahunan kejadian titik api di beberapa propinsi di Indonesia.

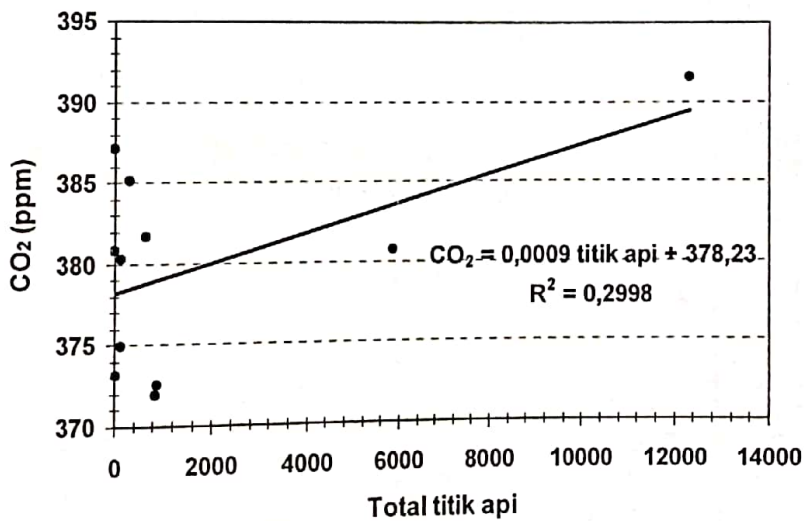
Propinsi	2003	2004	2005
NAD	42	522	643
SUMUT	1.035	2.515	4.324
SUMBAR	361	599	504
RIAU	5.333	7.823	27.854
JAMBI	2.548	2.944	1.235
SUMSEL	5.449	10.201	1.210
BANGBEL	1.982	951	291
BENGGULU	202	259	222
LAMPUNG	1.460	2.705	430
DKI JKT	53	47	25
BANTEN	381	166	104
JABAR	1.450	877	320
JATENG	672	620	206
DIY	8	36	15
JATIM	1.943	1.248	372
KALBAR	9.060	9.134	3.405
KALTENG	11.086	18.177	3.317
KALSEL	2.182	2.922	888
KALTIM	929	3.646	865
SULUT	10	33	43
SULTENG	153	250	34
SULTRA	350	401	156
SULSEL	536	595	146
BALI	21	44	2
NTB	28	202	50
MALUT	10	97	53
MALUKU	4	6	32

3.2. Korelasi antara titik api dan CO₂

Karbondioksida merupakan salah satu produk yang dihasilkan dari pembakaran biomassa. Hasil analisis total kumulatif bulanan titik api dan rata-rata bulanan total kolom CO₂ untuk wilayah rawan kebakaran hutan yaitu Propinsi Riau dan Kalimantan Barat menunjukkan adanya korelasi linier positif antara total titik api dan CO₂ seperti ditunjukkan pada Gambar 3-4 dan 3-5. Persamaan regresi sederhananya adalah CO₂ (ppm) = 0,0003 titik api + 379,26 untuk propinsi Riau dan CO₂ (ppm) = 0,0009 titik api + 378,23 untuk propinsi Kalimantan Barat. Nilai koefisien korelasi untuk propinsi Riau dan Kalimantan Barat masing-masing adalah sebesar 0,140 dan 0,548. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh total titik api terhadap CO₂ tidak dominan/lemah untuk propinsi Riau, sedangkan untuk propinsi Kalimantan Barat ditemukan adanya pengaruh titik api yang cukup dominan terhadap CO₂.



Gambar 3.4. Grafik regresi sederhana antara titik api dan CO₂ (ppm) untuk wilayah propinsi Riau. Sumbu x merupakan nilai total kumulatif bulanan titik api sedangkan sumbu y merupakan nilai rata-rata bulanan CO₂ (ppm) selama kurun waktu 3 tahun (tahun 2003-2005).

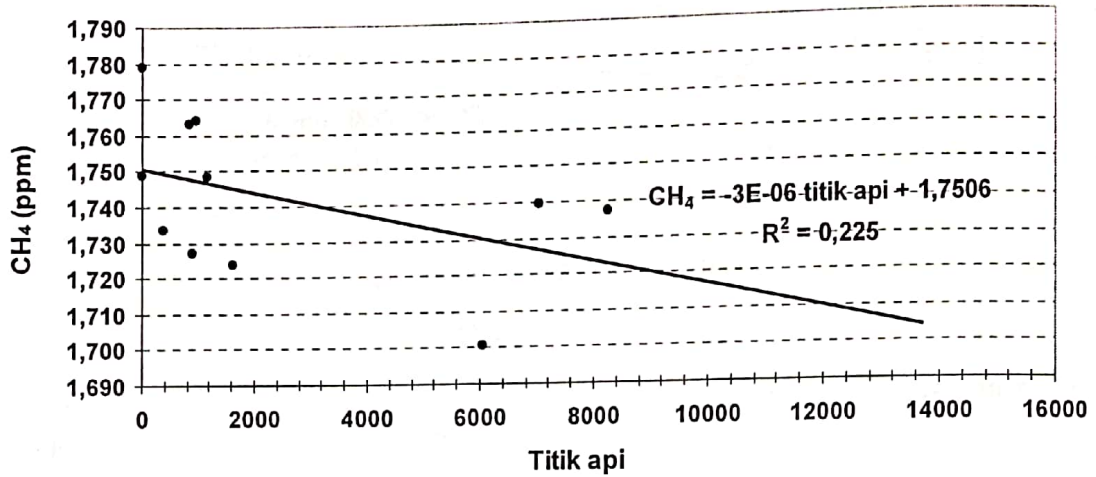


Gambar 3.5. Grafik regresi sederhana antara titik api dan total kolom CO₂ (ppm) untuk wilayah propinsi Kalimantan Barat. Sumbu x merupakan nilai total kumulatif bulanan titik api sedangkan sumbu y merupakan nilai rata-rata bulanan total kolom CO₂ (ppm) selama kurun waktu 3 tahun (tahun 2003-2005).

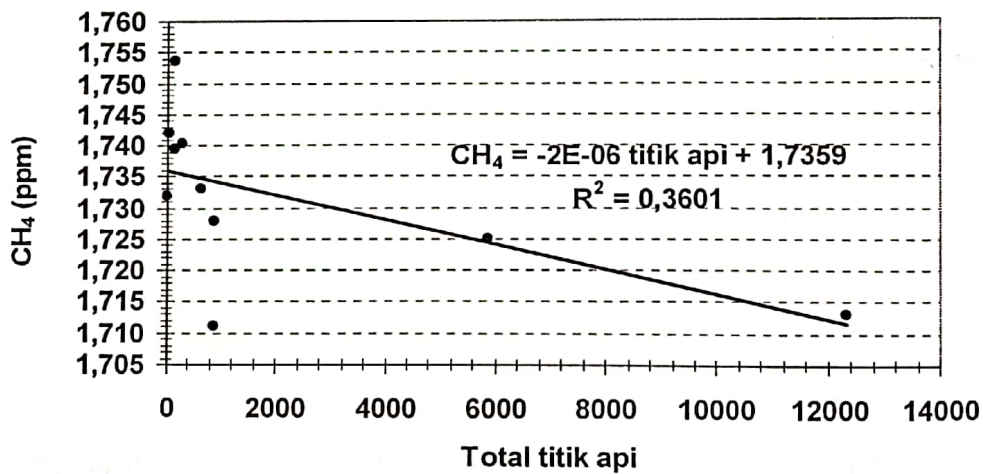
3.3. Korelasi antara titik api dan CH₄

Selain mengemisikan CO₂, pembakaran biomassa juga mengemisikan CH₄ ke udara. Namun demikian CH₄ merupakan senyawa yang mudah terbakar di udara dan menghasilkan CO₂. Hasil analisis total kumulatif bulanan titik api dan rata-rata bulanan total kolom CH₄ untuk wilayah rawan kebakaran hutan yaitu Propinsi Riau dan Kalimantan Barat menunjukkan adanya korelasi linier negatif antara total titik api dan CH₄ seperti

ditunjukkan pada Gambar 3-6 dan 3-7. Adapun persamaan regresi sederhananya adalah $\text{CH}_4 \text{ (ppm)} = -3 \times 10^{-6} \text{ titik api} + 1,7506$ untuk propinsi Riau dan $\text{CH}_4 \text{ (ppm)} = -2 \times 10^{-6} \text{ titik api} + 1,7359$ untuk propinsi Kalimantan Barat. Nilai koefisien korelasi untuk propinsi Riau dan Kalimantan Barat masing-masing adalah sebesar 0,474 dan 0,600. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh titik api terhadap CH_4 adalah dominan di kedua wilayah propinsi tersebut.



Gambar 3.6. Grafik regresi sederhana antara titik api dan total kolom CH_4 (ppm) untuk wilayah propinsi Riau. Sumbu x merupakan nilai total kumulatif bulanan titik api sedangkan sumbu y merupakan nilai rata-rata bulanan total kolom CH_4 (ppm) selama kurun waktu 3 tahun (tahun 2003-2005).



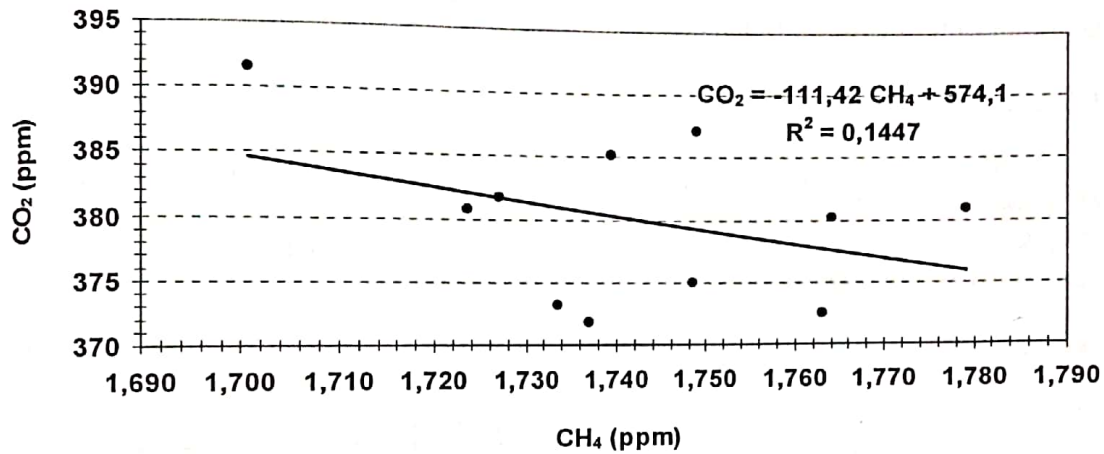
Gambar 3.7. Grafik regresi sederhana antara titik api dan total kolom CH_4 (ppm) untuk wilayah propinsi Kalimantan Barat. Sumbu x merupakan nilai total kumulatif bulanan titik api sedangkan sumbu y merupakan nilai rata-rata bulanan total kolom CH_4 (ppm) selama kurun waktu 3 tahun (tahun 2003-2005).

3.4. Korelasi antara CH_4 dan CO_2

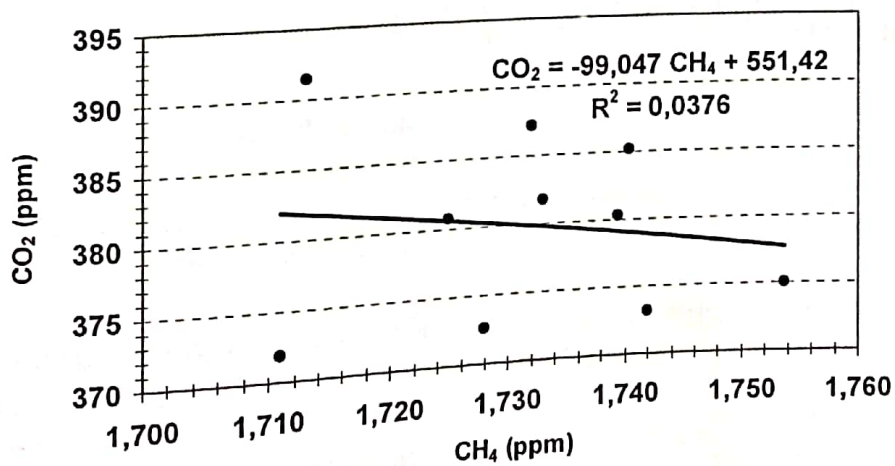
Metana (CH_4) merupakan senyawa yang mudah terbakar di udara, Pada peristiwa kebakaran hutan/lahan CH_4 yang diemisikan akan dengan mudah bereaksi dengan O_2 dan menghasilkan CO_2 seperti ditunjukkan pada reaksi 3.1 berikut ini:



Hasil analisis total kumulatif bulanan titik api dan rata-rata bulanan total kolom CH_4 untuk wilayah rawan kebakaran hutan yaitu Propinsi Riau dan Kalimantan Barat menunjukkan adanya korelasi linier negatif antara CH_4 dan CO_2 seperti ditunjukkan pada Gambar 3-8 dan 3-9. Persamaan regresi sederhananya adalah CO_2 (ppm) = -111,42 CH_4 (ppm) + 574,1 untuk propinsi Riau dan CO_2 (ppm) = -99,047 CH_4 (ppm) + 551,42 untuk propinsi Kalimantan Barat. Nilai koefisien korelasi untuk propinsi Riau dan Kalimantan Barat masing-masing adalah sebesar 0,380 dan 0,193. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh CH_4 terhadap CO_2 tidak dominan di kedua wilayah propinsi tersebut.



Gambar 3.8. Grafik regresi sederhana antara total kolom CH_4 (ppm) dan CO_2 (ppm) untuk wilayah propinsi Riau. Sumbu x merupakan nilai rata-rata bulanan CH_4 (ppm) sedangkan sumbu y merupakan nilai rata-rata bulanan total kolom CO_2 (ppm) selama kurun waktu 3 tahun (tahun 2003-2005) di propinsi Riau.



Gambar 3.9. Grafik regresi sederhana antara total kolom CH_4 (ppm) dan CO_2 (ppm) untuk wilayah propinsi Kalimantan Barat. Sumbu x merupakan nilai rata-rata bulanan CH_4 (ppm) sedangkan sumbu y merupakan nilai rata-rata bulanan total kolom CO_2 (ppm) selama kurun waktu 3 tahun (tahun 2003-2005).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data SCIAMACHY ditemukan adanya kenaikan nilai rata-rata tahunan total kolom CO₂ dari tahun 2003-2004 sebesar 1,1 %, sedangkan dari tahun 2004-2005 tidak terdapat kenaikan atau penurunan nilai total kolom CO₂. Selain itu ditemukan juga adanya penurunan nilai rata-rata tahunan total kolom CH₄ dari tahun 2003-2004 sebesar 0,29 %, sedangkan dari tahun 2004-2005 terjadi kenaikan sebesar 0,35%. Hal ini terkait dengan kejadian El Nino yang moderat 2002-2003 yang menimbulkan kebakaran hutan. Tahun 2005 pada musim penghujan, rawa dan genangan air akan memberikan kontribusi CH₄. Analisis regresi sederhana antara titik api dan CO₂ menunjukkan bahwa pengaruh titik api ternyata tidak dominan terhadap CO₂ di wilayah Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh lain yang lebih dominan terhadap CO₂ di wilayah Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Michael Buchwitz dari University of Bremen, Germany yang telah berkenan memberikan akses untuk mengunduh data-data CO₂ dan CH₄ SCIAMACHY. Terima kasih juga saya ucapkan kepada Ibu Ir. Tuti Budiwati, MT yang telah banyak membantu dalam penyelesaian *paper* saya ini.

DAFTAR RUJUKAN

- BMKG, 2009, <http://www.bmg.go.id/data.bmg?Jenis=Teks&IDS=1421247521522528389>, diunduh pada bulan Mei 2010.
- El Nino, 2008, http://www.msc-c.ec.gc.ca/education/el_nino/comparing/enso1950_2002_e.html
- Global Forest Watch, <http://www.globalforestwatch.org/english/indonesia/overview.htm>, Diunduh pada bulan Mei 2009.
- SCIAMACHY, http://www.iup.unibremen.de/sciamachy/NIR_NADIR_WFM_DOAS/index.html, diunduh pada bulan Desember 2009.
- WMO & Japan Meteorological Agency, 2009, <ftp://gaw.kishou.go.jp>, diunduh pada bulan Mei 2010.