

# ANALISIS TINGKAT KEASAMAN DAN KOMPOSISI KIMIA AIR HUJAN SEBAGAI DAMPAK KEBAKARAN HUTAN DI PONTIANAK (KALBAR)

Tuti Budiwati, Wiwiek Setyawati dan Asri Indrawati  
Pusat Sains Dan Teknologi Atmosfer-LAPAN  
Jl. Dr. Djundjuran 133, Bandung  
tuti\_lapan@yahoo.com

## Abstract

Forest fires emit aerosol and gaseous  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  that potentially lead to in acid rain and ozone formation. Increase of rainwater acidity as an impact of forest fires can be studied by analysing monitoring data rainwater chemistry data during periode 2002 to 2009 obtained from The Agency for Meteorology, Climatology and Geophysics in Pontianak, West Kalimantan. pH values from late 2006 and early 2007 decreased because of air quality degradation resulted from forest fires during that years. Increase in pH tendency meant decrease acidity, there is neutralization factor from anion parameter such as ammonium produced by biomass burning in the form of  $\text{NH}_3$  or  $\text{NH}_4^+$  in the aerosol and also decrease in number of hotspot that lead to less burning area. From september to December 2006 average pH value was 5.51 (5.36-5.62). From January to July 2007 average pH value was 5.11 (4.78-5.85). There is decreasing pH slope by 0.44 per month from September 2006 to July 2007. Higher pollutant in Pontianak and Ketapang than other cities is significantly related to number of hotspots as an indicator of forest fire oocurances. Frequency of acid rain events with pH less than 5.6 in Pontianak is 41.07%.

**Keywords:** Aerosol, gaseous  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_4^+$  in aerosol, biomass burning, acid rain

## Abstrak

Kebakaran hutan akan mengemisikan aerosol dan gas-gas  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  yang berpotensi menimbulkan hujan asam dan pembentukan ozon. Dengan menganalisis data kimia air hujan pada periode 2002 sampai 2009 dari hasil pemantauan Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika di Pontianak-Kalimantan Barat, maka akan diketahui kenaikan tingkat keasaman air hujan sebagai dampak dari kebakaran hutan. Nilai pH pada akhir tahun 2006 sampai awal tahun 2007 menurun sebagai dampak penurunan kualitas udara akibat kebakaran hutan pada tahun tersebut. Kecenderungan pH naik berarti tingkat keasaman turun, ada faktor penetralan dari parameter anion seperti amonium yang merupakan dampak dari hasil pembakaran biomasa berupa  $\text{NH}_3$  atau  $\text{NH}_4^+$  dalam aerosol juga dikarenakan terjadi penurunan jumlah hotspot tahun 2007 sampai 2009 yang berdampak pada pengurangan luas wilayah kebakaran. September sampai Desember 2006, nilai pH rata-rata adalah 5,51 (5,36-5,62). Dari Januari sampai Juli 2007, nilai pH rata-rata adalah 5,11 (4,78-5,85). Terdapat slope penurunan pH sebesar 0,044 per bulan September 2006 sampai Juli 2007. Polutan yang tinggi di Pontianak dan Ketapang dibandingkan kota lainnya signifikan dengan hotspot sebagai indikasi terjadinya kebakaran hutan. Kejadian hujan asam dengan pH dibawah 5,6 di Pontianak adalah 41,07%.

**Kata kunci:** aerosol, gas-gas  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_4^+$  dalam aerosol, pembakaran biomass, hujan asam

## 1 PENDAHULUAN

Kalimantan Barat membentang dari  $98^{\circ}36'$  BT sampai dengan  $101^{\circ}53'$  BT,  $0^{\circ}54'$  LU sampai dengan  $3^{\circ}30'$  LS dengan luas  $42.297 \text{ km}^2$ . Keberadaan hutan tropis di Kalimantan sangat penting, mengingat fungsinya sebagai paru-paru dunia. Hutan tropis sebagai paru-paru dunia yang berfungsi untuk menyaring polutan-polutan udara ternyata mengalami kebakaran pada setiap tahunnya. Menurut Liew et al (1998), sebuah perkiraan awal hasil penginderaan jauh atas lahan yang terbakar pada tahun 1997 menunjukkan bahwa sekitar 1,5 juta hektar lahan di Sumatra dan 3,06 juta hektar di Kalimantan telah rusak (Schweithelm dan Glove, 1998). Kebakaran hutan dan lahan di Sumatera dan Kalimantan terjadi hampir setiap tahun seiring dengan datangnya musim kemarau dan secara nyata telah menimbulkan berbagai dampak negatif pada semua tingkat, baik lokal, nasional, maupun regional.

Dari hasil pengayaan data MODIS untuk titik api ditemukan bahwa sepanjang bulan Juli, Agustus dan Oktober 2006 ditemukan total kumulatif titik api untuk masing-masing bulan adalah 8684, 53710 dan 32189, dimana sebagian besar ditemukan di wilayah Sumatera, Kalimantan dan Jawa (distribusi *hotspot*) (Setyawati dan Budiwati, 2008). Dari data Kementerian Kehutanan, Kalimantan Barat menduduki peringkat kedua dalam jumlah *hotspot* yaitu 29.266 pada tahun 2006 dan turun menjadi 7.561 pada tahun 2007, tetapi menempati peringkat pertama (KNLH, 2008). Tetapi hasil pemantauan ASCM (Badan Meteorologi) Singapura, Kalimantan Barat mempunyai *hotspot* tertinggi pada 2006 maupun 2007 dengan jumlah 6.197 dan 3.103. Rekapitulasi kebakaran lahan dan hutan oleh Departemen Kehutanan adalah 2.419,50 ha tahun 2006 menjadi 125,69 ha pada tahun 2007 (KNLH, 2008).

Dampak dari kebakaran hutan adalah turunnya jarak pandang dan meningkatnya gas-gas hasil pembakaran biomasa seperti  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{Cl}$ , hidrokarbon lainnya dan aerosol ke udara. Peningkatan gas-gas dan aerosol ini akan mengalami reaksi kimia di atmosfer untuk membentuk ozon dan hujan asam. Peningkatan gas buang seperti  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , dan aerosol akan mempengaruhi kadar keasaman air hujan. Aerosol dan gas-gas  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  yang terlarut dalam udara dapat dibersihkan dari atmosfer melalui proses pembersihan secara kering (*dry deposition*) atau basah (*wet deposition*) (Seinfeld and Pandis, 1998; Meszaros, 1981). Sedangkan emisi alkali (partikel debu dan gas  $\text{NH}_3$ ) akan mempengaruhi keasaman air hujan secara signifikan, dengan menetralkan beberapa faktor asam (Mouli et al., 2005).

Dampak pencemaran udara terjadi dalam beberapa tingkat. Pada skala mikro/lokal, pencemaran udara hanya mempengaruhi kualitas udara setempat, dalam lingkup yang relatif terbatas, misalnya pencemaran udara oleh debu. Selain itu terdapat pula pencemaran udara dalam

skala meso atau regional, yang dampaknya dapat mempengaruhi areal yang lebih luas contohnya hujan (Stern et al., 1984). Polutan-polutan tersebut relatif stabil di atmosfer dan dapat berpindah bersamaan dengan massa udara untuk jarak jauh (Milukaite et al., 2000). Dampak dari emisi gas yang berasal dari kota dan industri maupun kebakaran hutan di Kalimantan Barat akan mempengaruhi komponen kimia air hujan dalam skala meso yaitu wilayah di sekitarnya. Polutan akan tinggal beberapa waktu di udara dan kemudian musnah terdeposisi, baik deposisi kering maupun deposisi basah. Selama polutan berada di udara menyebabkan kualitas udara ambien menurun, yang berakibat langsung pada kesehatan manusia.

Mengkaji variabilitas dan distribusi deposisi asam periode 2000-2009 di Pontianak dan sekitarnya untuk menjawab permasalahan peningkatan  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  dan aerosol di atmosfer sebagai dampak kebakaran hutan.

## 2 DATA DAN METODE

Data luas area kebakaran hutan dan lahan dikoleksi dari Kementerian Kehutanan berupa luasan dalam ha per tahun selama 2002 sampai 2009 untuk Kalimantan Barat. Data tersebut dibuat distribusi tahunannya untuk dibandingkan fluktuasinya dalam periode 2002 sampai 2009. Dilakukan pula distribusi data jumlah *hotspot* (titik api) dalam variasi tahunan selama 2002 sampai 2009 dari sumber data Kementerian Kehutanan. Adanya titik api dapat menimbulkan kebakaran hutan dan lahan. Peningkatan *hotspot* disumbang pula oleh kandungan batubara di Kalimantan, sehingga tanah dan tumbuhan menjadi cepat panas (Republika ONLINE, 4 Desember 2012 /diunduh 4 Desember 2012).

Data rata-rata bulanan deposisi basah terdiri dari pH, anion ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ), dan kation ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ) hasil pemantauan BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) dari 2002-2009 dibuat distribusi waktu untuk lokasi Pontianak-Kalimantan Barat. Selanjutnya dikaji pula variabilitas deposisi basah dalam musiman dan karakteristiknya. Dan dilakukan pula perhitungan distribusi tingkat keasaman air hujan selama 2002 sampai 2009 di Pontianak. Untuk menghitung jumlah deposisi asam ( $\text{umol/m}^2$ ) adalah konsentrasi ( $\text{umol/l}$ ) dikalikan jumlah curah hujan (mm).

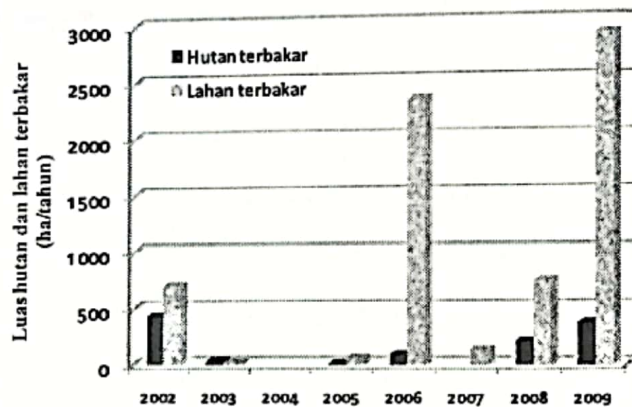
## 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Luas Hutan dan Lahan Terbakar di Kalimantan Barat

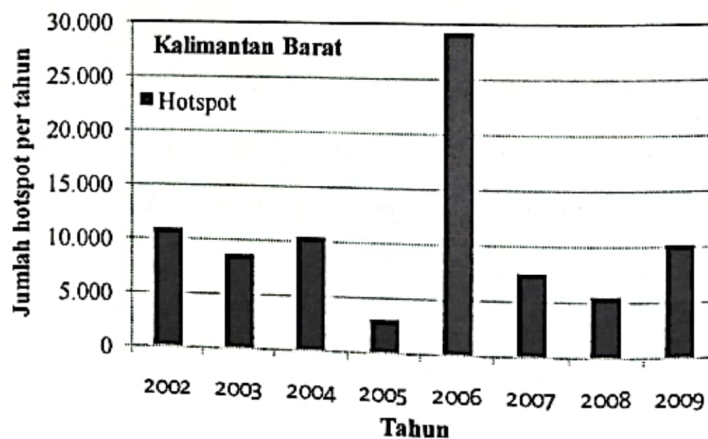
Hasil pemantauan Kementerian Kehutanan tahun 2002 dan tahun 2009 di Kalimantan Barat didapati luas lahan yang terbakar adalah terbesar yaitu 2334,50 ha tahun 2006 dan 2897,7 ha pada

---

tahun 2009 (Gambar 1). Dan luas hutan terbakar pada tahun 2006 dan 2009 adalah 85 ha dan 374,06 ha berturut-turut. Tahun 2006, kebakaran yang luas diakibatkan oleh kemarau panjang karena El-Nino dan tentunya akan berdampak pada penurunan kualitas udara di Kalimantan Barat. Dari hasil pengayaan data MODIS untuk *hotspot* ditemukan bahwa sepanjang bulan Juli, Agustus dan Oktober 2006 ditemukan total kumulatif *hotspot* untuk masing-masing bulan adalah 8684, 53710 dan 32189, dimana sebagian besar ditemukan di wilayah Sumatera, Kalimantan dan Jawa (Setyawati dan Budiwati, 2008). Berdasarkan data titik api (*hotspot*) dari Kementerian Kehutanan didapati jumlah *hotspot* 29266 pada tahun 2006 dan 7561 pada tahun 2007 (Gambar 2). Penurunan jumlah *hotspot* tahun 2007 berdampak pada penurunan luas lahan yang terbakar menjadi 125,69 ha dari 2334,50 ha lahan terbakar dan 85 ha hutan terbakar pada tahun 2006. Tetapi tahun 2008, jumlah *hotspot* turun lagi menjadi 5528 dan naik tahun 2009 menjadi 10144 (Gambar 2). Pola *hotspot* maksimum pada musim JJA dan SON dan terlihat menurun pada bulan-bulan basah DJF (Setyawati dan Budiwati, 2011).



**Gambar 1.** Luas hutan dan lahan terbakar di Kalimantan Barat dari 2002-2009



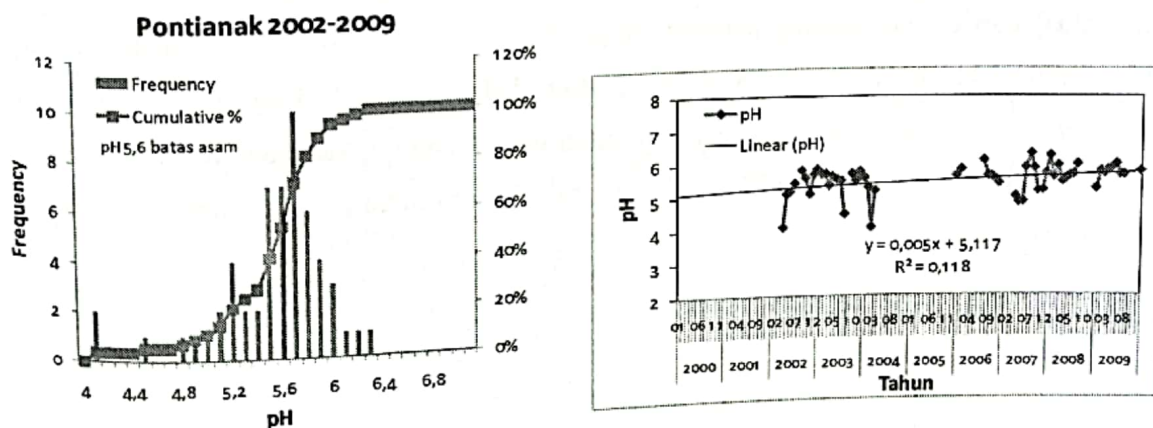
**Gambar 2.** Jumlah *hotspot* dalam variasi tahunan di Kalimantan Barat dari 2002 sampai 2009

Secara rata-rata di wilayah Kalimantan Barat luas lahan terbakar lebih luas dibandingkan luas hutan terbakar. Jenis lahan yang mudah terbakar adalah semak-semak dan ilalang yang sangat mudah terbakar saat musim kemarau. Struktur tanah yang berupa lahan gambut yang kering berpotensi terbakar pada musim kemarau. Dampaknya adalah polutan yang tinggi di Pontianak dan Ketapang dibandingkan kota lainnya di Kalimantan Barat dan signifikan dengan *hotspot* sebagai indikasi terjadinya kebakaran hutan (Setyawati dan Budiwati, 2011; Ambarsari dan Budiwati, 2010).

### 3.2 Distribusi pH air hujan Pontianak

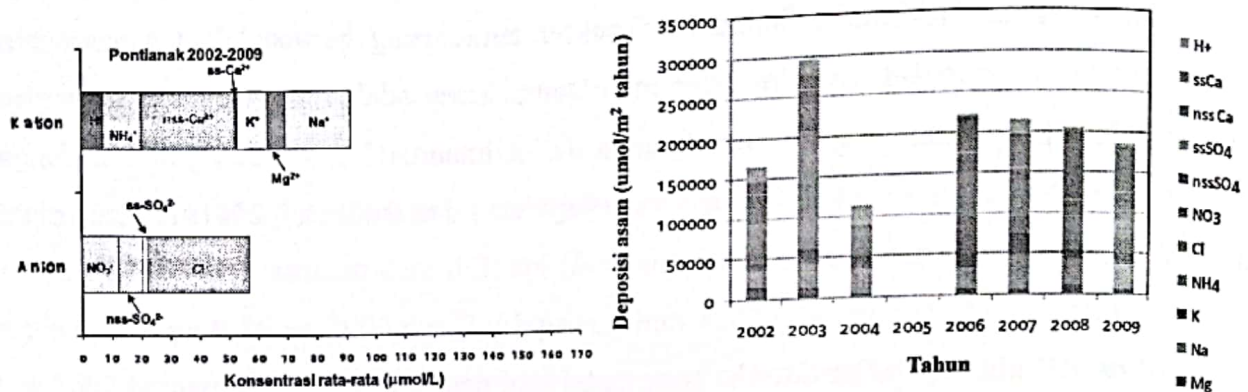
Gambar 3 (kiri) memperlihatkan kecenderungan nilai pH (keasaman) air hujan berfluktuasi dari pemantauan tahun 2002 sampai 2009 di Pontianak tepatnya di dekat Bandara Supadio sebagai daerah *rural*. Terjadi penurunan nilai pH pada akhir tahun 2006 sampai awal tahun 2007 sebagai dampak penurunan kualitas udara akibat kebakaran hutan pada tahun tersebut. Kecenderungan pH naik berarti tingkat keasaman turun, ada faktor penetralan dari parameter anion oleh parameter kation seperti amonium yang merupakan dampak dari hasil pembakaran biomasa berupa  $\text{NH}_3$  atau  $\text{NH}_4^+$  dalam aerosol atau *non seasalt calcium* ( $\text{nss Ca}^{2+}$ ).

Terindikasi pula pada penurunan jumlah *hotspot* tahun 2007 sampai 2009 yang berdampak pada pengurangan kebakaran. September sampai Desember 2006, nilai pH rata-rata adalah 5,51 (5,36-5,62). Dan Januari sampai Juli 2007, nilai pH rata-rata adalah 5,11 (4,78-5,85). Terdapat slope penurunan pH sebesar 0,044 per bulan pada September 2006 sampai Juli 2007 (Gambar 3 kiri). Adapun hujan asam dengan pH dibawah 5,6 adalah 41,07% di Pontianak (Gambar 3 kanan).



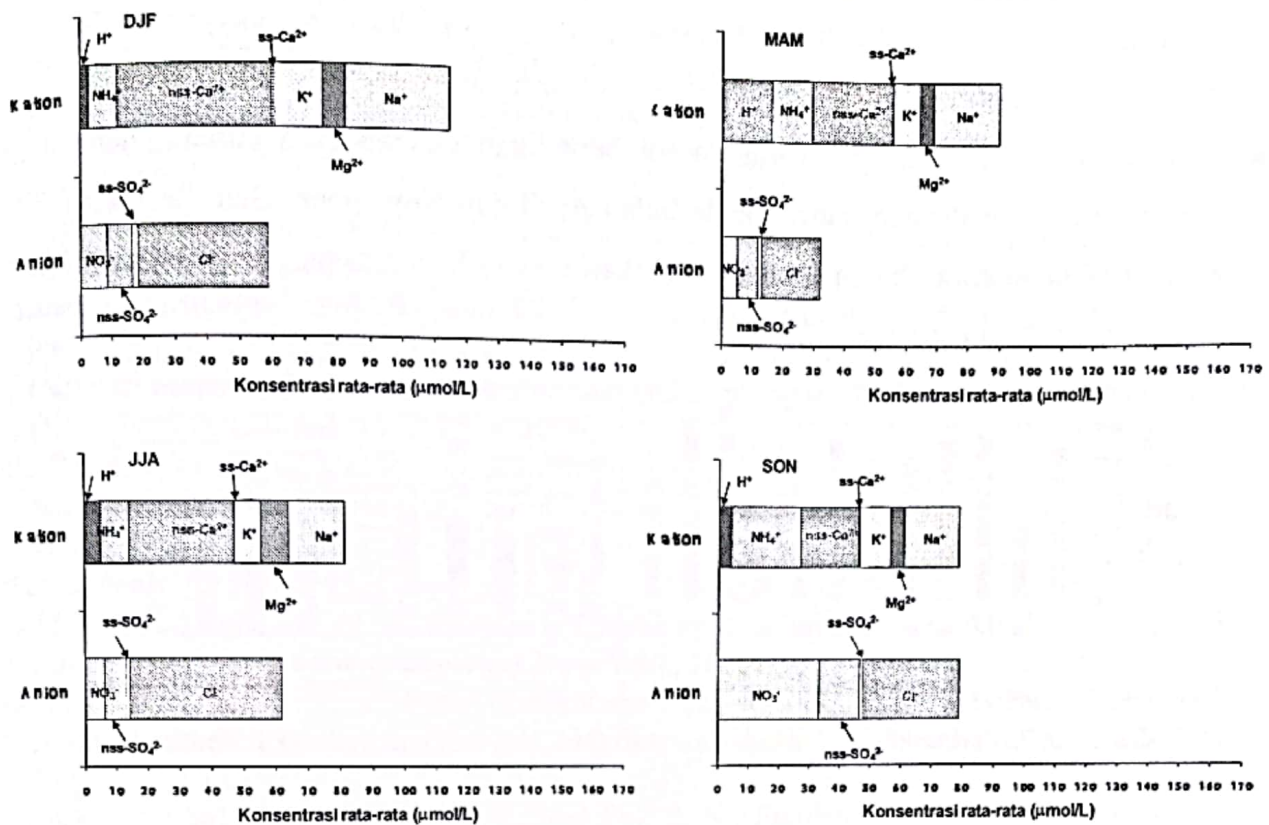
Gambar 3. Kecenderungan pH (kiri) dan distribusi pH (kanan) di Pontianak

### 3.3 Kation, Anion, Deposisi Asam dan Curah Hujan di Pontianak



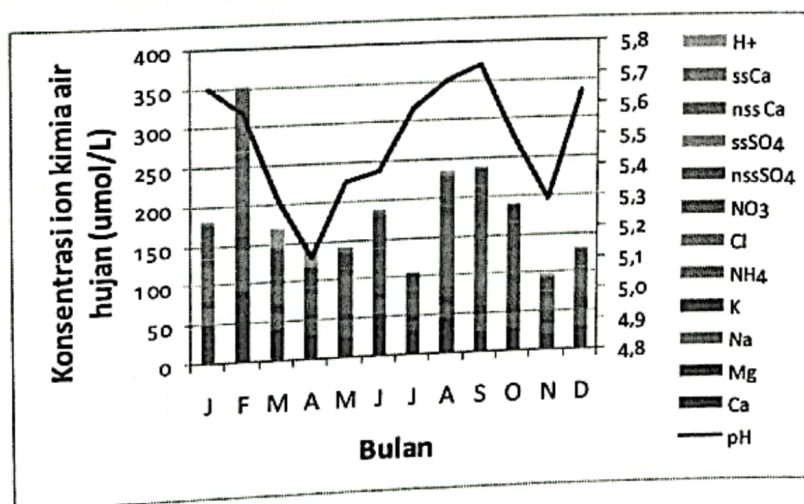
**Gambar 4.** Karakteristik komposisi kimia (kiri) dan kecenderungan deposisi asam (kanan) dalam air hujan di Pontianak

Gambar 4 (kiri) memperlihatkan karakteristik komposisi kimia air hujan berdasarkan rata-rata bulanan selama 2002 sampai 2009 yang didominasi unsur  $\text{Cl}^-$  dengan nilai rata-rata 34,84  $\mu\text{mol/L}$ . Selain itu unsur  $\text{nss-Ca}^{2+}$  juga tinggi dengan menduduki peringkat kedua dalam tingkatan konsentrasinya yaitu 32,11  $\mu\text{mol/L}$ . Kandungan deposisi asam pertahun memperlihatkan kecenderungan penurunan dari 2006 sampai 2009 (Gambar 4 kanan). Hal ini disebabkan penurunan jumlah *hotspot* yang menurunkan luasan hutan terbakar. Unsur nitrat dan sulfat terlihat sedikit dibandingkan unsur  $\text{nss-Ca}^{2+}$  dan  $\text{NH}_4^+$  yang mendominasi selain unsur  $\text{Cl}^-$ . Pembakaran biomasa akan melepaskan aerosol,  $\text{NO}_x$  yang melimpah juga  $\text{SO}_2$ . Selain itu dilepaskan pula  $\text{CH}_3\text{Cl}$  dan  $\text{CH}_3\text{Br}$  ke atmosfer (Blake et al., 1996). Hasil penelitian Hooper (2001) di Pontianak terhadap komposisi partikulat dari Mei 1995 sampai Desember 1996 menunjukkan kandungan Black Carbon dalam *fine* (halus) dan *coarse* (kasar) partikel sangat tinggi yaitu 1500  $\text{ng/m}^3$  dan 440  $\text{ng/m}^3$ . Tingginya konsentrasi black carbon dan K dalam partikel halus adalah 115  $\text{ng/m}^3$  dan 440  $\text{ng/m}^3$  sebagai indikator pembakaran biomasa. Hasil penelitian juga menunjukkan kandungan Cl dan Ca yang tinggi dalam partikel kasar yaitu 127 dan 115  $\text{ng/m}^3$ . Sulfur dalam partikel halus cukup tinggi yaitu 169  $\text{ng/m}^3$  (Hooper, 2001).



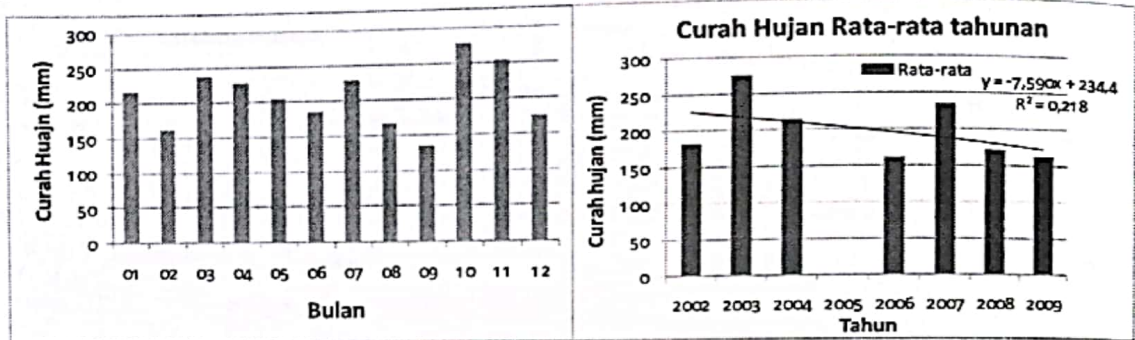
Gambar 5. Karakteristik komposisi kimia air hujan berdasarkan musim JJA, MAM, JJA dan SON di Pontianak 2002-2009

Pada musim kemarau konsentrasi  $Cl^-$  terlihat lebih tinggi dibandingkan musim lainnya (Gambar 5). Pada saat musim kemarau penguapan laut akan menyumbangkan mineral garam ke atmosfer, hal ini tampak pada kandungan  $Cl^-$  yang tinggi di Pontianak sebagai kota di tepi pantai. Dampak kebakaran hutan berpengaruh secara signifikan pada nilai *non seasalt* sulfat ( $nss-SO_4^{2-}$ ); dan nitrat ( $NO_3^-$ ) juga  $NH_4^+$  yang tinggi pada musim SON yaitu  $13,24 \mu mol/L$ ;  $32,96 \mu mol/L$  dan  $22,76 \mu mol/L$ .



Gambar 6. Variabilitas kimia air hujan di Pontianak 2002-2009

Variabilitas pH air hujan mengikuti pola kimia air hujan yang didominasi unsur penetralnya yaitu  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{NH}_4^+$  (Gambar 6). Pola ini berbalikan dengan pola curah hujannya yang mengikuti pola ekuator dengan puncak pada bulan April dan Nopember (Gambar 7 kiri). Tahun 2006 rata-rata tahunan curah hujan kecil dikarenakan musim kemarau panjang (Gambar 7 kanan) dibandingkan tahun-tahun lainnya.



Gambar 7. Variabilitas curah hujan bulanan (kiri) dan tahunan (kanan) di Pontianak

#### 4. KESIMPULAN

Nilai emisi polutan dari hutan terbakar jauh lebih besar dibandingkan dari bahan bakar minyak. Akibatnya terlihat penurunan kualitas udara sebagai dampak kebakaran hutan pada tahun 2006 dan menurunkan nilai pH air hujan di Pontianak pada akhir tahun 2006 sampai awal 2007. September sampai Desember 2006, nilai pH rata-rata adalah 5,51 (5,36-5,62). Dan Januari sampai Juli 2007, nilai pH rata-rata adalah 5,11 (4,78-5,85). Terdapat slope penurunan pH sebesar 0,044 per bulan dari September 2006 sampai Juli 2007. Polutan yang tinggi di Pontianak dan Ketapang dibandingkan kota lainnya signifikan dengan *hotspot* sebagai indikasi terjadinya kebakaran hutan. Kejadian hujan asam dengan pH dibawah 5,6 adalah 41,07% di Pontianak.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Ambarsari N. dan Budiwati T., Variabilitas Ozon Troposfer Dan Total Kolom Karbon Monoksida Di Kalimantan Barat Hasil Observasi OMI/AURA Dan AIRS/AQUA, Seminar Penerbangan Dan Antariksa 2010, LAPAN, Tangerang, 15 Nopember. ISBN:978-970-1458-405, 171-178, 2010.
- Badan Pusat Statistik, Kalbar Dalam Angka, 2009.
- Blake, N. J., D. R. Blake, B. C. Sieve, T.-Y. Chen, F. S. Rowland, J. E. Collins Jr., G. W. Sachse, and B. E. Anderson, Biomass burning emissions and vertical distribution of atmospheric methyl halides and other reduced carbon gases in the South Atlantic region, *J. Geophys. Res.*, 101, 24,151– 24,164, 1996.



- Hooper, M., Comparative Study of Regional Aerosol in Tropical Australia and Indonesia, Proceedings of 7th International Joint Seminar on the Regional Depositi asamion Processes in the Atmosphere, November 20-22, Tsukuba-Japan, 36-43, 2001.
- KNLH, Status Lingkungan Hidup Indonesia 2007, Kementerian Negara Lingkungan Hidup, Jakarta, 73-147, 2008.
- Meszaros, E., "Atmospheric Chemistry" Fundamental Aspects, Studies in Environmental Science II, Elsevier Scientific Publishing Company, 146, 1981.
- Milukaite, A., Mikelinskiene, A., and Giedraitis, B., Acidification of the world: Natural and Anthropogenic, Acid Rain 2000, Proceeding from the 6 th International Conference on Acidic Depositi asamion: Looking back to the past and thinking of the future, Tsukuba, Japan, 10-16 December 2000, Vol, I, 1553-1558, 2000.
- Mouli, P.C., Mohan, S.V., and Reddy, S.J., Rainwater chemistry at a regional representative urban site: influence of terrestrial sources on ionic composition, Atmospheric Environment, No, 39, 999-1008, 2005.
- Schweithelm and Glove, 1998, *Penyebab dan dampak kebakaran*, hal. 1-17.
- Seinfeld, J.H, and Pandis, S.N., Atmospheric Chemistry and Physics from Air Pollution to Climate Change, John Wiley and Sons, INC., New York, 1030-1033, 1998.
- Setyawati, W., dan Budiwati, T., Peningkatan Konsentrasi Karbon Monoksida Pada Saat Kebakaran Hutan Tahun 2006 di Indonesia, Proseding Seminar Nasional Kimia ke XVIII, FMIPA UGM, Yogyakarta, ISSN: 1410-8313, 2008.
- Stern, A.C., Boubel, R.W., Turner, D.B., and Fox. L.N., Fundamentals of Air Pollution, second edition, Academic Press INC, Orlando-Florida, 35-45, 1984.
- Setyawati, W., dan Budiwati, T., Forest Fires Contribution To Atmospheric Aerosol Distribution ( $AOD_{483.5nm}$ ), Tropospheric  $NO_2$  and  $SO_2$  in West Kalimantan During Periode 2004-2009, International Symposium on the 10<sup>th</sup> Anniversary of the Equatorial Atmosphere Radar (EAR) Jakarta, ISBN. 978-979-1458-52-8, September 22-23, 320-326, 2011