

**PENGUKURAN KONSENTRASI PM10 DAN BLACK CARBON
YANG DIHASILKAN OLEH ASAP KEBAKARAN LAHAN
GAMBUT DAN HUTAN DI DESA PEKANHERAN, KABUPATEN
INDRAGIRI HULU, PROVINSI RIAU**

**MEASUREMENT OF PM10 AND BLACK CARBON
CONCENTRATION EMITTED BY SMOKE FROM PEAT LAND
AND FOREST FIRE IN DESA PEKANHERAN, KABUPATEN
INDRAGIRI HULU, PROVINSI RIAU**

^{1*}Asistia Krisanti dan ²Puji Lestari

^{1,2,3} Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl Ganesha 10 Bandung 40132

¹asistia.krisanti@gmail.com dan ²pujilest@indo.net.id

Abstrak: Setiap tahun penduduk di Desa Pekanheran membuka lahan baru dengan cara membakar lahan. Lahan gambut mengandung banyak unsur karbon dan unsur-unsur lainnya yang menghasilkan gas pencemar saat terbakar. Selain itu, kebakaran lahan juga menimbulkan partikulat yang dapat masuk ke dalam saluran pernapasan dan mengganggu radiasi normal cahaya matahari di atmosfer. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran konsentrasi PM10 dan black carbon dengan mengambil sampel sebanyak 15 buah untuk lokasi burning site dan 1 buah sampel background site. Lokasi burning site terletak di Desa Pekanheran, Kabupaten Indragiri Hulu, dimana sampel mewakili kualitas emisi dari lahan terbakar. Lokasi background site yang tidak terkena dampak kebakaran diambil di Kota Pekanbaru. Sampel diambil menggunakan filter jenis mix cellulose fiber dengan alat pengambilan sampel aktif MiniVol™ Tactical Air Sampler (TAS). Dari hasil pengukuran diperoleh konsentrasi PM10 untuk lokasi burning site antara 1.314,54-10.402,03 µg/Nm³ dengan rata-rata konsentrasi sebesar 4.454,81 µg/Nm³ dan konsentrasi background site sebesar 91,06 µg/Nm³. Untuk konsentrasi black carbon sampel wilayah burning site sekitar 22,96 hingga 82,91 µg/Nm³ dengan rata-rata 49,79 µg/Nm³ dan konsentrasi untuk sampel background site adalah 49,93 µg/Nm³. Perbedaan konsentrasi sampel burning site terjadi karena pengaruh kondisi kebakaran dan meteorologi pada saat sampel diambil, sedangkan konsentrasi background site berasal dari asap kendaraan bermotor.

Kata kunci: Black carbon, burning site, gambut, kebakaran lahan, PM₁₀.

Abstract : Every year society in Desa Pekanheran open new land by burning the land. Peat land contains many elements of carbon and other elements which emits pollutant gases when burned. Moreover, land fires also produce particulate matters that can affect respiratory health and interrupt normal radiation of sunlight in the atmosphere. The study is about concentration measurement of PM10 and black carbon by using 15 samples from burning site location and 1 sample from background site location. Burning sites located in Desa Pekanheran, Kabupaten Indragiri Hulu, represent emission quality from burning land. Background site location is unaffected from land fire smoke and located in Kota Pekanbaru. Samples were collected into mix cellulose fiber filter by using active sampler MiniVol™ Tactical Air Sampler (TAS). The results for PM10 concentrations in burning site locations are between 1,314.54-10,402.03 µg/Nm³ on the average concentration is 4,454.81 µg/Nm³ and concentration in background site location is 91.06 µg/Nm³. While concentrations of black carbon for burning site locations lie between 22.96 until 82.91 µg/Nm³ on the average 49.79 µg/Nm³ and background site gives result of 49.93 µg/Nm³. The difference of concentration in burning site samples was caused by influence from fire condition and meteorology factors when samples were taken, whereas background site concentration was contributed from vehicle smoke.

Key words: Black carbon, burning site, land fire, peat, PM₁₀.

PENDAHULUAN

Luas lahan rawa gambut di Indonesia diperkirakan 20,6 juta hektar atau sekitar 10,8 persen dari luas daratan Indonesia. Dari luasan tersebut sekitar 7,2 juta hektar atau 35%-nya terdapat di Pulau Sumatera. Lahan rawa gambut merupakan bagian dari sumber daya alam yang mempunyai fungsi untuk pelestarian sumber daya air, peredam banjir, pencegah intrusi air laut, pendukung berbagai kehidupan/keanekaragaman hayati, pengendali iklim (melalui kemampuannya menyerap dan menyimpan karbon) dan sebagainya (Wahyunto et al, 2003).

Masyarakat di Sumatera, termasuk Desa Pekanheran, menggunakan lahan basah selama bertahun-tahun sebagai mata pencaharian. Kegiatan-kegiatan yang dilakukan di lahan basah antara lain: pembalakkan kayu komersial, konstruksi kanal dan drainase, pertanian, perkebunan, dan pemukiman. Untuk memudahkan kegiatan tersebut, masyarakat membuka lahan dengan membakar lahan yang sudah ada.

Peningkatan kebakaran lahan terjadi disebabkan oleh masyarakat yang sengaja membakar lahan. Selain itu, kebakaran dapat terjadi secara alami yang dipengaruhi oleh adanya periode iklim panas atau dikenal sebagai El Niño-Southern Oscillation (ENSO). Periode panas ini dapat terjadi setiap 3–7 tahun, dan lama kejadiannya dari 14 bulan hingga 22 bulan (Singaravelu, 2002).

Kebakaran lahan yang terjadi menjadi salah satu ancaman terbesar bagi konservasi lahan basah dan menambah jumlah kerusakan hutan yang turut terbakar. Kebakaran ini juga menyebabkan timbulnya masalah gangguan akibat asap, kesehatan, dan jarak pandang hingga mencapai negara tetangga, sehingga hal ini menjadi bencana nasional.

Lahan gambut mengandung banyak unsur karbon dan unsur-unsur lainnya. Saat terjadi kebakaran lahan, karbon yang terkandung dalam lahan akan terlepas ke udara menjadi CO₂, dan unsur-unsur lain yang dapat menimbulkan pencemaran udara, seperti kandungan ion dan logam. Selain gas-gas pencemar yang dihasilkan, kebakaran lahan juga menimbulkan partikulat yang dapat masuk ke dalam saluran pernapasan dan mengganggu radiasi normal cahaya matahari di atmosfer.

Untuk dapat menyusun tindakan pengelolaan dampak yang diakibatkan oleh kebakaran hutan, maka perlu dilakukan pemantauan langsung kualitas emisi yang dihasilkan sumber kebakaran. Hasil pemantauan tersebut menggambarkan suatu komposisi fisik dan kimia dari suatu sumber pencemar.

METODOLOGI

Lokasi pengambilan sampel

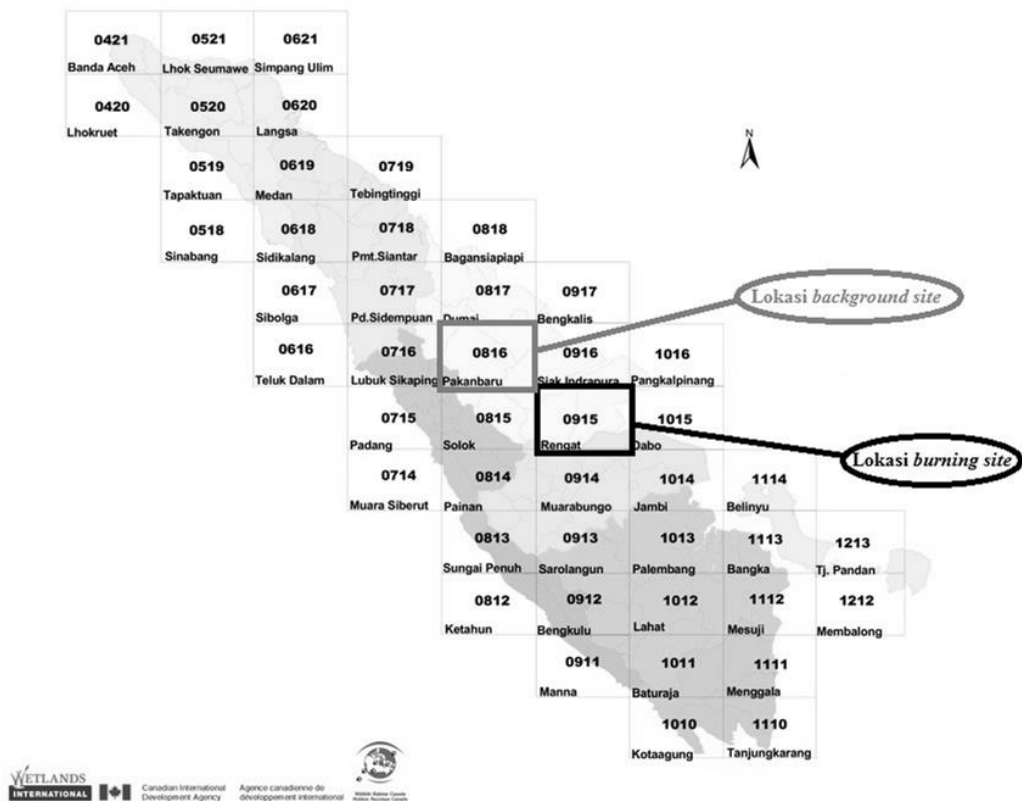
Pengambilan sampel dilakukan di dua jenis lokasi, yaitu *burning site* dan *background site*. Sampel udara *burning site* diperoleh dengan mengambil sampel di sekitar titik api pada hutan dan lahan gambut. Sedangkan sampel udara *background site* diambil di lokasi yang tidak terkena dampak ataupun asap dari terjadinya kebakaran hutan dan lahan gambut.

Lokasi penelitian dilakukan di Provinsi Riau, yaitu Kota Rengat untuk lokasi *burning site* dan Kota Pekanbaru untuk lokasi *background site*. Wilayah tersebut dapat dilihat pada peta **Gambar 1**.

Lokasi pengambilan sampel untuk *burning site* berada di Desa Pekanheran, Kabupaten Indragiri Hulu dengan ibukota berada di Kota Rengat. Sampel diambil di empat buah titik, yaitu sebagai berikut :

1. Titik 1 : S 00⁰.17'.27,7" dan E 102⁰.25'.11,7"
2. Titik 2 : S 00⁰.17'.27,8" dan E 102⁰.25'.11,8"
3. Titik 3 : S 00⁰.17'.21,2" dan E 102⁰.25'.05,7"
4. Titik 4 : S 00⁰.17'.21,3" dan E 102⁰.25'.05,8"

Peralatan diletakkan di atas lahan yang sedang terbakar dengan menggunakan tiang penyangga.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel
(sumber : Wetlands International – Indonesia Programme, 2003)

Sedangkan untuk lokasi pengambilan sampel *background site* berada di Kota Pekanbaru yang tidak terkena dampak asap kebakaran. Titik pengambilan *background site* hanya satu buah yaitu pada titik N 0⁰.30 dan E 101⁰.15. Titik tersebut berada di pinggir jalan.

Peralatan pengambilan sampel

Alat-alat yang digunakan untuk pengambilan sampel dalam studi asap kebakaran hutan dan lahan gambut terdiri dari filter dan *active sampler*. Filter yang digunakan adalah jenis *mix cellulose fiber* dengan diameter 47 mm. Sedangkan *active sampler* dalam penelitian ini adalah *MiniVol™ Tactical Air Sampler (TAS)*. *MiniVol* merupakan alat pengambil contoh udara yang portabel, digunakan untuk mengambil partikulat dan juga dapat diatur untuk mengambil berbagai macam zat beracun di udara. Prinsip dasar dari *MiniVol* adalah sebuah pompa yang diatur oleh program pengatur waktu (*timer*) dan pengatur debit udara yang dihisap. Waktu kerja dari pompa tersebut dapat diatur hingga enam buah program waktu dalam kurun waktu 24 jam atau selama seminggu. Saat *MiniVol* digunakan di luar ruangan, dapat digantung menggunakan penyangga yang dipasang antara lain di tiang, pohon, ataupun di atas tanah menggunakan tripod. *MiniVol* merupakan alat yang sangat fleksibel, dapat digunakan dengan sumber listrik AC maupun DC. Jika penggunaan dengan sumber listrik DC, maka baterai harus dipasang. Hal ini memudahkan penelitian di lokasi tanpa sumber listrik. Setiap baterai yang terisi penuh dapat digunakan untuk minimum waktu 24 jam.

Pada pengambilan sampel partikulat (PM), udara ditarik melalui *separator* berdasarkan ukuran partikel dan kemudian melalui filter ukuran sedang. Pemisahan ukuran partikel terjadi melalui proses *impaction*. Pengumpulan ukuran partikel yang benar sangat berkaitan dengan pengaturan debit udara yang ditarik melalui *impactor*. Debit aktual *MiniVol™ TAS* harus 5 liter per menit (5 lpm) pada kondisi *ambient*.

Selain itu, alat-alat yang harus disiapkan dalam penelitian adalah alat-alat pengukur kondisi meteorologi. Alat-alat tersebut adalah *sling thermometer* untuk mengukur suhu basah dan suhu kering, *anemometer* untuk mengukur kecepatan angin, *barometer* untuk mengukur kelembaban, dan kompas untuk mengetahui arah angin.

Pengambilan sampel udara

Penelitian asap kebakaran hutan dan lahan gambut ini dilakukan mulai tanggal 22 Februari 2011 hingga 12 Maret 2011.

Sampel yang diambil untuk penelitian ini adalah PM_{10} dengan menggunakan filter yang dipasang pada alat *MiniVol* pada ketinggian ± 2 meter. Sampel yang diambil terdiri atas dua jenis, yaitu sampel untuk *burning site* dan *background site*, dimana terdapat 4 buah titik lokasi pengambilan sampel *burning site* dan 1 buah titik pengambilan sampel *background site*. Sampel *burning site* berjumlah 15 buah menunjukkan karakteristik udara emisi di sumber kebakaran diambil di atas lahan yang sedang terbakar, sedangkan satu buah sampel *background site* menunjukkan karakteristik udara yang tidak terkena dampak kebakaran.

Waktu pengambilan sampel untuk *burning site* sekitar 4-8 jam untuk masing-masing filter, tergantung dengan kondisi di lapangan. Pengambilan sampel dihentikan jika partikulat yang terkumpul dalam filter sudah cukup. Sedangkan pengambilan sampel *background site* membutuhkan waktu lebih lama, yaitu selama ± 24 jam untuk setiap filter. Namun jika terjadi hujan pada saat pengambilan sampel, maka kegiatan tersebut harus dihentikan dan dilanjutkan kembali setelah 2 jam hujan berhenti. Bila durasi hujan cukup lama dengan intensitas tinggi, maka pengambilan sampel dilanjutkan setelah 8 jam hujan berhenti.

Pada saat pengambilan sampel, data meteorologi (suhu basah, suhu kering, kelembaban, arah angin, dan kecepatan angin) diukur setiap jam.

Metode analisis

Analisa konsentrasi PM_{10} menggunakan analisa laboratorium dengan metode gravimetri, yaitu dengan mengukur berat filter sebelum dan sesudah pengambilan sampel dan menghitung selisihnya. Sebelumnya filter akan dikondisikan lebih kurang selama 24 jam di dalam desikator sebelum ditimbang dan setelah pengambilan sampel

Sedangkan untuk analisa *black carbon* menggunakan *EEL Smokestain Reflectometer (Evans Electro Selenium Ltd, Halstead, Essex)*, prinsip dasar analisa *black carbon* menggunakan reflektometer ini adalah adsorpsi dan refleksi cahaya (Cohen, 2000). Dimana konsentrasi massa partikulat dalam suatu filter dapat dihubungkan dengan tingkat kerapatan partikulat tersebut. Dengan membandingkan reflektansi yang dihasilkan pada filter sampel dengan filter standar. Filter standar yang digunakan adalah filter putih dan hitam. Secara teoritis filter putih akan memberikan 100% reflektansi sedangkan filter hitam memberikan 0% reflektansi. *EEL smokestain reflectometer* ini terdiri atas bagian *measuring head and mask, readout unit, dan standard*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data meteorologi

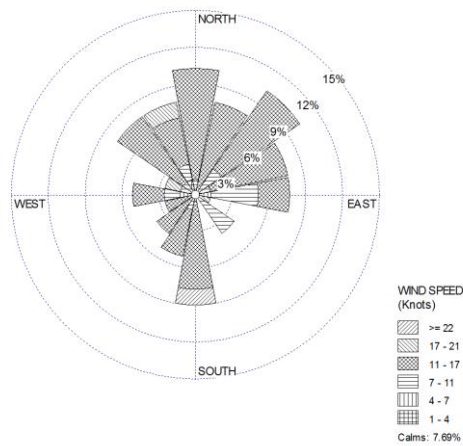
Data meteorologi yang diperoleh berasal dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kota Pekanbaru untuk data bulan Februari dan Maret tahun 2009 dan 2010. Sedangkan data meteorologi pada saat pengambilan sampel diperoleh dengan pengukuran sendiri dalam waktu dari 22 Februari 2011 hingga 12 Maret 2011 di lokasi pengambilan sampel.

Kode sampel	Suhu (°C)		Tekanan (hPa)	Tekanan (mmHg)	Kecepatan angin (m/detik)		Arah angin (dari)
	Suhu kering	Suhu basah			Maks.	Min	
FS1	34,36	26,71	1112,14	834,17	2,05	0,78	Timur Laut
FS2	33,25	26,31	1113,13	834,94	2,11	0,38	Timur Laut
FS3	33,50	21,50	1110,50	832,95	3,00	0,94	Timur Laut
FS4	31,88	26,63	1114,00	835,58	2,61	0,31	Timur Laut
FS5	32,90	26,50	1109,40	832,14	2,77	0,74	Timur Laut
FS6	28,70	25,10	1114,40	835,86	1,51	0,42	Utara
FS7	29,30	25,20	1109,60	832,26	1,49	0,53	Timur Laut
FS8	29,42	25,42	1115,17	836,45	2,07	0,45	Timur Laut
FS9	33,40	26,70	1113,20	834,96	1,59	0,42	Timur Laut
FS10	33,25	26,31	1113,25	835,03	2,52	0,84	Timur Laut
FS11	34,44	26,13	1111,75	833,89	1,76	0,34	Timur Laut
FS12	33,25	26,31	1113,25	835,03	2,52	0,84	Timur Laut
FS13	34,44	26,13	1111,75	833,89	1,76	0,34	Timur Laut
FS14	33,25	26,31	1113,25	835,03	2,52	0,84	Timur Laut
FS15	33,84	26,45	1112,15	834,19	1,89	0,59	Timur Laut
FT (BG)	30,50	26,00	1113,00	834,80	2,19	0,39	Timur Laut

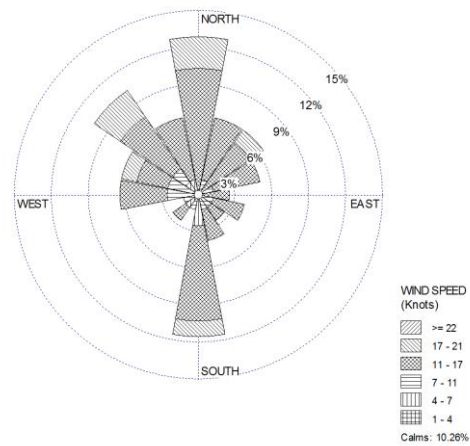
Data meteorologi yang digunakan adalah kecepatan angin dan arah angin untuk selanjutnya dibuat menjadi *windrose* yang dapat dilihat pada **Gambar 2** hingga **Gambar 6**. Serta untuk data meteorologi yang lebih jelas pada saat pengambilan sampel dapat dilihat pada **Tabel 1**, dimana rata-rata suhu kering sebesar 32,48°C, suhu basah sebesar 25,86°C, dan tekanan sebesar 834,45 mmHg. Pada **Gambar 2** yaitu *windrose* pada bulan Februari 2009, angin paling banyak bertiup dari arah utara dengan kecepatan rata-rata 11-17 knots dengan persentase sekitar 11%. Seperti yang terjadi pada bulan Maret 2009 (**Gambar 3**) dengan persentase sekitar 13%, angin berasal dari arah utara dengan rata-rata kecepatan 17-21 knots. Sedangkan pada bulan Februari 2010 (**Gambar 4**) angin paling banyak berasal dari sekitar arah timur laut sebanyak 12% dengan rata-rata kecepatan di atas 22 knots. Begitu juga pada bulan Maret 2010 (**Gambar 5**) arah dominan angin berasal dari timur laut dan juga utara dengan kecepatan sekitar 17-21 knots.

Pada **Gambar 6**, *windrose* menggambarkan keadaan angin pada saat pengambilan sampel di lokasi penelitian. Dari gambar terlihat bahwa angin dominan berasal dari arah timur laut sekitar 13% dengan kecepatan rata-rata di atas 22 knots.

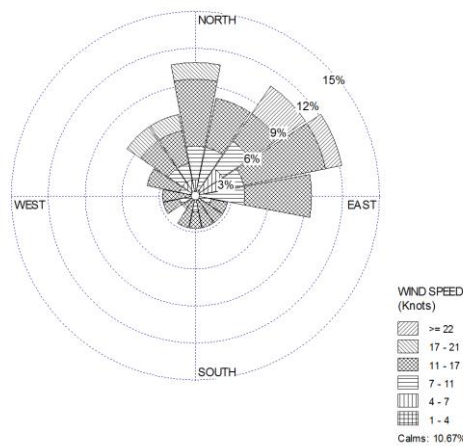
Lokasi penelitian untuk lokasi *burning site*, Desa Pekanheran, terletak di sebelah tenggara Kota Pekanbaru. Berarti pengaruh angin dari Pekanbaru ke Desa Pekanheran berasal dari arah barat laut, seperti terlihat di *windrose* **Gambar 6**, angin yang berasal dari barat laut tidak dominan, kurang dari 6%. Begitu juga pengaruh angin dari arah tenggara ke Kota Pekanbaru sangat kecil.



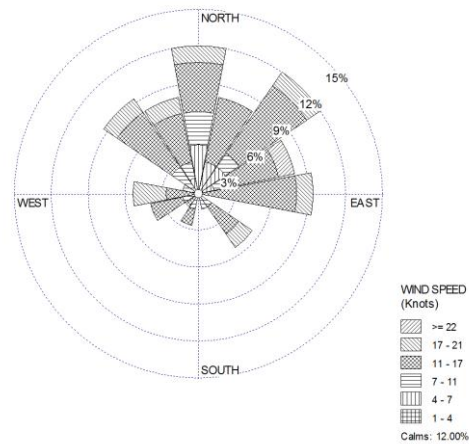
Gambar 2. *Windrose* di Bulan Februari 2009
(sumber : BMKG Pekanbaru, 2009)



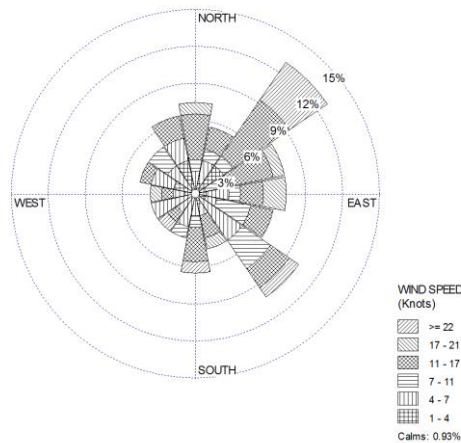
Gambar 3. *Windrose* di Bulan Maret 2009
(sumber : BMKG Pekanbaru, 2009)



Gambar 4. *Windrose* di Bulan Februari 2010
(sumber : BMKG Pekanbaru, 2010)



Gambar 5. *Windrose* di Bulan Maret 2010
(sumber : BMKG Pekanbaru, 2010)



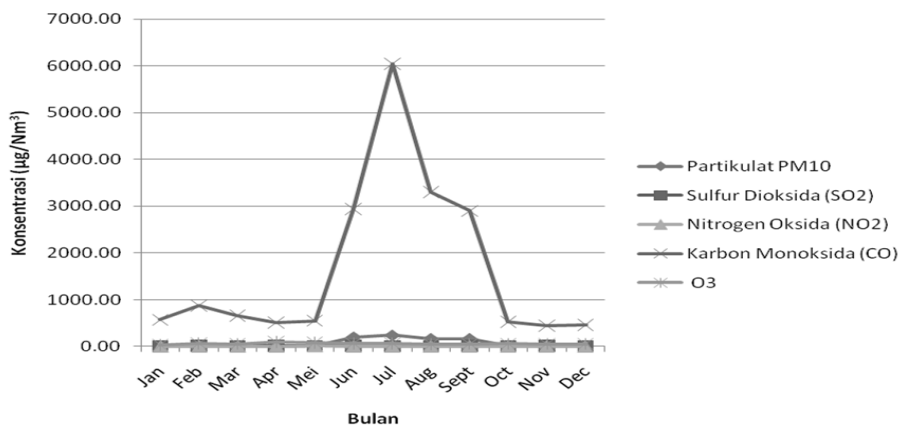
Gambar 6. Windrose selama pengambilan sampel

Data kualitas udara

Data kualitas udara pada grafik **Gambar 7** dan **Gambar 8** merupakan kualitas udara di Kota Pekanbaru yang bersumber dari Badan Lingkungan Hidup Kota Pekanbaru. Penggunaan data dari BLH Kota Pekanbaru dikarenakan tidak adanya data kualitas udara di lokasi penelitian untuk *burning site*, yaitu Kabupaten Indragiri Hulu.

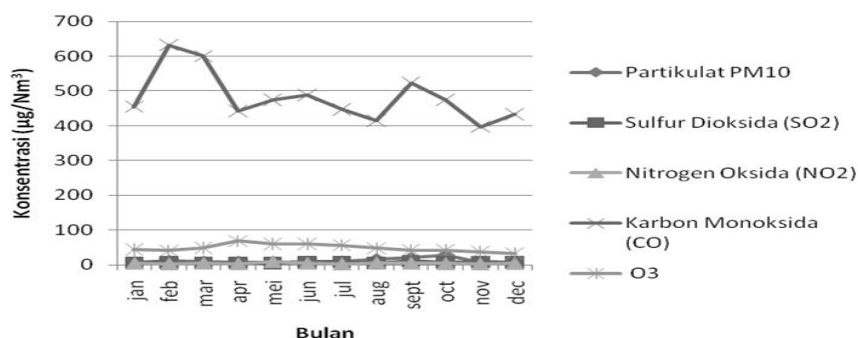
Kedua grafik pada **Gambar 7** dan **Gambar 8** menunjukkan bahwa parameter dengan konsentrasi terbesar setiap bulan pada tahun 2009 dan 2010 adalah karbon monoksida. Menurut Cooper dan Alley (1994), karbon monoksida adalah gas tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar karbon yang tidak sempurna. Semua bahan yang bersifat organik jika dibakar akan menghasilkan karbon, salah satunya karbon monoksida. Lahan gambut dan hutan merupakan sumber organik yang sangat besar karena terdiri dari berbagai macam vegetasi di dalamnya. Lahan basah menyimpan sekitar 2150 sampai 2875 t C/ha (Chokkalingam *et al.* in prep., Maltby dan Immirzi, 1993) dengan laju penyerapan sebesar 0,01-0,03 Gt C/tahun (Neuzil, 1997).

Pada tahun 2009 puncak konsentrasi karbon monoksida (CO) terjadi pada bulan Juli. Sedangkan pada tahun 2010, konsentrasi CO terbesar berada pada bulan Februari. Besarnya konsentrasi CO dipengaruhi oleh terjadinya musim kemarau dan terjadinya peristiwa *El-Niño*. Seperti yang dituliskan pada *Global Agricultural Information Network (USDA Foreign Agriculture Service, 2009)*, ”pada bulan Juli 2009, BMKG menyatakan terjadinya peristiwa *El-Niño* di Indonesia yang akan terus berlanjut hingga tahun 2010”. Periode iklim panas ini memacu terjadinya kebakaran lahan, apalagi masyarakat banyak yang membuka lahan dengan cara membakar semakin meningkatkan terjadinya kebakaran lahan dan hutan.



Gambar 7. Perbandingan kualitas udara setiap bulan selama tahun 2009

(sumber : Badan Lingkungan Hidup Kota Pekanbaru, 2009)



Gambar 8. Perbandingan kualitas udara setiap bulan selama tahun 2010
(sumber : Badan Lingkungan Hidup Kota Pekanbaru, 2010)

Konsentrasi PM₁₀

Lokasi pengambilan sampel *burning site* dilakukan pada 4 buah titik. Alat pengambil sampel diletakkan di atas lahan gambut yang sedang terbakar dengan ketinggian sekitar 2 meter dari atas permukaan tanah. Lokasi penelitian jauh dari jalan utama dan dikelilingi oleh hutan, berjarak sekitar 15 km dari Desa Pekanheran, sehingga sampel yang diambil dapat terhindar dari kontaminasi asap kendaraan bermotor. Sedangkan lokasi pengambilan sampel *background site* berada di Kota Pekanbaru, alat pengambil sampel diletakkan di pinggir jalan.

Sampel untuk *burning site* berjumlah 15 buah dengan menggunakan filter *mix cellulose fiber*. Sedangkan sampel untuk *background site* berjumlah satu buah dengan jenis filter yang sama. Keuntungan dari penggunaan filter jenis ini adalah rendahnya kandungan debu di dalamnya sehingga meningkatkan keakuratan pengukuran PM₁₀.

Partikulat yang tertangkap dalam filter berasal dari pembakaran tanah gambut serta vegetasi yang tumbuh di atas lahan gambut tersebut. Asap yang dihasilkan dari kebakaran lahan gambut berwarna kekuningan, sedangkan asap yang berasal dari kayu yang terbakar berwarna gelap. Hal ini menyebabkan partikulat yang tertangkap di dalam filter pun berwarna kekuningan hingga kecoklatan. Pengukuran konsentrasi PM₁₀ yang diemisikan dari kebakaran hutan tergantung dari 4 faktor utama, yaitu area terbakar, densitas biomassa atau bahan bakar, efisiensi kebakaran, dan faktor emisi (Junpen *et al*, 2011).

Menurut *United States Environmental Protection Agency*, partikulat yang juga dikenal sebagai PM, merupakan senyawa kompleks dari partikel berukuran sangat kecil dan butir-butir air. Partikel pencemaran ini terdiri dari beberapa komponen, termasuk asam, kimia organik, logam, dan tanah atau debu. Partikel yang berukuran lebih kecil dari 10µm (PM₁₀) dapat membahayakan kesehatan, karena partikel berukuran tersebut dapat melewati hidung dan tenggorokan dan akhirnya memasuki paru-paru.

Hasil pengukuran konsentrasi PM₁₀ setiap sampel dapat dilihat pada **Tabel 2** dan **Gambar 9**. Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata konsentrasi PM₁₀ pada lokasi *burning site* sebesar 4.454,81 µg/Nm³. Konsentrasi terbesar ialah 10.402,03 µg/Nm³ pada sampel FS 10, sedangkan konsentrasi terkecil sebesar 1.314,54 µg/Nm³ pada sampel FS 6. Konsentrasi PM₁₀ untuk lokasi *background site* sebesar 91,06 µg/Nm³.

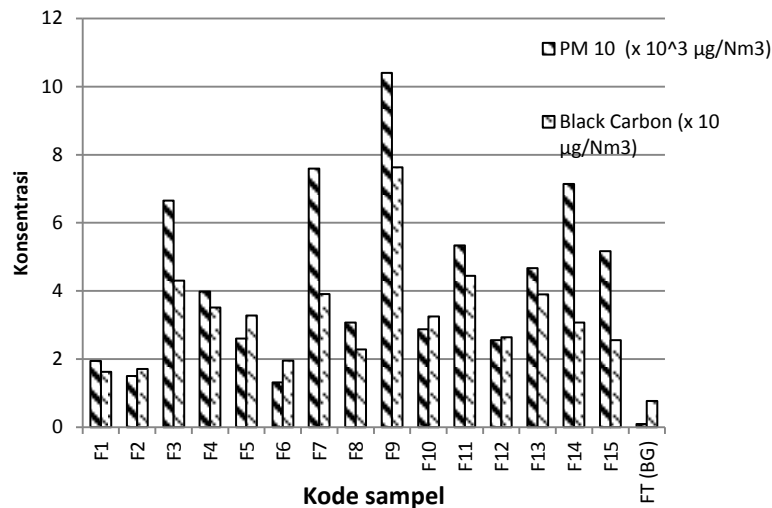
Tabel 2. Konsentrasi PM₁₀ dan *black carbon* pada setiap sampel serta perbandingannya terhadap konsentrasi PM₁₀

Kode sampel	PM ₁₀ (µg/Nm ³)	Konsentrasi <i>black carbon</i> (µg/Nm ³)	Persentase konsentrasi BC terhadap PM ₁₀ (%)
F1	1.947,19	1,62	0,83
F2	1.499,78	1,71	1,14
F3	6.657,60	4,30	0,65

Kode sampel	PM ₁₀ (µg/Nm ³)	Konsentrasi black carbon (µg/Nm ³)	Persentase konsentrasi BC terhadap PM ₁₀ (%)
F4	3.980,96	3,52	0,88
F5	2.599,60	3,28	1,26
F6	1.314,54	1,95	1,48
F7	7.595,27	3,91	0,52
F8	3.068,46	2,29	0,75
F9	10.402,03	7,63	0,73
F10	2.877,50	3,25	1,13
F11	5.341,14	4,45	0,83
F12	2.557,58	2,64	1,03
F13	4.673,09	3,90	0,83
F14	7.138,27	3,08	0,43
F15	5.169,20	2,55	0,49
Rata-rata	4.454,81	3,34	0,87
Standar Deviasi	2.607,49	1,49	0,30
FT (BG)	91,06	0,77	8,46

Perbedaan konsentrasi di antara sampel-sampel *burning site* dipengaruhi oleh kondisi di lapangan. Konsentrasi senyawa yang diukur pada suatu tempat dan suatu waktu tertentu merupakan fungsi dari intensitas emisi sumber, keadaan meteorologi dan potensi dispersi atmosfer (angin, kecepatan dan arah angin, kelembaban, radiasi sinar matahari, tekanan dan suhu), dan jarak titik pengukuran dari sumber (Soedomo, 2001). Semakin dekat alat diletakkan terhadap sumber api, maka semakin banyak partikulat yang akan terhisap. Api pada kebakaran lahan gambut biasanya tidak terlihat, karena api berada di dalam tanah. Api akan terlihat di atas permukaan jika api membakar vegetasi yang berada di atas lahan. Seperti yang di ungkap oleh Syaufina (2008) bahwa kebakaran di lahan gambut didominasi oleh proses *smoldering* yang menghasilkan emisi partikel yang tinggi dan karbon monoksida. Kecepatan angin yang besar pun meningkatkan proses pembakaran, karena membantu api untuk berpindah dari satu titik ke titik lainnya yang belum terbakar.

Perbedaan konsentrasi PM₁₀ antara *burning site* dan *background site* yang cukup besar disebabkan oleh jumlah partikulat yang terkandung dalam udara *ambient* lokasi pengambilan sampel. Pada *background site* partikulat pada umumnya berasal dari asap kendaraan bermotor yang lewat.



Gambar 9. Konsentrasi PM₁₀ dan *black carbon* setiap sampel di *burning site* dan *background site*

Konsentrasi *black carbon*

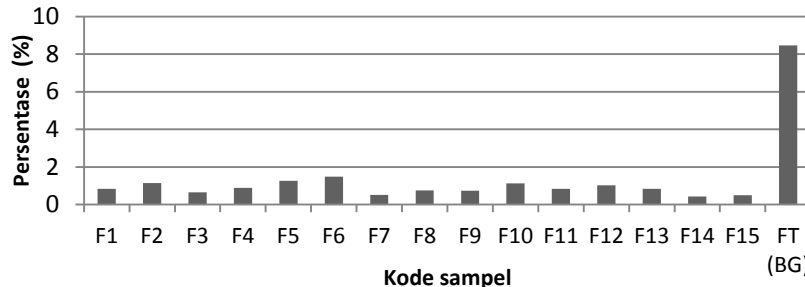
Black carbon (BC) adalah partikel halus tersuspensi di atmosfer tersusun oleh unsur dan senyawa karbon. BC merupakan kontributor besar terhadap pemanasan global, sekitar satu per enam pemanasan historis. Di beberapa area, iklim regional yang terjadi akibat dampak dari BC dapat meningkatkan waktu tinggal gas rumah kaca (Karen Bice *et al*, 2009).

Hasil pengukuran BC dari masing-masing sampel dapat dilihat pada **Tabel 2** dan **Gambar 9**. Dari pengukuran 15 buah sampel *burning site* diperoleh konsentrasi rata-rata *black carbon* sebesar 33,4 µg/Nm³. Konsentrasi maksimum sebesar 76,3 µg/Nm³ pada sampel F9, sedangkan konsentrasi minimum sebesar 16,2 µg/Nm³ pada sampel F1. Perbedaan konsentrasi BC ini disebabkan oleh jarak letak alat pengambil sampel dengan titik api yang sedang terbakar dan kondisi kebakaran terjadi. Konsentrasi yang kecil disebabkan karena alat tidak berada di atas titik api ataupun kebakaran yang terjadi tidak besar, sehingga asap yang tertangkap filter dari pembakaran biomassa pun sedikit. Tidak seperti halnya pada sampel dengan konsentrasi besar, menunjukkan asap yang tertangkap oleh filter pun banyak. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh angin pada saat pengambilan sampel. Beberapa angin puting beliung kecil melewati lokasi penelitian pada saat pengambilan sampel, menyebabkan asap yang dihasilkan pun semakin banyak. Untuk konsentrasi BC sampel *background site* adalah sebesar 7,7 µg/Nm³ yang banyak berasal dari asap kendaraan bermotor yang melewati jalan.

Emisi aerosol karbon terbagi menjadi dua kategori, yaitu berasal dari *contained combustion* dan *uncontained combustion*. *Contained combustion* didominasi oleh bahan bakar fosil (industri, memasak, mesin disel). *Uncontained combustion* atau “pembakaran terbuka” mencakup hampir semua pembakaran luar ruangan seperti limbah pertanian dan sampah, termasuk juga hutan. BC yang diemisikan dari pembakaran terbuka mengandung banyak *organic carbon* (OC) dibandingkan BC, dan efek dari emisi BC dan OC dapat menyebabkan pendinginan (saat mengeluarkan emisi CO₂ dari pembakaran). Karenanya, emisi BC dari proses *contained combustion* mungkin berkontribusi pada hampir semua bagian BC dalam pemanasan global (Jacobson, 2004).

Dari **Tabel 2** dan **Gambar 10** dapat terlihat kontribusi konsentrasi BC terhadap konsentrasi PM₁₀ setiap sampel dari 15 buah sampel *burning site* dan 1 buah sampel *background site*. Persentase paling besar di antara sampel-sampel *burning site* adalah 1,48% (sampel F6), sedangkan persentase terkecil sebesar 0,43% (sampel F14) dengan rata-rata persentase semua sampel sebesar 0,87%. Rata-rata persentase dari sampel *burning site* berbeda jauh dari persentase sampel *background site* yang memiliki perbandingan sebesar 8,46%. Dimana konsentrasi *black carbon* sampel wilayah *burning site* berkisar antara 16,2 – 76,3 µg/Nm³ dan konsentrasi untuk sampel *background site* adalah 7,7 µg/Nm³. Hal tersebut menunjukkan bahwa kandungan BC

dari sumber kendaraan bermotor dominan terhadap pencemaran udara, berbeda dari pencemaran udara yang terjadi akibat kebakaran hutan. Konsentrasi BC yang dihasilkan oleh asap kebakaran hutan tidak dominan, hal ini dapat disebabkan banyaknya senyawa lain yang dihasilkan dari proses pembakaran tersebut, seperti senyawa ion, logam, dan senyawa-senyawa lain.



Gambar 10. Perbandingan konsentrasi *Black carbon* terhadap konsentrasi PM₁₀ setiap sampel di *burning site* dan *background site*

KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran yang terdiri dari 15 buah sampel *burning site* dan 1 buah sampel *background site* diperoleh konsentrasi PM₁₀ untuk lokasi *burning site* antara 1.314,54-10.402,03 µg/Nm³ dengan rata-rata konsentrasi sebesar 4.454,81 µg/Nm³ dan konsentrasi *background site* sebesar 91,06 µg/Nm³. Untuk konsentrasi *black carbon* sampel wilayah *burning site* sekitar 16,2-76,3 µg/Nm³ dengan rata-rata 33,4 µg/Nm³ dan konsentrasi untuk sampel *background site* adalah 7,7 µg/Nm³. Perbedaan konsentrasi sampel *burning site* terjadi karena pengaruh kondisi kebakaran dan meteorologi pada saat sampel diambil, sedangkan konsentrasi *background site* dominan berasal dari asap kendaraan bermotor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada *Naval Research Laboratory, USA* dan *Ganesha Environmental and Energy Services* yang telah memberikan biaya dan meminjamkan peralatan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, Fahmuddin dan Made Subiksa. 2008. *Lahan Gambut : Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan*, diakses pada April 2011 di <http://www.worldagroforestry.org>.
- Badan Lingkungan Hidup. 2009-2010. Kota Pekanbaru
- Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. 2009-2010. Kota Pekanbaru
- Cooper, C. David dan Alley, F.C. *Air Pollution Control : A Design Approach*. Illinois : Waveland Press, Inc.
- Kurnain, Ahmad. *Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut: Karakteristik dan Penanganannya*, diakses pada Maret 2011 di <http://lemlit.unlam.ac.id/wp-content/uploads/2008/02/akurnain.pdf>.
- Langmann, B and Heil, A. *Release and Dispersion of Vegetation and Peat Fire Emissions in the Atmosphere Over Indonesia 1997/1998*. Atmos. Chem. Phys. 2004;4;2145–2160.
- Lazaridis, M., Latos, M., Aleksandropoulou, V., Hov, Ø., Papayannis, A., Tørseth, K. 2008. *Contribution of Forest Fire Emissions to Atmospheric Pollution in Greece*. Air Qual Atmos Health 2008;1;143–158.
- Levine, J. S. 1999. *The 1997 Fires in Kalimantan and Sumatra, Indonesia: Gaseous and Particulate Emissions*. Geophys. Res. Lett. 1999;26(7);815–818

- Muraleedharan, T.R., Radojevic, Miroslav., Waugh, Allan., Caruana, Anthony. 2000. *Emissions from the Combustion of Peat: An Experimental Study*. Atmospheric Environment 2000;34 3033-3035.
- Reid, J.S., Koppmann, R., Eck, T.F., Eleuterio, D.P. 2005. *A review of biomass burning emissions part II: intensive physical properties of biomass burning particles*. Atmos. Chem. Phys 2005;5:799–825.
- Singh. 1995. *Composition, Chemistry, and Climate of the Atmosphere*. New York: Van Nostrand Reinhold
- Soedomo, Moestikahadi. 2001. *Pencemaran Udara Bandung* : Penerbit ITB.
- Tacconi, Luca. 2003. *CIFOR Occasional Paper No. 38(i)*. Jakarta : Center for International Forestry Research.
- Wahyunto, Sofyan Ritung, dan Subagjo. 2003. *Peta Luas Sebaran Lahan Gambut dan Kandungan Karbon di Pulau Sumatera: 1990-2002*. Indonesia: Wetlands International.
- Wark, Kenneth and Cecil F. Warner. 1981. *Air Pollution Its Origin and Control*, New York: Harper & Row
- Wellburn, Alan. 1994. *Air Pollution and Climate Change: The Biological Impact*. Singapore: Longman