

ANALISA PENGARUH KELEMBABAN KAYU TERHADAP KONSENTRASI PM_{2,5} DALAM DAPUR BERBAHAN BAKAR KAYU SKALA REPLIKASI DAN RUMAH TANGGA

T. Istirokhatun, Irawan Wisnu Wardhana, dan Azaria Primelya

Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik UNDIP, Jl. Prof H. Sudarto SH Tembalang Semarang
Email: tititkisti@undip.ac.id

ABSTRAK

PM_{2,5} adalah salah satu polutan dari aktivitas memasak rumah tangga berbahan bakar kayu yang berpotensi besar menjadi penyebab masalah kesehatan di sejumlah negara berkembang di dunia (Huboyo, dkk, 2009). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kelembaban kayu terhadap konsentrasi PM_{2,5} pada proses pembakaran. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium dengan menggunakan reaktor sederhana sebagai dapur replikasi, dan skala lapangan di 10 rumah yang menggunakan bahan bakar kayu dalam aktivitas memasak. Dari hasil penelitian skala replikasi dihasilkan bahwa kelembaban kayu terhadap distribusi massa PM_{2,5} memiliki hubungan yang cukup, karena adanya kontrol udara sehingga partikel yang dihasilkan dapat tertampung dengan baik. Sedangkan pada penelitian pada dapur rumah tangga menunjukkan tidak ada satu pun hubungan antara distribusi massa PM_{2,5} dengan 4 faktor yaitu lama memasak, penggunaan kayu, laju pembakaran dan kelembaban kayu, karena proses memasak setiap sampel berbeda. Dari hasil penelitian skala replikasi semakin tinggi kelembaban maka semakin tinggi konsentrasi PM_{2,5} yang dihasilkan, hal ini erat kaitannya dengan dilakukannya kontrol udara serta waktu pembakaran. Hasil penelitian pada dapur rumah tangga mengindikasikan kelembaban kayu tidak mempengaruhi konsentrasi PM_{2,5} karena adanya pengaruh angin, tambahan bahan bakar yang digunakan serta faktor lainnya.

Kata Kunci: kelembaban kayu, proses pembakaran kayu, PM_{2,5}

PENDAHULUAN

Diperkirakan bahwa sekitar 50% dari populasi di dunia, sebanyak 90% di beberapa negara berkembang masih menggunakan bahan bakar biomasa (kayu, kotoran hewan dan sisa hasil panen) yang secara khusus dibakar dalam tungku atau kompor sederhana untuk kegiatan memasak dan kegiatan pembakaran lainnya (WHO Europe, 2005). Kayu sebagai produk alam yang tersusun atas karbon (46% C), hydrogen (6% H), oksigen (44% O) serta mineral (1%). Panshin (2002) mengemukakan bahwa kayu memiliki sifat higroskopis di mana sifat ini menyebabkan kayu dapat menyerap (adsorps) dan melepaskan (desorps) air untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungannya. Kemampuan adsorpsi dan desorpsi kayu ini berakibat pada besarnya kadar air yang selalu berubah tergantung pada suhu dan kelembaban lingkungan sekitarnya (Panshin, I.K.N, *et al.*, 2005)

Kadar air dalam kayu bakar merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap perilaku api, terutama dalam kecepatan pembakaran dan kemampuan terbakar dari kayu bakar. Dalam hal ini, semakin tinggi kadar air bahan bakar semakin banyak panas yang diperlukan untuk mengeluarkan air dari bahan bakar. Hasilnya, terjadi penurunan kecepatan pembakaran dan flamabilitas dari bahan bakar tersebut. Oleh karena itu, kadar air sering digunakan dalam prediksi perilaku api (Riyanti, A. 2008).

Partikel halus (PM_{2,5}) secara umum berasal dari proses pembakaran, proses fotokimia dan proses konversi gas ke dalam bentuk partikel (Miah *et al.*, 2008). Berbagai studi menyatakan bahwa proses pembakaran kayu menghasilkan tingkat pencemaran udara dalam ruang yang tinggi yang berupa CO dan PM_{2,5} di Guatemala (Bruce *et al.*, 1998) dan PM_{2,5} Meksiko (Braurer *et al.*, 1996).

Terjadinya proses pembakaran biomasa sering disertai emisi dalam jumlah yang besar

yaitu partikel aerosol dan black carbon (Polkin et alKozlov *et al.*, 2005). Pengukuran di beberapa wilayah kota di Australia memperlihatkan bahwa black carbon secara tipikal 10-40 % dari fraksi partikel halus (PM_{2,5}) (Cohen, 1999).

Dengan mempertimbangkan pentingnya kualitas udara dalam ruang yang bersih dan tidak tercemar, maka dilakukan penelitian untuk melihat pengaruh kelembaban kayu bakar terhadap PM_{2,5} yang terdapat dalam dapur suatu rumah tangga di mana terjadi kegiatan pembakaran menggunakan kayu bakar saat memasak.

METODOLOGI

Pelaksanaan penelitian skala laboratorium dibagi menjadi dua, yaitu (1) skala mikro dengan reaktor sederhana yang terbuat dari PVC dengan melakukan pembakaran kayu dengan dimensi yang sama selama 3 menit dengan kelembaban yang bervariasi dan (2) pembakaran kayu di dapur replikasi dengan melakukan pembakaran kayu berdimensi sama berkelembaban berbeda di tungku tanpa memasak selama 30 menit.

Pengukuran menggunakan alat Cyclone PM_{2,5} URG-2000-30EN dengan Leland Legacy beraliran 10 lpm. Sedangkan pelaksanaan penelitian lapangan dilakukan di 10 dapur rumah warga menggunakan alat SKC Sioutas Cascade Impactor (SKC Inc) with Leland Legacy® beraliran 9 lpm diletakkan pada penyangga tiang dengan ketinggian sama setiap rumah yaitu 82 cm dan diletakkan di dekat tungku yang digunakan untuk memasak dengan jarak antara 30 – 40cm dari tungku serta disesuaikan dengan kemungkinan aktivitas memasak tanpa mengganggu pergerakan normal orang memasak. Setelah sampling, filter hasil sampling disimpan dalam desikator untuk kemudian dianalisis di laboratorium.

Sebelum sampling, dilakukan penimbangan filter menggunakan neraca analisis yaitu Mass Comparator Mettler Toledo Tipe XP 26 Comparator yang mempunyai tingkat ketelitian 6 desimal (0,000000 g) untuk mengetahui berat awal filter. Masing-masing filter diberi kode agar tidak tertukar satu sama lain.



(a) (b)

Gambar 1.

(a) SKC Sioutas Cascade Impactor with Leland legacy

(b) Cyclone PM_{2,5} URG-2000-30EN

Sumber: Dokumentasi, 2011



Gambar 2. Wood Moisture MD818

Sumber: Dokumentasi, 2011

Konsentrasi $PM_{2,5}$ dianalisis dengan menggunakan metode gravimetri, yaitu dengan melakukan penimbangan filter sebelum dan setelah sampling, sehingga berat partikulat yang terdapat dalam filter dapat diketahui. Data primer yang didapatkan dari pengambilan sampel di penelitian skala laboratorium dan lapangan, dilanjutkan dengan

analisis konsentrasi $PM_{2,5}$ di Laboratorium di Balai Pendidikan dan Pelatihan Metrologi Bandung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penelitian Skala Mikro dengan Reaktor Sederhana

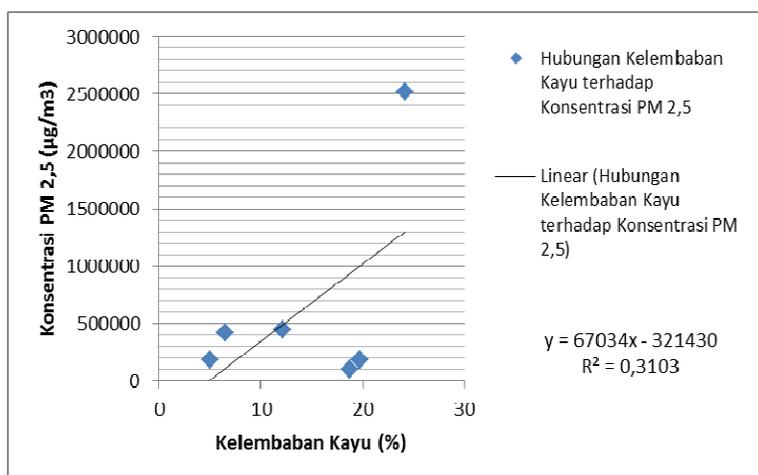
Tabel 1.

Kelembaban Kayu dan Konsentrasi $PM_{2,5}$ pada Penelitian Skala Mikro dengan Reaktor Sederhana

No.	Keterangan (jam)	Δ Berat (g)	V(L)	Conc. $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$)	Kelembaban Kayu (%)
1	Tanpa Perlakuan	0,01174	26,10	448304	12,16
2	Penjemuran 14 J	0,01110	26,30	420496	6,5
3	Penjemuran 21 Jam	0,00336	25,00	133876	5
4	Perendaman 30 Jam	0,00115	23,30	49093	18,75
5	Perendaman 36 Jam	0,00353	26,00	135280	19,75
6	Perendaman 48 Jam	0,05539	22,40	2463959	24,16

Sumber: Hasil Analisis, 2011

Dari tabel terlihat bahwa semakin tinggi kelembaban kayu semakin tinggi pula konsentrasi $PM_{2,5}$ yang dihasilkan.



Gambar 3.

Hubungan Kelembaban Kayu terhadap Konsentrasi $PM_{2,5}$ pada Penelitian Skala Mikro dengan Reaktor Sederhana

Sumber : Hasil Analisis, 2011

Pada grafik terlihat bahwa terdapat hubungan antara kelembaban kayu terhadap konsentrasi $PM_{2,5}$ yang cukup. Dari hubungan antara kelembaban kayu terhadap konsentrasi $PM_{2,5}$ diperoleh persamaan dengan nilai $R^2 = 0,3103$ dan hampir mendekati 1. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kelembaban kayu maka semakin tinggi pula konsentrasi

$PM_{2,5}$ yang dihasilkan. Faktor yang lain yang kemungkinan mempengaruhi pada percobaan ini disebabkan karena kontrol udara yang tidak banyak terpapar angin karena pembakaran dilakukan didalam reaktor, menggunakan api yang cenderung konstan serta waktu pembakaran kayu yang sama.

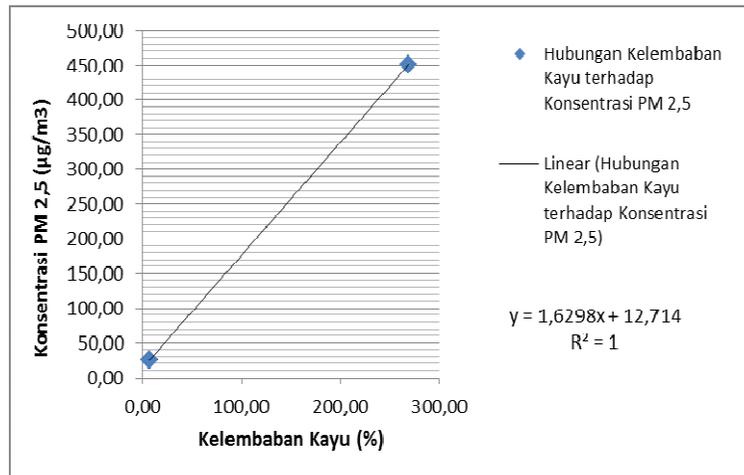
2. Penelitian di Sebuah Dapur (Replikasi)

Tabel 2. Kelembaban Kayu dan Konsentrasi PM_{2,5} pada Penelitian Replikasi

No.	Keterangan (jam)	Selisih Berat (g)	Volume (L)	Conc. PM 2,5 (µg/m ³)	Kelembaban Kayu (%)
1	Penjemuran 8	0,000105	299,90	348	7,33
2	Perendaman 48	0,000154	287,00	535	24,67

Sumber: Hasil Analisis, 2011

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa semakin tinggi kelembaban kayu yang digunakan maka akan semakin tinggi konsentrasi PM_{2,5} yang dihasilkan.



Gambar 4.

Hubungan Kelembaban Kayu terhadap Konsentrasi PM_{2,5} pada Penelitian Replikasi
Sumber: Hasil Analisis, 2011

Pada grafik dapat dilihat bahwa terdapat hubungan antara kelembaban kayu terhadap konsentrasi PM_{2,5} yang kuat. Dari hubungan antara kelembaban kayu terhadap konsentrasi PM_{2,5} diperoleh persamaan dengan nilai $R^2 = 1$. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kelembaban kayu maka semakin tinggi pula konsentrasi PM_{2,5} yang dihasilkan. Faktor yang lain yang mempengaruhi pada percobaan ini adalah karena tanpa adanya alat masak di atas tungku yang mempengaruhi gerak api dan besaran api tidak dipengaruhi oleh apa yang dimasak di atasnya, serta angin yang tidak banyak pada saat pembakaran karena pada saat pembakaran ruangan dalam keadaan tertutup.

3. Penelitian Rumah Tangga

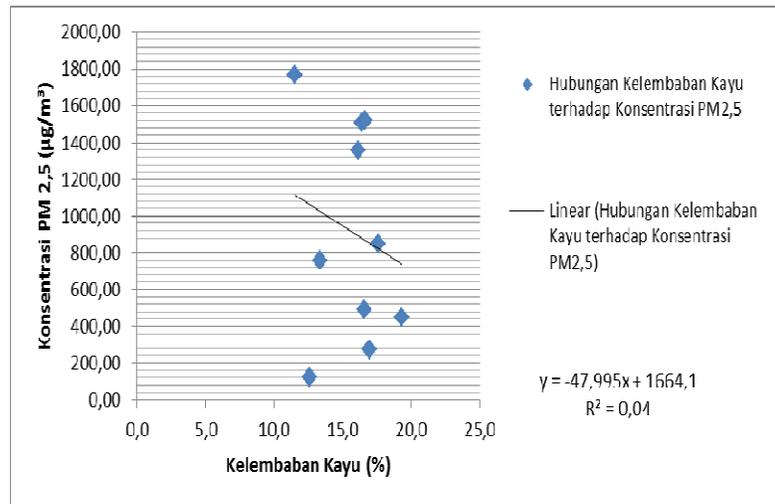
Tabel 3. Kelembaban Kayu dan Konsentrasi PM_{2,5} pada Penelitian Lapangan

Sampel	Konsentrasi PM 2,5 Tiap Distribusi Ukuran (µg/m ³)				Conc. PM 2,5 (µg/m ³)	Kelembaban Kayu (%)
	1,0 - 2,5 µm	0,5 - 1,0 µm	0,25 - 0,5 µm	< 0,25 µm		
R1	137,83	260,72	709,80	660,41	1768,76	11,5
R2	27,09	7,39	71,41	169,91	275,79	17,0
R3	13,89	17,36	86,79	333,28	451,31	19,33
R4	28,08	131,40	377,76	971,12	1508,35	16,37

R5	2,54	10,16	114,29	720,01	847,00	17,6
R6	85,94	73,36	294,19	1067,6	1521,05	16,67
R7	4,58	14,89	103,07	367,60	490,14	16,6
R8	3,71	11,12	35,83	72,89	123,54	12,57
R9	34,33	48,27	125,51	549,23	757,34	13,35
R10	94,23	76,56	200,23	985,43	1356,44	16,14

Sumber: Hasil Analisis, 2011

Pada **Tabel 3** terlihat kelembaban kayu yang digunakan tidak mempengaruhi konsentrasi $PM_{2,5}$ yang dihasilkan.



Gambar 5.

Hubungan Kelembaban Kayu terhadap Konsentrasi $PM_{2,5}$ pada Penelitian skala Rumah Tangga
 Sumber: Hasil Analisis, 2011

Pada grafik terlihat bahwa tidak terdapat hubungan antara kelembaban kayu terhadap konsentrasi $PM_{2,5}$. Dari hubungan antara kelembaban kayu terhadap konsentrasi $PM_{2,5}$ diperoleh persamaan dengan nilai R^2 yang jauh dari angka 1, yaitu $R^2 = 0,04$. Hal ini dapat disimpulkan bahwa kelembaban kayu tidak mempengaruhi nilai konsentrasi $PM_{2,5}$ yang dihasilkan.

Sebagai contoh hal ini dapat dilihat jelas pada sampel 3 dan sampel 10, pada sampel 3 kayu yang digunakan lebih tinggi angka kelembabannya daripada sampel 10. Pada sampel 3 kayu yang digunakan kayu yang sudah dibelah menjadi lebih kecil, tungku yang digunakan masih kokoh, api terkontrol, ruangan memiliki luasan sedang, dan angin yang tidak banyak, sehingga asap yang dihasilkan lebih mudah menyebar ke udara. Sedangkan pada sampel 10 kayu yang digunakan berupa batangan yang memiliki diameter lebih besar, tungku yang digunakan lebih terbuka, api tidak terkontrol disebabkan

angin yang masuk melalui jendela yang ada pada dapur dan dimensi ruangan tempat memasak sangat kecil, sehingga asap yang dihasilkan oleh pembakaran kayu tidak memiliki banyak ruang untuk tersebar di udara.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian hubungan kelembaban kayu terhadap konsentrasi $PM_{2,5}$ memiliki hubungan yang cukup jika dilakukan kontrol udara serta waktu pembakaran dan tidak adanya proses memasak di atas tungku. Pada penelitian skala laboratorium diperoleh korelasi mendekati 1, yaitu dengan reaktor sederhana diperoleh korelasi $R^2 = 0,3103$ dan di dapur replikasi diperoleh korelasi $R^2 = 1$. Sedangkan pada penelitian lapangan diperoleh korelasi yang jauh dari 1 yaitu $R^2 = 0,04$, hal ini dapat terjadi karena banyak faktor di 10 sampel, seperti jenis masakan yang dimasak, jumlah kayu yang dipakai, laju pembakaran, kelembaban kayu, besar kecilnya kayu, serta tambahan bakar lainnya.

SARAN

Dilakukan penelitian lebih lanjut dengan melakukan kontrol ventilasi atau aliran udara, jenis tambahan bahan bakar serta dilakukan penelitian pembakaran kayu bakar dengan kelembaban kayu yang memiliki range berbeda jauh dengan melakukan perlakuan kayu yang lebih lama baik untuk mendapatkan variasi kelembaban kelembaban kayu yang akan dilakukan percobaan dan ukuran kayu yang lebih bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Huboyo H.S, Budihardjo, M.A, *Pengukuran Konsentrasi PM₁₀ pada Udara dalam ruang (Studi Kasus : Dapur Rumah Tangga Berbahan Kayu dan Minyak Tanah)*
- WHO Europe. 2005. *Particulate Matter Air Pollution : How It Harms Health*. Berlin Copenhagen Xinghua Li et al.,. 2006. *Emission Characteristics of Particulate Matter from Rural Household Biofuel Combustion in China*.
- Panshin, I.K.N dan H. Ramdan.2002. *Anatomi Kayu: Pengantar Sifat Kayu sebagai Bahan Bangunan*. Bogor : Yayasan Penerbit Fakultas Kehutanan IPB
- Riyanti, Anggrika. 2008. *Analisis Konsentrasi Particulate Matter 10 (PM10) pada Udara dalam Ruang (Studi Kasus: Dapur Rumah Tangga Berbahan Bakar Kayu dan Minyak Tanah), Tugas Akhir*. Semarang: Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro.
- Miah, Danesh, Md. 2008. *Wood fuel use in the traditional cooking stoves in the rural floodplain areas of Bangladesh : A socio-environmental perspective*. www.elsevier/locate/biombioe
- Bruce N, Neufeld L, Boy E., and West C., *Indoor biofuel air pollution and respiratory health the role of confounding factors among women in highland Guatemala*, Int. J. Epidemiol 1998 : 27 : 454-458
- Brauer B, Bartlett K, Regalado-Pinedal., and Perez-Padilla R., *Assesment of particulate concentrations from domestic biomass combustions in rural Mexico*, Environmental Sci Technology 1996 : 30 : 104-109
- Cohen David, *Seasonal and regional variations in ambient fine particle concentration and sources in New South Wales, Australia : a seven years study*. Proceedings of International Congress of Biometeorology and International Conference on Urban Climatology, Sydney Australia 8-12 Nov 1999, pp 607-612