

STUDI EMISI TUNGKU MASAK RUMAH TANGGA

Study for Emission Characteristic of Household Stoves

Agus Haryanto, Sugeng Triyono

Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung
 Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1, Gedong Meneng, Bandar Lampung, Lampung 35415
 Email: agusharyanto@unila.ac.id

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji karakteristik emisi beberapa tungku atau kompor dapur rumah tangga. Penelitian dilakukan dengan menggunakan lima jenis tungku atau kompor, yaitu tungku biomassa pot tebal, tungku biomassa bata, kompor minyak tanah, kompor batubara, dan kompor LPG. Parameter emisi yang diukur meliputi CO, NO₂, SO₂ dan partikel. Emisi gas diukur menggunakan gas analyser Woflsense TG 501, sedangkan emisi partikel debu ditentukan berdasarkan standar SNI 19-7117.12-2005. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kompor LPG tidak menghasilkan emisi CO. Kompor minyak tanah menghasilkan emisi CO paling tinggi yaitu (1074 µg/m³). Kompor LPG menghasilkan emisi SO₂ paling banyak (1488 µg/m³), diikuti kompor minyak tanah (1055 µg/m³), tungku kayu pot (722 µg/m³), dan kompor batubara (290 µg/m³). Di pihak lain, tungku biomassa pot tebal menghasilkan NO₂ lebih banyak (99 µg/m³) dibandingkan kompor minyak tanah (25 µg/m³). Emisi partikulat meningkat menurut jenis bahan bakar yang digunakan dengan urutan dari yang paling rendah adalah LPG, minyak tanah, batubara, dan biomassa.

Kata kunci: emisi, tungku, biomassa, bahan bakar fosil

ABSTRACT

The objective of this research was to study emission characteristic of household stoves. Five stoves were tested, namely clay pot biomass stove, brick biomass stove, kerosene stove, coal stove, and LPG stove. Emission parameters to be measured were CO, NO₂, SO₂, and particulates. Gas emission was measured using gas analyzer Woflsense TG 501, while particulate was determined based on Indonesian National Standard (SNI: 19-7117.12-2005). Results showed that LPG stove emitted no CO indicating that complete burning existed. Other stoves emitted CO with kerosene stove exhibited the highest CO emission of 1074 µg/m³. Biomass pot stoves produced SO₂ (722 µg/m³) which is lower than LPG stove (1488 µg/m³) and kerosene stove (1055 µg/m³), but higher than coal stove (290 µg/m³). On the other side, biomass pot stoves produced more NO₂ (99 µg/m³ with pot stove) as compared to kerosene stove (25 µg/m³). Particulate emission increased based on the fuels used with an order from the lowest was LPG stove, kerosene stove, coal stove, and biomass stove.

Key words: emission, stove, biomass, fossil fuels

PENDAHULUAN

Memasak merupakan kegiatan yang sangat penting dalam sebagian besar rumah tangga negara berkembang, termasuk Indonesia. Jumlah penduduk yang besar mengakibatkan tingginya kebutuhan energi untuk memasak. Kegiatan memasak di Indonesia, khususnya di perdesaan, masih banyak menggunakan tungku tradisional dengan pembakaran terbuka (*open burning*).

Penggunaan biomasa sebagai sumber energi memiliki nilai positif karena secara teoritis tidak menghasilkan CO₂ yang merupakan gas rumah kaca. Tetapi, sebagian besar penggunaan biomasa dilakukan menggunakan tungku tradisional dengan pembakaran langsung terbuka yang tidak efisien. Di negara berkembang, tungku-tungku tradisional ini menghabiskan biomassa berlebih, dikarenakan perpindahan panas yang tidak efisien (Owsianowski, 2007). Pembakaran yang tidak sempurna ditambah problem pindah panas yang

tidak efisien mengakibatkan efisiensi termal yang rendah. Haryanto dan Triyono (2010) melaporkan bahwa tungku-tungku berbahan bakar biomasa hanya memiliki efisiensi energi antara 11% hingga 17%. Sebagai contoh, tungku yang digunakan dalam pembuatan gula merah mempunyai efisiensi 15% hingga 18,6% (Nurhayati dkk., 2006).

Selain efisiensi energi yang rendah, pembakaran terbuka menimbulkan emisi polutan seperti CO, H₂S, NO_x, SO_x dan partikel debu. Gas-gas yang dihasilkan dari pembakaran selama kegiatan memasak tidak hanya mengotori ruangan tetapi juga atmosfer yang dapat memicu pemanasan global (MacCarty dkk., 2008). Berbagai riset kesehatan juga menunjukkan adanya hubungan erat antara asap yang dihasilkan dari dapur dengan berbagai macam penyakit, terutama di negara berkembang (Fullerton dkk., 2008; Ezzati dan Kammen, 2002). Beberapa persoalan kesehatan yang berkaitan dengan asap dari tungku dapur meliputi: infeksi saluran pernafasan (Dufflo dkk., 2008), bronchitis kronik (Akhtar dkk., 2007), asthma (Mishra, 2003), hingga tuberculosis atau TBC (Pérez-Padilla dkk., 2001).

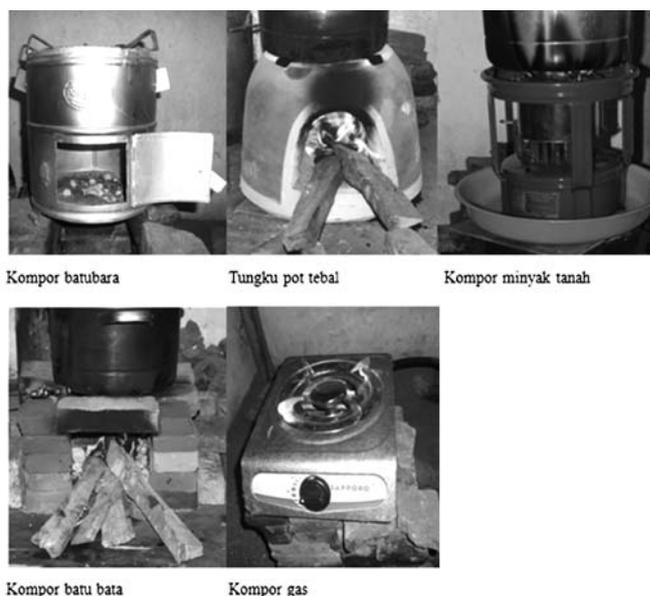
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik emisi beberapa tungku atau kompor dapur rumah tangga yang umum digunakan, diantaranya adalah tungku biomassa, kompor minyak tanah sumbu, kompor batu bara, dan kompor gas.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2010 bertempat di Lab. Daya dan Alat Mesin Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Analisis emisi partikel dilakukan di Laboratorium Badan Riset dan Standarisasi (Baristand) Industri Lampung.

Lima jenis tungku atau kompor yang dipilih untuk pengujian meliputi tungku biomassa berbentuk pot tebal, tungku biomassa dari susunan bata merah, tungku batubara, kompor minyak tanah, dan kompor gas (Gambar 1). Tabel 1 menunjukkan spesifikasi ringkas tungku dan kompor yang digunakan. Bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini yaitu minyak tanah, gas LPG, kayu bakar (kayu karet) dan briket batubara. Kajian literatur memperlihatkan karakteristik bahan bakar seperti ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar 1. Tungku dan kompor yang digunakan dalam penelitian

Tabel 1. Spesifikasi ringkas tungku dan kompor

Parameter	Tungku batu bata	Tungku pot tebal	Kompor minyak tanah	Kompor batubara	Kompor gas
Panjang	40 cm	Ø 39 cm	Ø 28 cm	Ø 23 cm	37 cm
Lebar	36 cm	Ø 39 cm	Ø 28 cm	Ø 23 cm	29 cm
Tinggi	22 cm	31 cm	28 cm	24 cm	9 cm
Berat	--	6784 g	2118 g	1415 g	1229 g
Merek	--	Kupu-kupu	Surya Utama	Porket	Sapporo
Bahan bakar	Biomasa	Biomasa	Minyak tanah	Batubara	Gas LPG
Volume ruang bakar (cm ³)	16 × 20 × 18 = 5760 cm ³	Ø 14, t 21 = 3232 cm ³	Ø ₁ 12, Ø ₁ 9, t 10 = 495 cm ³	Ø 15, t 12 = 2120 cm ³	--
Jumlah sumbu	--	--	14 (sumbu kain)	--	27 (sumbu gas)
Lubang udara (cm ²)	1 lubang ^{a)} = 288 cm ²	1 lubang ^{a)} = 208 cm ²	280 lubang × @ 0,063 = 17,64 cm ²	22 lubang = 73 cm ²	--
Tinggi dudukan panci	--	--	5 cm	3 cm	2 cm

Catatan: a) Sekitar 50% luas lubang udara terhalang oleh kayu bakar.

Tabel 2. Komposisi elemental bahan bakar

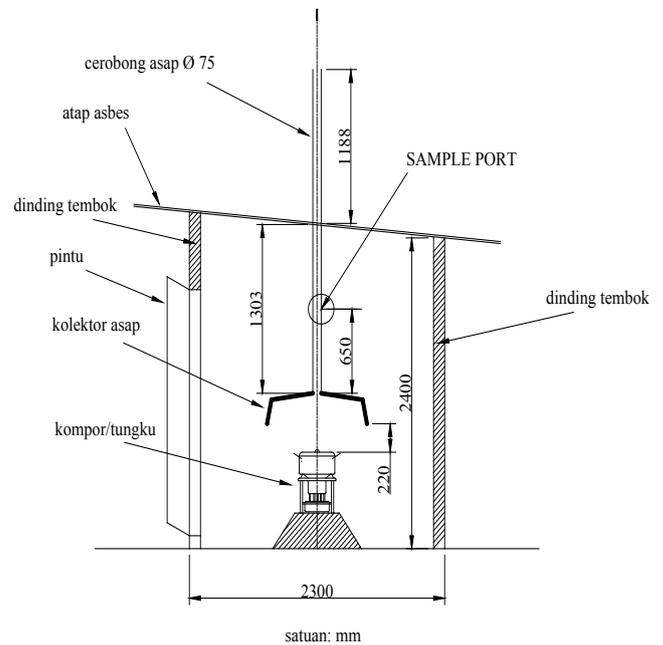
Komposisi elemental	Kayu karet ^{a)}	Minyak Tanah ^{b)}	Batubara ^{c)}	LPG ^{d)}
Analisis Proksimat:				
Kadar air	8,5	--	11,81	--
Abu	1,1	--	11,25	--
Bahan volatil	88,9	--	37,69	--
Karbon terikat	10,0	--	39,25	--
Nilai kalori (MJ/kg)	17,06	43,1	23,26	45,5
Analisis ultimat:				
C (% , berat kering)	46,4	85,80	57,49	83
H (% , berat kering)	5,7	14,10	5,69	17
O (% , berat kering)	47,7	0,00	24,40	0,0
N (% , berat kering)	0,2	0,00	0,87	0,0
S (% , berat kering)	0,0	0,10	0,30	50 ml/1000 AG ^{e)}

Catatan: a) Pipatmanomai, 2011.
 b) www.woodgas.com
 c) Briket batubara Lampung (Soelistijo dan Damayanti, 2011)
 d) LPG diasumsikan mengandung 30% propana dan 70% butana
 e) Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi, 2009.

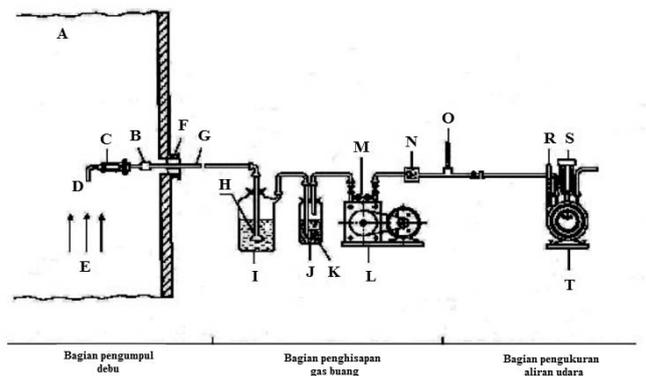
Pengukuran emisi dilakukan dalam suatu ruangan dengan skema seperti terlihat pada Gambar 2. Kolektor asap yang dilengkapi dengan cerobong terbuat dari seng, digunakan untuk menangkap dan mengeluarkan asap. Untuk membantu aliran gas, sebuah kipas kecil dipasang di mulut cerobong. Pengambil contoh gas (*gas sampler*) dipasang di dalam cerobong melalui sebuah lubang kecil pada ketinggian 65 cm dari kolektor asap. Sebagian kecil asap hasil pembakaran akan melewati nosel dari gas sampler karena sedotan yang dilakukan oleh pompa vakum.

Pengukuran emisi dilakukan dua tahap: pertama untuk penentuan emisi partikulat dan kedua untuk emisi gas. Penentuan total partikulat mengacu pada SNI 19-7117.12-2005 (Badan Standardisasi Nasional, 2005) dengan skema rangkaian peralatan seperti pada Gambar 3. Gas hasil pembakaran dengan laju alir 20 liter/menit akan disaring oleh filter selama 5 menit untuk menfiltrasi debu. Dua jenis filter digunakan, yaitu filter silinder dengan spesifikasi *thimble filter* 88RH 25x90 mm dan filter bulat dengan spesifikasi *grade* QMB 4,2 cm. Kandungan partikel selanjutnya dianalisis di Laboratorium Badan Riset dan Standarisasi (Baristand) Industri Lampung.

Emisi gas diukur selama kurang lebih satu jam menggunakan gas analyzer Wolfsense TG 501 yang dilengkapi pompa vakum, PDA, dan *wet gas meter*. Gas analyzer akan menentukan kandungan gas-gas polutan, yaitu karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), dan sulfur dioksida (SO₂).



Gambar 2. Skema ruang pengujian emisi tungku



Gambar 3. Rangkaian alat pengambil contoh total partikel (Badan Standardisasi Nasional, 2005).

Keterangan: A cerobong; B penangkap uap air; C pengumpul debu; D nosel; E arah aliran gas buang; F bahan tahan panas; G pipa pengambil contoh uji; H larutan H₂O₂; I botol penjerap SO₂ (*Midget impinger*); J pemisah kabut; K fiber kaca; L pompa vakum; M kran pengatur aliran udara; N separator kabut oli; O termometer; R termometer pada gas meter; S manometer; T gas meter tipe basah (*wet gas meter*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

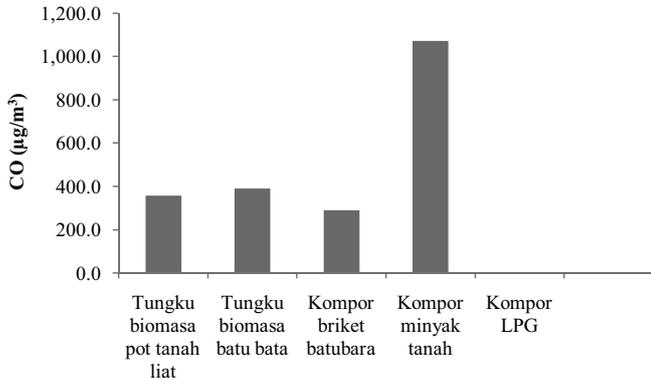
Emisi CO

Kadar emisi CO dari masing-masing tungku ditunjukkan pada Gambar 4. Emisi CO dihasilkan dari proses pembakaran tak sempurna akibat kurangnya oksigen (Persamaan 1) atau disosiasi CO₂ pada suhu tinggi (Persamaan 2).

Pembakaran tak sempurna:



Disosiasi CO₂:



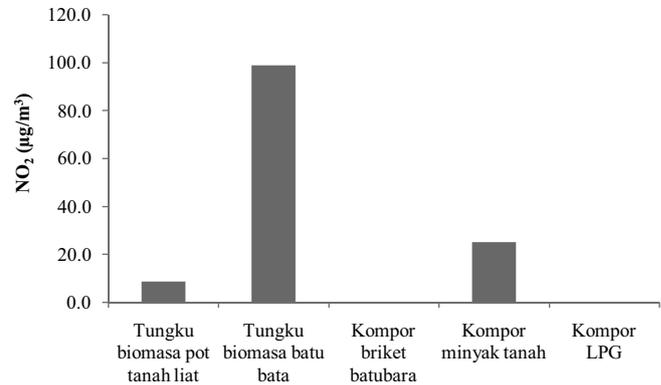
Gambar 4. Emisi CO pada lima jenis kompor/tungku

Dari Gambar 4 terlihat bahwa kompor minyak tanah menghasilkan emisi CO tinggi mencapai 1074 µg/m³. Sedangkan tungku biomassa dan tungku briket batubara menghasilkan emisi CO yang sebanding, yaitu 358 µg/m³ dan 291 µg/m³, berturut-turut. Emisi CO pada kompor gas LPG mendekati nol yang mengindikasikan telah terjadinya pembakaran sempurna. Emisi CO yang tinggi pada kompor minyak tanah terjadi karena penyetulan sumbu yang terlalu besar. Sumbu yang terlalu panjang mengakibatkan pasokan oksigen tidak seimbang sehingga menghasilkan pembakaran tidak sempurna. Sumbu yang terlalu panjang juga berakibat pada nyala api dengan banyak jelaga yang mengotori ruangan dapur. Untuk memperoleh pembakaran yang baik setelan sumbu harus diatur sehingga aliran udara alami dapat mengimbangi suplai bahan bakar melalui sumbu dari kompor minyak tanah.

Pada kompor batubara dan kompor biomassa, pembakaran tidak sempurna disebabkan oleh *blocking* tumpukan bahan bakar itu sendiri yang menghalangi laju aliran udara. Pintu udara yang sempit merupakan salah satu penyebabnya. Kemungkinan lainnya adalah beban bahan bakar yang terlalu banyak yang tidak bisa diimbangi oleh laju aliran udara secara alami melewati pintu udara. Semua tungku dan kompor yang digunakan dalam penelitian ini memanfaatkan tarikan (*draft*) udara alami tanpa menggunakan kipas sehingga tidak dapat diketahui apakah aliran udara sudah sesuai dengan kebutuhan. Yang dapat dilakukan adalah mengatur pasokan bahan bakar dan mengamati secara visual kualitas nyala api yang dihasilkan.

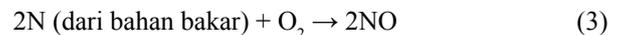
Emisi NO₂

Kadar emisi NO₂ pada masing-masing tungku dapat dilihat pada Gambar 5. Emisi tertinggi adalah pada tungku bata sebesar 99 µg/m³, diikuti kompor minyak tanah sebesar 25 µg/m³, dan tungku pot sebesar 9 µg/m³. Emisi NO₂ tidak terdeteksi pada kompor batubara dan kompor gas.



Gambar 5. Emisi NO₂ pada lima jenis kompor/tungku

Pembentukan NO₂ mencakup reaksi antara nitrogen dan oksigen. Pembentukan NO₂ dapat terjadi melalui dua mekanisme yang berbeda, yaitu: (1) formasi NO₂ dari konversi nitrogen yang terikat secara kimia di dalam bahan bakar, dan (2) formasi NO₂ dari fiksasi nitrogen atmosfer dalam proses pembakaran. Reaksi pembentukan NO₂ diawali dengan pembentukan NO seperti diperlihatkan dalam Persamaan 3 dan 4.



Ketika terlepas ke lingkungan, nitrogen monoksida ini bereaksi dengan oksigen di udara dan membentuk nitrogen dioksida (Persamaan 5).

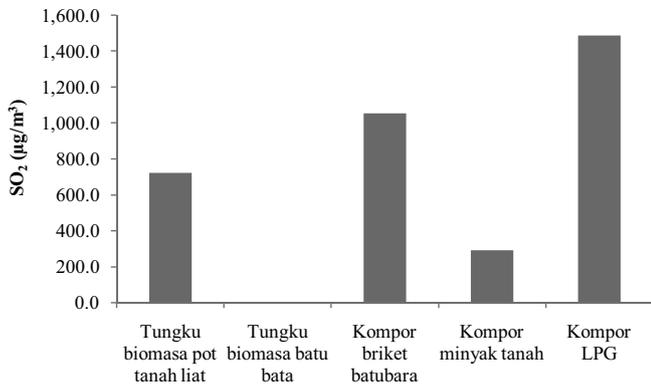
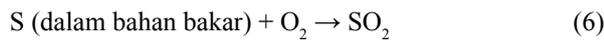


Level emisi NO₂ bergantung pada temperatur pembakaran dan juga komposisi bahan bakar. Dinca dkk. (2009) menyatakan adanya korelasi antara emisi NO₂ dan kandungan nitrogen dalam bahan bakar (makin tinggi kandungan N makin besar emisi NO₂). Nussbaumer (2003) juga menyatakan bahwa tungku-tungku berbahan bakar biomassa memperlihatkan emisi NO₂ lebih tinggi daripada tungku minyak tanah atau kompor gas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tungku batu bata yang berbahan biomassa menghasilkan emisi NO₂ yang paling tinggi. Tetapi, tungku pot yang juga berbahan bakar biomassa menghasilkan emisi NO₂ yang lebih rendah daripada emisi NO₂ dari kompor minyak. Di lain pihak, emisi NO₂ mendekati nol pada kompor batubara yang mengandung

lebih banyak N daripada biomasa sebagaimana diberikan oleh Tabel 2. Belum dapat diketahui apakah hal ini semata-mata diakibatkan oleh kandungan N dalam biomasa. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menjelaskan fenomena ini.

Emisi SO₂

Kadar emisi SO₂ pada setiap tungku dapat dilihat pada Gambar 6. Terlihat bahwa untuk kompor berbahan bakar fosil cenderung menghasilkan emisi dengan kadar SO₂ tinggi, yaitu 1488 µg/m³, 1055 µg/m³, 722 µg/m³, dan 290 µg/m³ berturut-turut untuk kompor gas, kompor batubara, tungku pot, dan kompor minyak tanah. Emisi SO₂ berkaitan dengan kandungan sulfur pada bahan bakar. Sudah jamak diketahui bahwa bahan bakar fosil mengandung sulfur lebih tinggi daripada bahan bakar biomassa. Emisi SO₂ tertinggi teramati pada kompor gas (1488 µg/m³) dapat disebabkan karena LPG yang dipasarkan di Indonesia mengandung merkaptan yang mencapai 50 ml/1000 AG (Dirjen Migas, 2009). Merkaptan adalah suatu senyawa berbahan sulfur yang sengaja ditambahkan untuk menciptakan bau busuk guna mendeteksi adanya kebocoran. Pada Tabel 2 kandungan sulfur batubara adalah tiga kali lipat kandungan sulfur minyak tanah. Emisi SO₂ pada kompor batubara dan kompor minyak tanah tampak berkaitan dengan kandungan sulfur pada kedua jenis bahan bakar itu.

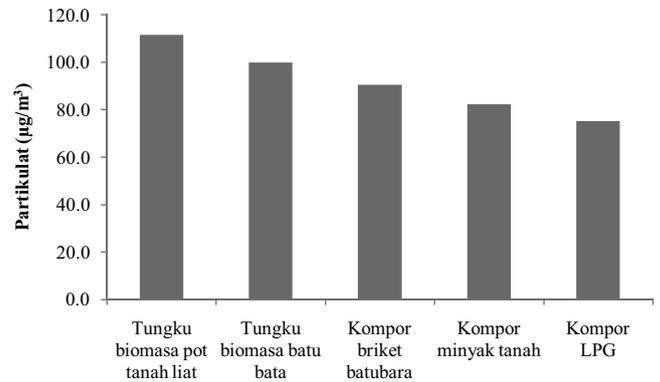


Gambar 6. Emisi SO₂ pada pada lima jenis kompor/tungku

Total Partikulat

Total partikulat pada setiap tungku dapat dilihat pada Gambar 7. Dapat dilihat bahwa perbedaan nilai total partikulat untuk kelima jenis kompor tidak terlalu besar dengan urutan dari yang tertinggi tungku biomassa pot tebal (111,55 mg/m³), tungku biomassa batu bata (99,92 mg/m³), kompor briket batubara (90,52 mg/m³), kompor minyak tanah

(82,39 mg/m³), dan kompor gas (75,26 mg/m³). Kompor atau tungku yang menggunakan bahan bakar padat (biomassa dan batubara) cenderung menghasilkan emisi partikel lebih tinggi. Smith dkk. (1993) menyimpulkan bahwa emisi dari produk pembakaran yang tidak sempurna meningkat dari bahan bakar padat tidak diproses (kayu) ke bahan bakar padat yang diproses (arang, batubara) ke bahan bakar cair ke bahan bakar gas.



Gambar 7. Emisi partikel debu pada pada lima jenis kompor/tungku

Partikulat atau debu terbentuk dari pemecahan unsur hidrokarbon dan proses oksidasi setelahnya. Biomassa, batubara, dan minyak tanah mengandung unsur hidrokarbon yang tinggi, sedangkan LPG umumnya tersusun oleh metana dan propane. Oleh karena itu diharapkan bahwa kompor gas tidak menghasilkan partikulat. Tidak terdeteksinya emisi CO dari kompor LPG mengindikasikan terjadinya pembakaran sempurna. Pembakaran sempurna mestinya tidak mengakibatkan emisi partikel yang tinggi. Adanya emisi partikel pada kompor gas mungkin disebabkan karena adanya draft (tarikan) yang kuat akibat adanya kipas yang dipasang di mulut cerobong asap. Draft yang cukup kuat ini akan menarik juga udara di sekitar kompor yang mungkin masih mengandung debu mengambang.

Tingginya emisi partikel pada tungku biomassa memperkuat hasil-hasil penelitian sebelumnya. Jiang dan Bell (2008) telah melaporkan bahwa rumah tangga urban yang menggunakan LPG memiliki emisi partikel yang secara signifikan lebih rendah daripada rumah tangga pedesaan yang menggunakan biomass. Di Tamil Nadu, India, masyarakat yang memasak menggunakan bahan bakar biomassa juga mengalami emisi partikel lebih tinggi dibandingkan masyarakat yang menggunakan bahan bakar yang lebih bersih seperti minyak tanah dan gas (Balakrishnan dkk., 2002).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan emisi CO, NO₂, dan partikel, kompor gas lebih baik daripada kompor yang lain. Tetapi kompor gas menghasilkan emisi SO₂ paling tinggi karena adanya merkaptan.
2. Tungku berbahan bakar fosil (kompor minyak tanah, kompor batubara, kompor gas) menghasilkan emisi sulfur (SO₂) lebih tinggi daripada tungku berbahan bakar biomassa. Sebaliknya, tungku berbahan bakar biomassa menghasilkan NO₂ lebih tinggi daripada tungku berbahan bakar fosil (kompor batubara dan gas).
3. Emisi partikel meningkat sesuai dengan bahan bakar yang digunakan mulai dari yang paling rendah kompor gas, kompor minyak tanah, kompor batubara, dan tungku biomassa.

REKOMENDASI

Untuk mengurangi emisi SO₂ dari kompor gas, kandungan merkaptan sebaiknya diturunkan. Sedangkan untuk kompor dan tungku biomassa perlu dilakukan rancangbangun ulang untuk memperoleh proses pembakaran yang baik dan emisi yang rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penghargaan disampaikan ke DP2M Dikti yang telah mendanai penelitian ini melalui kontrak No. 363/H26/8/PL/2010, Tanggal 25 Agustus 2010.

DAFTAR PUSTAKA

Akhtar, T., Ullah, Z., Khan, M. H. dan Nazli, R. (2007). Biomass fuel in rural Peshawar, Pakistan: chronic bronchitis in women using solid. *Chest* **132**:1472-1475.

Balakrishnan, K., Sankar, S., Parikh, J., Padmavathi, R., Srividya, K., Venugopal, V., Prasad, S. dan Pandey, V. L. (2002). Daily average exposures to respirable particulate matter from combustion of biomass fuels in rural households of southern India. *Environmental Health Perspectives* **110**: 1069-1075.

Badan Standardisasi Nasional (2005). Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 12: Penentuan total partikel secara isokinetik (SNI 19-7117.12-2005).

Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi (2009). Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi No.26525.K/10/

DJM.T/2009 tentang Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Gas Jenis Liquefied Petroleum Gas (LPG) yang Dipasarkan Di Dalam Negeri.

Dinca, C., Badea, A., Marculescu, C. dan Gheorghe, C. (2009). Environmental analysis of biomass combustion process. *Proceedings of the 3rd WSEAS Int. Conf. on Renewable Energy Sources*. University of La Laguna, Tenerife, Canary Islands, Spain, July 1-3: 234-238.

Duflo, E., Greenstone, M. dan Hanna, R. (2008). Cooking stoves, indoor air pollution and respiratory health in rural Orissa. *Economic and Political Weekly* **43**: 71-76.

Ezzati, M. dan Kammen, D. M. (2001). Indoor air pollution from biomass combustion as a risk factor for acute respiratory infections in Kenya: an exposure-response study. *Lancet* **358**: 619-624.

Fullerton, D. G., Bruce, N. dan Gordon, S. B. (2008). Indoor air pollution from biomass fuel smoke is a major health concern in the developing world. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* **102**: 843-851.

Haryanto, A. dan Triyono, S. (2010). Kinerja energetik tungku masak rumah tangga. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi III*, 18-19 Oktober 2010, Universitas Lampung, Bandar Lampung.

Jiang, R. dan Bell, M. L. (2008). A comparison of particulate matter from biomass-burning rural and non-biomass-burning urban households in Northeastern China. *Environmental Health Perspectives* **116**: 907-914.

MacCarty, N., Ogle, D., Still, D., Bond, T. dan Roden, C. (2008). A laboratory comparison of the global warming impact of five major types of biomass cooking stoves. *Energy for Sustainable Development* **XII**: 5-14.

Mishra, V. (2003). Effect of indoor air pollution from biomass combustion on prevalence of asthma in the elderly. *Environmental Health Perspectives* **111**: 71-77.

Nurhayati, T., Waridi, Y. dan Roliadi, H. (2006). Progress in the technology of energy conversion from woody biomass in Indonesia. *Forestry Studies in China* **8**: 1-8.

Nussbaumer, T. (2003). Combustion and co-combustion of biomass: fundamentals, technologies, and primary measures for emission reduction. *Energy and Fuels* **17**: 1510-1521.

Owsianowski, J. V. dan Barry, P. (2008). Improved cooking stoves for developing countries. *15th European Biomass Conference and Exhibition*, Italy, 7-11 May 2007.

- Pérez-Padilla, R., Pérez-Guzmán, C., Báez-Saldaña, R. dan Torres-Cruz, A. (2001). Cooking with biomass stoves and tuberculosis: a case control study. *The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease* **5**: 441-447.
- Pipatmanomai, S. (2011). Overview and experiences of biomass fluidized bed gasification in Thailand. *Journal of Sustainable Energy and Environment*, Special Issue: 29-33.
- Smith, K. R, Khalil, M. A. K., Rasmussen, R. A., Thorneloe, S. A., Manegdeg, F. dan Apte, M. (1993). Greenhouse gases from biomass and fossil fuel stoves in developing countries: a Manila pilot study. *Chemosphere* **26**: 479-505.
- Soelistijo, U. W. dan Damayanti, R. (2011). Waste gases and particulates resulted from briquette combustion. *Paper submitted to Air Quality VIII, An International Conference on Carbon Management, Mercury, Trace Substances, SO_x, NO_x, and Particulate Matter*, October 24-27, 2011, Arlington, VA, USA.