

BOILER BERBAHAN BAKAR SAMPAH

Ahsonul Anam

Balai Besar Teknologi Energi - BPPT, PUSPIPTEK

Abstract

Municipal waste has high economic value if the organic and inorganic waste has been separated at the source. If organic and inorganic waste mixed, municipal waste has lower (no) value and environment harmful. There are many technologies for waste treatment i e steam generator using waste as fuel. The technology produces steam and reduces the waste significantly. The experiment of steam generation system performance has been done with waste as fuel and kerosene as a comparator fuel. The experiment with waste fuel resulted the stable flame, odorless and the time for steam formation is faster compared to kerosene stove.

Kata kunci: boiler, sampah

1. PENDAHULUAN.

Sampah pada hakekatnya mengandung komponen-komponen yang memiliki nilai ekonomi bila sejak dari sumbernya komponen-komponen sampah telah dipilah-pilah menurut jenisnya. Sebagai contoh, sampah anorganik: plastik bisa dijual ke pabrik pengolah plastik, sampah kertas bisa dijual ke pabrik pengolah kertas, sedang sampah organik setelah melalui proses pengomposan bisa dijual sebagai pupuk kompos. Bila sampah anorganik tercampur secara acak dengan sampah organik yang mudah membusuk, maka nilai ekonominya menjadi hilang. Diperlukan biaya yang tidak sedikit untuk menanganinya karena bila dibiarkan menumpuk saja di tempat pembuangan akhir (TPA), akan mencemari lingkungan dan menurunkan kualitas hidup karena timbulnya bau yang tak sedap, kerumunan lalat, sumber penyakit, gas beracun, air lindi (*leach water*) yang terserap ke tanah dapat meresap ke sumur masyarakat atau bila mengalir ke sungai akan mencemari air sungai.

Telah banyak tulisan mengenai teknologi penanganan sampah, tetapi kenyataannya sampah masih menjadi masalah sehari-hari karena keengganan menggunakan teknologi tersebut. Alasan yang dikemukakan, di antaranya biaya yang harus dikeluarkan tidak sebanding dengan hasil yang didapatkan, pemanfaatan teknologi tersebut membutuhkan lahan yang luas waktu proses yang lama (misal untuk pengomposan). Hal ini menyebabkan kesulitan bagi pemerintah daerah dalam mencari lahan untuk tempat pembuangan akhir dan juga harus mencari lahan luas lain yang dibutuhkan untuk lahan pengomposan. Pembakaran sampah yang

dilakukan di udara terbuka, walaupun mampu mengurangi volume sampah secara cepat namun menimbulkan polusi udara berupa abu (*particulate*) atau gas beracun seperti misalnya gas furan dan dioksin (Sumaiku, 2006).

Makalah ini membahas masalah penanganan sampah untuk kemudian dibakar untuk pembangkitan uap agar diperoleh nilai finansial. Produksi uap (*steam*) bisa digunakan untuk proses produksi atau untuk membangkitkan energi sekaligus mengurangi volume sampah dan mengurangi masalah-masalah yang ditimbulkan karena penumpukan sampah.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Penggolongan Sampah.

Sebagai contoh kasus adalah sampah yang diproduksi oleh DKI Jakarta, yang setiap tahunnya selalu bertambah seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Produksi dan Volume Sampah yang terangkut per hari di DKI Jakarta

TAHUN	PERKIRAAN PRODUKSI SAMPAH PER HARI (m3)	VOLUME SAMPAH YANG TERANGKUT PER HARI (m3)
1985 / 1986	18.000	14.506
1986 / 1987	18.694	16.055
1987 / 1988	20.150	16.452
1988 / 1989	21.234	16.769
1989 / 1990	21.671	17.331
1990 / 1991	21.894	17.874
1991 / 1992	23.706	18.997

Sumber : Suprihatin dkk. (1996).

Berdasarkan asal sampah yang diproduksi oleh DKI Jakarta setiap harinya :

- 58% berasal dari kegiatan rumah tangga,
- 10% berasal dari kegiatan pasar (pasar temporer menyumbang 2,5%, sedang PD Pasar Jaya menyumbang 7,5%),
- 15% berasal dari kegiatan komersial (perkantoran, pusat perbelanjaan),
- 15% berasal dari kegiatan industri
- 2% dari taman, jalan dan sungai.

Sumber : Dinas Kebersihan DKI (2001).

2.1.1. Sampah Organik dan Non Organik.

Berdasarkan jenisnya, sampah digolongkan menjadi dua yaitu sampah organik 74% dan sampah nonorganik 26%, dengan komposisi sangat beragam seperti terlihat pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Persentase Komposisi Sampah di DKI Jakarta

JENIS SAMPAH	1988 / 1989 (%)	1989 / 1990 (%)	1990 / 1991 (%)	1991 / 1992 (%)
Organik/ sayuran	73,99	73,99	73,99	73,99
Kertas/ paper	8,28	8,28	8,28	10,18
Plastik	5,44	5,44	5,44	7,86
Logam	2,08	2,08	2,08	2,04
Karet/ kulit tiruan	0,56	0,56	0,56	0,55
Kayu	3,77	3,77	3,77	0,98
Kain	3,16	3,16	3,16	1,57
Gelas/ Kaca	1,77	1,77	1,77	1,75
Lain-lain	0,95	0,95	0,95	0,86

Sumber : Suprihatin dkk. (1996).

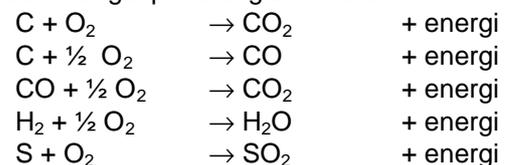
2.1.2. Penggolongan Sampah Berdasarkan Kemampuan Bisa Dibakar atau Tidak

Selain logam dan gelas yang jumlahnya hanya sekitar 5 % (Tabel 2), sampah organik dan nonorganik bisa digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap. Hal yang perlu diperhatikan adalah kandungan air dan abu dari sampah yang menentukan nilai kalor dari sampah. Bila kandungan air dalam sampah tinggi maka kalor akan terpakai untuk memanaskan dan menguapkan air yang terkandung dalam sampah tersebut semakin besar. Hal ini akan menurunkan efisiensi pembakaran di dalam ruang bakar. Hal ini berarti mengurangi kalor yang digunakan untuk menghasilkan *steam* (Anam dan Kuncoro, 2003).

Keberadaan abu dalam sampah akan memungkinkan terbentuknya *slag* (lelehan abu). Pada suhu di ruang bakar yang cukup tinggi lelehan abu ini akan bereaksi dengan zat yang lain dan mengeras bila tidak ditangani secara memadai. Lelehan abu fraksi berat bisa terjadi di bagian dasar ruang bakar (*bottom ash*), bisa juga terjadi di bagian pipa-pipa perpindahan panas (di daerah radiasi) yang disebabkan oleh lelehan abu

fraksi ringan (*fly ash*). Lelehan abu di dasar tungku akan mengakibatkan terhambatnya pasokan udara pembakar. Untuk tipe stoker, biasanya udara dipasok melalui bagian bawah *grate*, sehingga adanya lelehan abu menurunkan kecepatan pembakaran sampah. Lelehan abu yang menempel di pipa-pipa perpindahan panas akan menurunkan efisiensi perpindahan panas, hal ini akan menurunkan kecepatan pembentukan *steam*. Bahkan bisa mengakibatkan pecahnya pipa karena *over heating* (Singer, 1981; Stultz and Kitto, 1992). Jadi abu ini harus sesegera mungkin dikeluarkan dari ruang pembakaran.

Berdasarkan analisa ultimat, sampah mengandung C 47,6%, H 6%, N 1,2%, S 0,3% dan abu 12% (Anam dan Kuncoro, 2003). Karbon dan hidrogen dalam sampah akan terbakar menjadi karbon dioksida, air dan dihasilkan energi pembakaran. Energi pembakaran inilah yang digunakan sebagai pembangkit *steam*.



2.2. Pembangkitan Uap

Beberapa peralatan penting untuk membangkitkan uap berbahan bakar sampah, di antaranya adalah : alat penyiapan bahan bakar dan alat pengering, ruang bakar tempat terjadinya proses pembakaran sampah, alat perpindahan panas, *steam drum*, alat pengendali gas buang, alat penyiapan air umpan boiler, penampung abu serta peralatan pengontrol kinerja boiler secara keseluruhan.

2.2.1. Fasilitas Penyiapan Bahan Bakar

Peralatan ini sangat berperan untuk kelangsungan operasional unit, karena ada beberapa komponen dalam sampah yang tidak bisa dijadikan sebagai bahan bakar, di antaranya besi, gelas dan lain-lain. Jadi keberadaan fasilitas ini adalah untuk memastikan bahwa sampah yang diumpankan ke ruang bakar adalah sampah yang bisa terbakar.

Ada hal penting lain yang perlu diperhatikan adalah bahwa di daerah tropis seperti di Indonesia, dengan curah hujan yang tinggi, maka setelah fasilitas pemilahan, diperlukan juga fasilitas pengering, karena sampah dengan kandungan air yang tinggi akan mengganggu kinerja pembakaran di ruang bakar, di antaranya adalah banyaknya energi yang digunakan untuk menguapkan air dalam sampah, bahkan kalau kandungan air sangat tinggi menjadikan sampah

sulit terbakar, yang pada akhirnya akan mengakibatkan proses pembakaran tidak berlangsung.

Adakalanya di dalam sampah terdapat bahan-bahan yang berukuran besar atau panjang, yang akan menimbulkan kesulitan bila diumpankan langsung ke ruang bakar. Untuk mengatasi hal ini maka diperlukan alat pencacah sampah sesuai dengan spesifikasi yang diperlukan. Alat pencacah sampah ini bisa digabungkan dengan alat pengering.

2.2.2. Tungku Bakar

Boiler yang sekaligus sebagai penuntas sampah dan karena spesifikasi sampahnya sangat bervariasi maka ketergantungan kesuksesan operasi pada jumlah mesin yang sedikit akan mengurangi faktor kehandalan sistem. Maka perlu diperhatikan pembagian beban untuk sejumlah unit sehingga masing-masing unitnya ukurannya kecil. Oleh karena boiler yang diperlukan berkapasitas kecil maka tungku bakar yang digunakan adalah tungku bakar jenis stoker. Tungku jenis stoker sangat sederhana pembuatannya dan operasinya. Selain itu stoker lebih dipilih karena kisaran operasinya yang lebih luas, kemampuan membakar bahan bakar padat dengan kisaran luas (Singer,1981; Stultz and Kitto, 1992) sehingga cocok untuk sampah yang sangat bervariasi komposisinya setiap hari dan lebih sedikit penggunaan listrik.

Sistem pembakaran menggunakan stoker terdiri atas :

- ◆ Sistem pengumpanan bahan bakar
- ◆ Perangkat *grate* stasioner (tetap) untuk menopang sejumlah massa bahan bakar serta melewatkan udara pembakar ke dalam unggun bahan bakar.
- ◆ Sistem udara atas api (*over fire air*) untuk membantu kesempurnaan pembakaran dan mengurangi emisi polutan (Singer,1981; Stultz and Kitto, 1992).
- ◆ Sistem pembuangan abu.

Secara garis besar, bahan bakar diumpankan secara terus menerus secara manual melalui lobang pengumpan, jatuh dan disebarkan merata di atas *grate*, setelah terbakar, abu sisa pembakaran turun melalui kisi-kisi *grate* atau didorong (baik secara manual maupun menggunakan *chain* atau *travelling grate*) ke ujung *grate*, dikumpulkan di penampung abu.

Udara pembakar dibagi menjadi dua bagian yaitu udara yang diumpankan dari bawah *grate* dan udara yang diumpankan dari atas *grate*. Udara pembakar yang diumpankan dari bawah *grate* (udara pembakar utama), bergerak ke ruang

bakar melalui unggun bahan bakar. Sedang udara yang diumpankan melalui bagian atas unggun bahan bakar (*overfire air*) membantu kesempurnaan pembakaran (karena membantu terjadinya turbulensi) dan mengurangi pembentukan asap (*smoke*). Umpun udara melalui bagian atas api (*overfire air*) sekitar 15-20 % dari keseluruhan udara umpun (Singer,1981; Stultz and Kitto, 1992).

2.2.3. Alat Perpindahan Panas dan Steam Drum

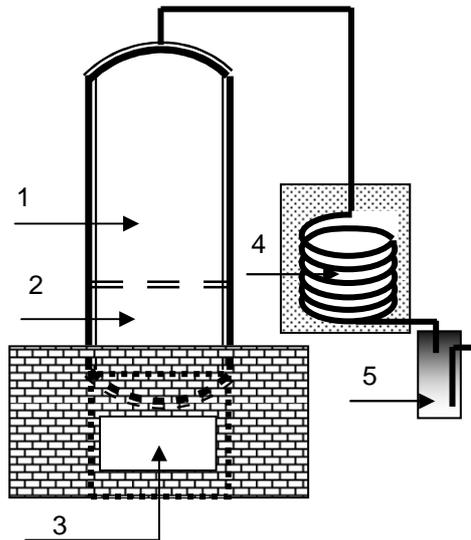
Di dalam ruang bakar, pembakaran limbah berlangsung secara terus menerus sehingga dihasilkan gas yang bersuhu tinggi, karena itu di ruang bakar ini perpindahan panas dari gas panas ke fluida didominasi oleh radiasi. Radiasi panas diserap oleh air melalui evaporator menghasilkan uap air jenuh. Evaporator tersusun atas pipa-pipa vertikal dengan kemiringan tertentu (agar panas radiasi terserap lebih efisien) mengelilingi ruang bakar. Uap jenuh hasil penguapan dikumpulkan di dalam steam drum untuk dipisahkan antara fraksi uap dengan fraksi cair. Proses pemisahan uap dari air mendidih di dalam *steam drum* dilakukan secara mekanik dengan sekat-sekat yang membantu dan melengkapi pemisahan secara gravitasi. Fraksi uap dialirkan ke alat proses yang membutuhkan uap air jenuh sebagai media proses, sedang fraksi cair diumpankan lagi ke pipa-pipa evaporator. Bila media proses membutuhkan uap air panas lanjut (*super heated steam*), maka fraksi uap tersebut dialirkan ke pipa-pipa *super heater* memanfaatkan panas radiasi di ruang bakar atau di bagian konveksi. Panas konveksi lanjutan dimanfaatkan untuk memanaskan air penambah (*make up*) sehingga menambah efisiensi penyerapan panas. Sistem penambah air umpun dilakukan secara otomatis melalui penginderaan tinggi muka air di dalam steam drum.

2.2.4. Pengendali Gas Buang dan Pengumpul Abu

Gas buang hasil pembakaran bersama-sama dengan abu terbang keluar ruang pembakaran dilewatkan ke (multi) siklon sebelum dibuang ke atmosfer melalui cerobong. Siklon berfungsi untuk memisahkan gas fraksi ringan dengan fraksi berat. Fraksi berat berupa partikulat terpisah melalui bagian bawah siklon, dikumpulkan di penampung abu, sedangkan fraksi ringan, berupa gas buang yang relatif sudah bersih dari partikulat, keluar melalui bagian atas siklon menuju ke cerobong.

2.3. Metode Eksperimen

Eksperimen dilakukan menggunakan boiler penyulingan Akar Wangi. Penyulingan Akar wangi yang biasa dilakukan oleh penduduk secara tradisional, yaitu mengukus Akar wangi dalam bejana pada suhu dan tekanan tertentu secara *batch* selama 12 jam atau lebih (Gambar 1).



Keterangan gambar :

- | | |
|--------------------------|--------------|
| 1. Bahan baku Akar wangi | 4. Pendingin |
| 2. Air | 5. Separator |
| 3. Ruang bakar | |

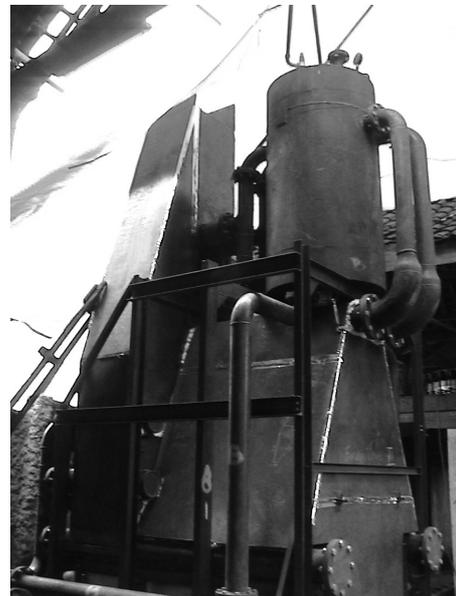
Gambar 1. Skema alat penyulingan tradisional.

Bahan bakar yang digunakan adalah minyak tanah, kurang lebih 300 liter (rata-rata 25 liter per jam) per sekali proses untuk penyulingan 2 ton bahan baku Akar wangi. Empat jam pertama digunakan sebagai proses pemanasan awal pembentukan *steam* dilanjutkan dengan pencapaian tekanan proses yang diinginkan. *Steam* yang dihasilkan langsung digunakan sebagai media untuk menguapkan zat-zat yang mudah menguap (*volatile matter*) Akar wangi, kemudian setelah melalui proses kondensasi terbentuk kondensat yang terdiri atas air (yang berasal dari penguapan air proses dan air yang terkandung dalam Akar wangi) di bagian bawah serta minyak Akar wangi di bagian atas. Kondensat tersebut ditampung dalam suatu penampung yang dilengkapi dengan pipa kapiler yang berfungsi untuk memisahkan air dan minyak Akar wangi. Setelah itu dilakukan proses pemurnian dengan cara menyaring untuk memisahkan sisa air.

Setelah proses penyulingan selesai, kompor dimatikan, kemudian dilakukan penurunan tekanan sampai tekanan atmosferik melalui pembuangan uap proses secara *by pass*. Setelah kondisi atmosferik tercapai, dilakukan pembongkaran dan pengisian kembali bahan baku Akar wangi. Akar wangi yang telah dilakukan penyulingan dianggap sebagai limbah, dibakar di tempat terbuka.

Untuk mengatasi masalah tersebut di atas, salah satunya adalah dengan suatu inovasi teknologi yang bertujuan untuk memanfaatkan limbah padat penyulingan menjadi bahan bakar yang bermanfaat. Sebagai pertimbangan bahwa proses penyulingan dengan sistem terpisah antara bejana pembentukan uap dan bejana penyulingan menghasilkan kualitas minyak yang lebih baik dan juga dengan pemisahan tersebut memberi keleluasaan dilakukannya perancangan sistem pembangkit uap untuk mencapai kualitas pembakaran dan perpindahan panasnya dengan baik, maka sistem yang dikembangkan sebaiknya merupakan sistem yang terpisah. Dalam hal ini, poin utama yang harus diperhatikan adalah rancangan sistem pembakaran yang memungkinkan limbah tersebut bisa terbakar secara stabil, tidak menghasilkan bau, serta penanganan abu yang memadai sehingga aman terhadap lingkungan.

Uji coba terhadap kinerja peralatan dilakukan pada boiler skala kecil sistem *fixed grate* berkapasitas 100 kg/jam dengan dua sistem terpisah yaitu sistem pembentukan uap dan



sistem penyulingan (Gambar 2).

Gambar 2. Boiler berbahan bakar limbah padat (sumber : Anam dan Kuncoro, 2003)

Percobaan pertama menggunakan limbah sebagai bahan bakar, selanjutnya dibandingkan

bila menggunakan minyak tanah sebagai bahan bakar dengan kecepatan konsumsi bahan bakar minyak tanah 25 liter per jam (sesuai dengan konsumsi minyak tanah pada tungku tradisional). Pengamatan yang dilakukan adalah perbandingan waktu yang diperlukan sampai terjadi uap air (*steam*) pertama kali. Di samping itu, selama menggunakan bahan bakar limbah, diamati kestabilan nyala api serta bau yang mungkin ditimbulkan secara organoleptis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari uji coba pembakaran menggunakan limbah Akar wangi (tumbuhan Akar wangi pasca penyulingan) terjadi nyala yang sangat stabil dan pembentukan uap (tekanan operasi 5 bar) pertama kali terjadi dalam waktu 30 menit, sedangkan bila menggunakan minyak tanah diperlukan waktu 40 menit (Anam dan Kuncoro, 2003).

Pada percobaan pembakaran menggunakan limbah Akar wangi, sistem penanganan abu (*bottom ash*) masih kurang bagus, dalam arti abu tersebut tidak langsung turun dari *grate*, maka terjadi sebagian kecil *slag*.

Bila dibandingkan antara karakteristik limbah padat Akar wangi dengan karakteristik sampah memang sedikit berbeda, yaitu limbah padat Akar wangi tidak bercampur dengan limbah padat yang lain sedangkan komposisi sampah sangat bervariasi dari hari ke hari dan belum terpilah secara baik (memilah sampah belum membudaya di Indonesia). Namun dari hasil eksperimen ini diharapkan akan menjadi katalisator untuk diterapkan terhadap sampah.

4. KESIMPULAN

Pemakaian boiler berbahan bakar sampah memiliki beberapa keuntungan sebagai berikut :

- Dapat mereduksi sebagian besar volume sampah secara cepat (hanya tersisa abu, sekitar 12%).
- Panas yang dihasilkan pada proses pembakaran dapat dimanfaatkan sumber energi untuk penguapan, dan uap air yang dihasilkan bisa dimanfaatkan untuk kebutuhan proses lanjutan maupun untuk pembangkit listrik.
- Tidak memerlukan lahan yang besar.
- Polusi partikulat bisa diminimalisasi dengan penggunaan alat pengendali partikulat.

Di samping keuntungan, ada beberapa kerugian yang ditimbulkan bila menggunakan boiler berbahan bakar sampah, di antaranya :

- Gas buang dari proses pembakaran berpotensi mencemari lingkungan yang disebabkan oleh timbulnya gas beracun seperti dioksin (Sumaiku, 2006). Namun hal ini bisa diminimalisasi dengan cara memilah terlebih dahulu komponen sampah yang akan diumpangkan ke ruang bakar, di antaranya dipisahkan zat-zat penyebab timbulnya dioksin, misalnya sampah plastik, ban bekas, karet dan lain sebagainya.
- Menghasilkan gas SO₂ dalam gas buang dalam jumlah sedikit, namun gas ini termasuk dalam kategori gas polutan.
- Sampah yang akan diumpangkan ke ruang bakar tidak boleh berasal dari sampah yang dikategorikan B3, karena sampah B3 memerlukan penanganan tersendiri sesuai dengan Peraturan Pemerintah nomor 12 tahun 1995 tentang Perubahan Peraturan Pemerintah Nomor 19 tahun 1994 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.
- Gas buang mengandung gas CO₂, yaitu gas yang diindikasikan sebagai penyebab pemanasan global (Hazan, 2005).

DAFTAR PUSTAKA

- Anam Ahsonul, 2001, Mekanisme Pembentukan Slagging dan Fouling pada Boiler Batubara, Pelatihan Teknologi Pembakaran di Industri, UPT LSDE - BPPT.
- Anam Ahsonul dan Kuncoro Heru, 2003, Penyulingan Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides*) Menggunakan Boiler Berbahan Bakar Limbah, Prosiding Seminar Nasional Daur Bahan Bakar, Jakarta.
- Anam Ahsonul dan Heru Kuncoro, 2004, Retrofit Alat Penyulingan Akar Wangi Tradisional Menggunakan Boiler Berbahan Bakar Limbah Ramah Lingkungan, Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol. 5 No.1, Jakarta.
- Dinas Kebersihan DKI, 2001, <http://www.kebersihandki.com/>, informasi diambil dari internet pada tanggal 23 April 2003.
- Hazan Yaziz, 2005, Ancaman Bencana Iklim oleh Pemanasan Global, <http://www.batan.go.id/infonuklir/Jurnal/Fokus/AncamanBencanaPemanasanGlobal.htm>, informasi diambil dari internet pada tanggal 15 Nopember 2005.

Naruse Ichiro, Gani Asri, Morishita Keiju, 2003, Fundamental Characteristic on Co-combustion of Low-rank Coal with Biomass, Proceeding of The 1st International Seminar on Ecological Power Generation, Jakarta.

Singer J.G., 1981, Combustion, Fossil Power Systems, Combustion Engineering Inc., Connecticut, USA.

Stultz S.C. and J.B. Kitto, 1992, Steam Its Generation and Use, Babcock & Wilcox Company, Barberton, Ohio, USA.

Sumaiku Yohan, 2006, Apa Akibatnya dari Pembakaran Sampah di Pekarangan Rumah Tangga dan Pembakaran/Kebakaran Hutan terhadap Kesehatan, www1.bpkpenabur.or.id/kps/jkt/sehat/sampah.htm, informasi diambil dari internet pada tanggal 21 Pebruari 2006.

Suprihatin Agung, Prihanto Dwi dan Gelbert Michel, 1996, Sampah dan Pengelolaannya, PPPGT / VEDC Malang.35