

PERANCANGAN PENGOLAHAN SAMPAH KOTA BERWAWASAN LINGKUNGAN BERBASIS TEKNOLOGI ASAP CAIR

Purnama Darmadji

ABSTRAK

Sampah kota merupakan problem regional di daerah tingkat satu maupun tingkat dua yang sangat serius dikarenakan jumlahnya per hari yang sangat besar dan potensinya sebagai pencemar lingkungan yang cukup berat. Jumlah sampah perhari pada tahun 1981, 1986, 1989 dan 2004 berturut-turut sebesar 700, 1.100, 1.500 dan 3484 M3 per hari. Adapun sampah tersebut berasal dari rumah tangga sebesar 73%, hotel 14, pasar 5% dan 8% berasal dari pusat perbelanjaan, stasion, terminal, rumah sakit, rumah makan, kantor dan lain sebagainya.

Penanganan sampah kota sampai saat ini dengan cara komposisasi, serta pembakaran atau incenerator. Kedua cara tersebut sangat berpotensi menghasilkan limbah bau, pencemaran air tanah serta pencemaran udara, sehingga teknologi ini tidak ramah lingkungan.

Teknologi asap cair merupakan teknologi pirolisa atau pembakaran tidak sempurna terhadap biomasa sampah mengandung selulosa, hemiselulosa serta lignin yang dalam proses pirolisa akan dikonversi menjadi asap cair yang komposisinya terdiri dari asam, fenol dan karbonil serta bahan sisa berupa arang dan tar. Asap cair dapat dimanfaatkan lebih lanjut sebagai minyak bakar pengganti bahan bakar minyak yang tak terbarukan, Arang dapat juga digunakan sebagai bahan bakar dan arang aktif serta tar dapat digunakan untuk pengawet kayu dan bahan baku lem untuk industri plywood.

Industri pengolahan sampah dengan teknologi ini secara keseluruhan akan menghasilkan minyak bakar untuk pembangkit listrik, arang dan arang aktif untuk industri pemurnian minyak makan dan air, pengawet kayu ramah lingkungan sebagai pengganti pengawet akayu kimia yang banyak mengandung arsen.

PENDAHULUAN

Ramah lingkungan merupakan tuntutan jaman yang tidak dapat tidak harus diperhatikan dan diusahakan untuk mendapatkan solusi pemecahan permasalahan. Salah satu pencemar yang sangat potensial dan menimbulkan problem di semua daerah dan negara adalah sampah. Sampah merupakan sisa atau limbah yang berasal dari guguran daun, ranting, bungkus daun, kertas, kartun maupun plastik, kaleng, gelas atau botol, aluminium foil, styre foam, sisa sayur atau buah, yang kesemuanya berupa limbah dari rumah tangga, hotel, pasar, pusat perbelanjaan, stasion, terminal, rumah makan, rumah sakit serta kantor. Hasil survey menunjukkan bahwa 73% sampah berasal dari rumah tangga, 14% dari hotel, 5% dari pasar dan 8% lainnya dari pusat perbelanjaan, stasion, terminal, rumah sakit, rumah makan serta kantor (Kompas, 2004).

Penanganan sampah telah dilakukan dengan menggunakan teknologi sederhana sampai ke teknologi canggih yaitu dari penimbunan tanah, pengkomposan, pembakaran sampai ke incenerator. Namun demikian, karena volume sampah per hari yang demikian besarnya serta kapasitas penanganan sampah yang terbatas, maka problem pembusukan lanjut yang menghasilkan cemaran bau, cemaran air tanah, bahaya longsor, serta sumber penyakit menjadikan ketidaknyamanan penduduk sekitar atau jalan yang dilewati sampah yang akhirnya menimbulkan penolakan terhadap kegiatan penanganan sampah di daerah pembuangan sampah akhir. Dioksin, suatu senyawa hasil pembakaran sampah juga menimbulkan masalah karena bersifat racun dan diduga sebagai penyebab kanker.

Teknologi pengomposan merupakan teknologi alami yang dapat dipercepat dengan menggunakan peranan mikrobia. Teknologi ini cukup ramah lingkungan serta mempunyai daya guna dalam meningkatkan kesuburan tanah, namun diperlukan areal yang luas dan jauh dari penduduk sekitar, juga untuk volume yang sangat besar sulit tertangani, sehingga menimbulkan cemaran bau. Teknologi pembakaran, cukup efisien untuk sampah kering, untuk sampah basah akan akan menghasilkan asap tebal dan waktu pembakaran yang lama, sehingga menimbulkan cemaran asap yang cukup mengganggu kesehatan. Teknologi incenerator cukup baik dan efisien, namun kapasitasnya terbatas. Sehingga timbunan sampah juga akan mengganggu dan menghasilkan cemaran bau. Saat ini telah dimulai dengan teknologi pengolahan sampah terpadu teknologi terpadu namun karena kurangnya sosialisasi serta keawatiran penduduk sekitar akan akibat pencemaran sampah, dan transportasi sampah bak terbuka yang kurang menjamin kenyamanan daerah yang dilewati, menjadikan proyek ini lumpuh sebelum mulai karena penolakan penduduk sekitar.

Untuk itu perlu dihadirkan rancangan pengolahan sampah terpadu yang ramah lingkungan berdaya guna tinggi, produk akhirnya dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dimasa mendatang. Teknologi asap cair, merupakan teknologi pirolisa yaitu teknologi pembakaran biomasa dengan udara terbatas. Asap yang dihasilkan tidak dibuang di udara bebas namun dikondensasi atau didinginkan sehingga menghasilkan asap cair. Hasil samping dari teknologi asap cair ini berupa arang yang dapat digunakan sebagai bahan bakar yang cukup efisien dan sebagai bahan baku arang aktif yang berdaya guna tinggi. Asap cair yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan baku untuk minyak bakar yang dapat juga untuk menggerakkan turbin penghasil listrik.

METODA PERANCANGAN PROSES

Perancangan proses pengolahan sampah terpadu berwawasan lingkungan berbasis teknologi asap cair dengan urutan sebagai berikut.

1. Spesifikasi bahan baku

Bahan baku sampah perlu diinventarisasi komposisi makro berupa sampah biomasa, plastik, kertas atau kartun, kaleng, gelas, serta sampah tidak terbakar lainnya. Metoda inventarisasi dengan menggunakan jasa pemulung sampah dengan sampel sampah 10 bakul yang beratnya kurang lebih 10 kg, setiap bakulnya diambil secara acak pada daerah pengumpulan sampah. Pemisahan dilakukan, ditimbang dan dihitung presentase komposisi makro sampah tersebut. Komposisi mikro terhadap sampah biomasa berupa kadar air, selulosa, hemiselulosa dan lignin dianalisa di laboratorium. Adapun produk yang dihasilkan berupa arang dan asap cair.

2. Perancangan Proses Penanganan Sampah

Perancangan proses pengolahan sampah dengan cara pirolisa dengan produk berupa asap cair dan arang dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

- Perancangan proses pemilahan sampah
- Perancangan proses pengurangan air
- Perancangan proses pengepresan bahan baku
- Perancangan proses pengeringan
- Perancangan proses pirolisa
- Perancangan proses penanganan produk dan produk samping
- Perancangan proses pemanfaatan produk dan produk samping

HASIL PERANCANGAN DAN PEMBAHASAN

1. Perancangan proses pendahuluan sampah

Untuk merancang proses pendahuluan pada sampah, perlu dilakukan terlebih dahulu analisa makro sampah di tempat pembuangan sampah akhir. Adapun hasil analisa makro sampah dapat terlihat pada Tabel 1.

Table 1. Macro composition of the carbage

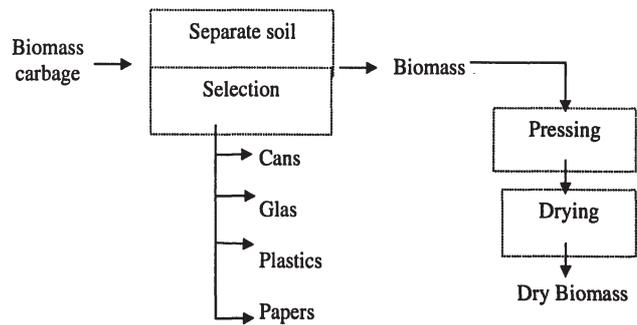
No	Biomass	Paper	Plastic	Others	Non flamable
1	6.4	1.4	1.3	0.3	0.6
2	6.0	0.5	2.2	0.8	0.5
3	6.1	1.1	2.0	0.5	0.3
4	5.4	1.4	2.1	0.3	0.8
5	5.2	0.7	2.9	0.4	0.8
6	6.1	1.2	2.2	0.1	0.4
7	6.2	0.8	2.4	0.4	0.2
8	5.4	1.2	2.5	0.8	0.1
9	5.5	0.6	2.6	0.6	0.7
10	6.0	0.8	2.3	0.5	0.4
Mean	5.83	0.97	2.25	0.47	0.48
%	58.3	9.7	22.5	4.7	4.8

Dari tabel diatas dapat terlihat bahwa sampah kota di pembuangan sampah akhir komposisi adalah : sampah biomasa (58.3%) kertas 9.7%, plastic 22.5%, lain-lain (karet, kain, dll., 4.7% dan bahan tidak terbakar yang terdiri dari

tanah, kaleng dan botol sebanyak 4.8%. Dilihat dari komposisi sampah biomasa dan kertas dapat disimpulkan bahwa sampah tersebut cukup potensial untuk penerapan teknologi kompos, incenerator dan pirolisa. Dari hasil analisa didapatkan bahwa kadar air biomasa pada kondisi musim kemarau rata-rata sebesar $28 \pm 5 \%$ dan pada saat musim hujan rata-rata sebesar $52 \pm 4\%$.

Berdasar spesifikasi sampah tersebut, untuk penerapan teknologi asap cair atau pirolisa perlu dirancang proses pendahuluan sehingga menghasilkan sampah kering dan padat. Proses pendahuluan tersebut meliputi pemilahan, pemisahan tanah, penirisan air, pengepresan dan pembentukan serta pengeringan, seperti terlihat pada Gambar 1

Picture 1. Process design for Biomass carbage handling before pyrolyzation process



a) Pemilahan

Pemilahan merupakan rangkaian proses penghilangan bahan non biomasa berupa kertas/ kartun, plastik dan bahan tak terbakar berupa kaleng, gelas, logam serta tanah . Proses pemilahan dilakukan diatas konveyor bergetar selebar kurang lebih 2 meter dengan panjang kurang lebih 10 – 20 meter berjumlah satu atau lebih tergantung pada volume sampah dan jumlah kelompok pemulung. disamping kiri dan kanan konveyor getar adalah tempat para pemulung kertas, plastik, gelas, kaleng maupun logam. Para pemulung merupakan pemulung yang bekerja dalam satu kelompok sehingga tidak saling berebut tetapi saling kerja sama sampai mendapatkan berbagai bahan yang dapat mereka jual atau daur ulang.

Kondisi yang dipersyaratkan pada proses ini :

- Jumlah pemulung yang diperlukan disesuaikan dengan volume sampah
- Kecepatan getar dan putar konveyor getar, disesuaikan dengan kecepatan pemungutan bahan non biomasa
- Efisiensi pemilihan sehingga dipastikan bahwa hanya biomasa yang tertinggal di ujung elevator getar

b). Pemisahan tanah

Pemisahan tanah dilakukan sekaligus pada konveyor getar tersebut sehingga tanah-tanah yang menempel pada bagian sampah dapat terlepas dan terjatuh dibawah konveyor yang berlubang-lubang.

Kondisi yang dipersyaratkan pada proses pemisahan tanah adalah : kecepatan getar dan panjang elevator yang menjamin bahwa tanah yang menempel pada

sampah sudah terlepas smuanya sebelum sampai ke ujung elevator getar.

c). Penirisan

Penirisan dilakukan juga bersamaan di konveyor getar, namun apabila kadar air menetes masih cukup tinggi bisa dilewatkan pada konveyor peniris yang dilengkapi dengan alat penyisir sehingga sampah dapat tercerai dan mudah ditiriskan.

Kondisi yang dipersyaratkan pada proses penirisan adalah dipastikan bahwa tidak ada lagi air yang menetes sampai ke ujung elevator getar.

d). Pengeringan

Pengeringan dimaksudkan untuk mengurangi kadar air sampah biomasa setelah proses penirisan. Proses pengeringan juga dapat dilakukan bersama-sama dengan proses penirisan pada konveyor yang dilengkapi alat penyisir tersebut, yaitu dengan mengalirkan udara panas pada konveyor peniris tersebut.

Kondisi proses yang dipersyaratkan pada proses pengeringan yaitu : suhu dan kecepatan udara panas yang mengalir pada hamparan sampah di elevator getar, diharapkan kadar air sampah mencapai kurang lebih 10%.

d). Pengepresan/ pembentukan

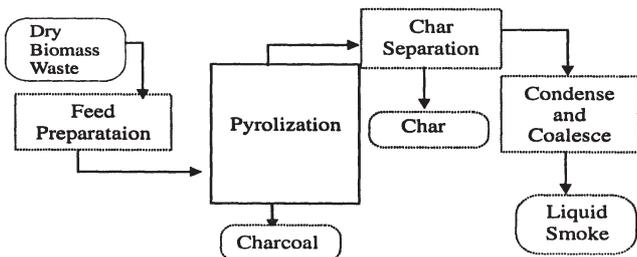
Pengepresan dimaksudkan untuk mengurangi kadar air dan memadatkan sampah dalam bentuk padat dengan ukuran tertentu. Kepadatan dan ukuran padatan sampah ini sangat berpengaruh pada kecepatan perambatan panas pada proses pirolisa. Pengepresan dapat dilakukan setelah sampah melewati konveyor peniris dan pengering. Apabila kadar air sampah sangat tinggi maka pengepresan awal dapat dilakukan terlebih dahulu sebelum penirisan dan pengeringan. Kemudian sampah masuk ke alat pemecah dan penyisir sampah pada konveyor peniris, sebelum ke pengeringan dan pengepresan lanjut dan pembentukan. Pada pengepresan dan pembentukan dapat ditambahkan perekat sehingga diperoleh sampah kering padat dengan ukuran tertentu dan kadar air kurang dari 20%.

Kondisi proses yang dipersyaratkan pada proses pengempaan adalah tekanan kempa dan kepadatan gumpalan biomasa

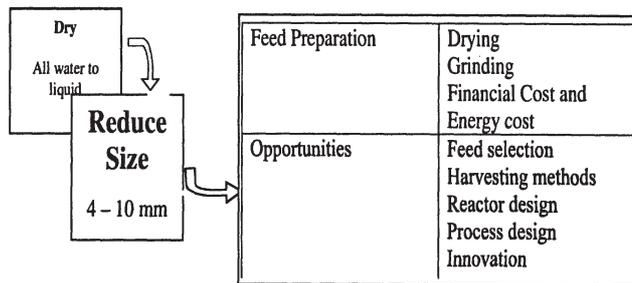
2. Penerapan teknologi asap cair atau pirolisa

a. Penanganan bahan baku

Padatan sampah kering, dalam proses pirolisa dan kondensasi akan menghasilkan produk asap cair, tar dan arang dengan prosentasi rata-rata berturut-turut adalah 45% asap cair, 40% arang dan 15 % tar. Adapun rancangan teknologi pirolisa terlihat pada Gambar 2.



Biomassa yang digunakan sebagai bahan baku asap cair harus kering dan ukurannya kecil 4 - 10 mm. Adapun yang perlu dperhatikan pada proses persiapan bahan baku adalah seperti terlihat pad Gambar 3.



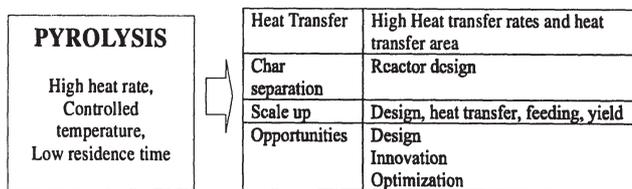
b. Proses pirolisa

Proses pirolisa dilakukan dalam reaktor yang tertutup rapat sehingga tidak ada udara yang masuk dalam reaktor tersebut. Tutup dihubungkan dengan pipa menuju ke pemisah tar dan selanjutnya ke kondensor. Tungku pirolisa dipanaskan dengan burner dan suhu optimum udara panas dalam pirolisator diatur antara 400 – 500 C dengan waktu kurang lebih 60 menit (Tranggono, dkk, 1996). Dengan suhu dan waktu tersebut diharapkan sampah sudah terpirolisa semuanya dan didapat rendemen asap cair yang tinggi. Setelah sampah terpirolisa semuanya dan masuk ke pemisah tar dan kondensor, sisa hasil pirolisa sampah berupa arang akan diambil pada pirolisator setelah proses pendinginan. Kondisi yang dipersyaratkan pada proses produksi asap cair seperti terlihat pada gambar sebagai berikut :

Berdasar pada penelitian pendahuluan , kadar air biomasa 10 %, ukuran biomasa padat, kurang lebih 1 cm, suhu pirolisa 420°C dan waktu tinggal dalam pirolisator 60 menit.

c). Pemisahan tar

Tar merupakan senyawa hasil pirolisa terhadap komponen biomasa yang berada bersama-sama dengan asap. Asap hasil pembakaran tidak sempurna dari sampah tersebut dialirkan ke siklon sehingga terjadi pemisahan fraksi yang berat yaitu tar. Sedangkan fraksi asap akan tetap mengalir dan masuk ke kondensor. Tar yang terpisah di alat siklon akan mengalir keluar lewat ujung dasar siklon berupa larutan kental berwarna merah kehitaman. Adapun faktor yang perlu diperhatikan dalam pemishan tar adalah sebagai berikut



Berdasar pada penelitian pendahuluan , kadar air biomasa 10 %, ukuran biomasa padat, kurang lebih 1 cm, suhu pirolisa 420°C dan waktu tinggal dalam pirolisator 60 menit.

b). Pemisahan tar

Tar merupakan senyawa hasil pirolisa terhadap komponen biomasa yang berada bersama-sama dengan asap. Asap hasil pembakaran tidak sempurna dari sampah tersebut dialirkan ke siklon sehingga terjadi pemisahan fraksi yang berat yaitu tar. Sedangkan fraksi asap akan tetap mengalir dan masuk ke kondensor. Tar yang terpisah di alat siklon akan mengalir keluar lewat ujung dasar siklon berupa larutan kental berwarna merah kehitaman. Adapun faktor yang perlu diperhatikan dalam pemishan tar adalah sebagai berikut

c). Kondensasi asap

Fraksi asap akan mengalir dari siklon ke kondensor dan dalam beberapa saat akan terkondensasi menjadi asap cair. Asap cair berupa cairan berwarna coklat kekuningan, berbau khas asap yang menyengat.

Kondisi yang dipersyaratkan pada proses kondensasi asap cair adalah :

- Stabilitas suhu kondensasi
- Stabilitas asap cair yang dihasilkan ditinjau dari viskositas dan kadar solidnya

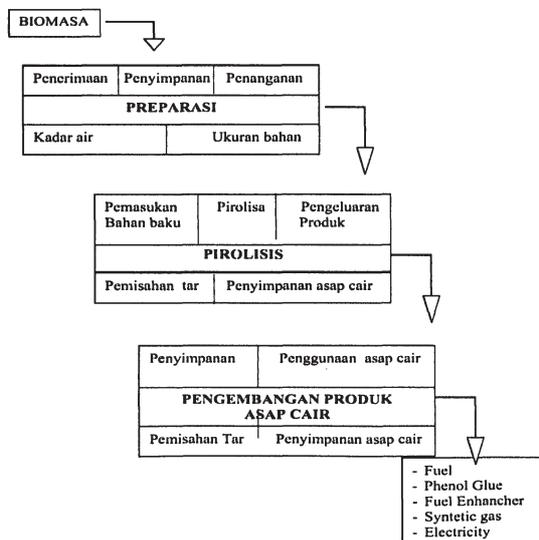
Secara keseluruhan, perlu dilakukan pengembangan dari segi disain, inovasi dan optimasi proses, serta standart produk yang dihasilkan yang dapat digambarkan dalam gambar dan tabel sebagai berikut:

Tabel 3. Pengembangan teknologi pirolisa sampah kota

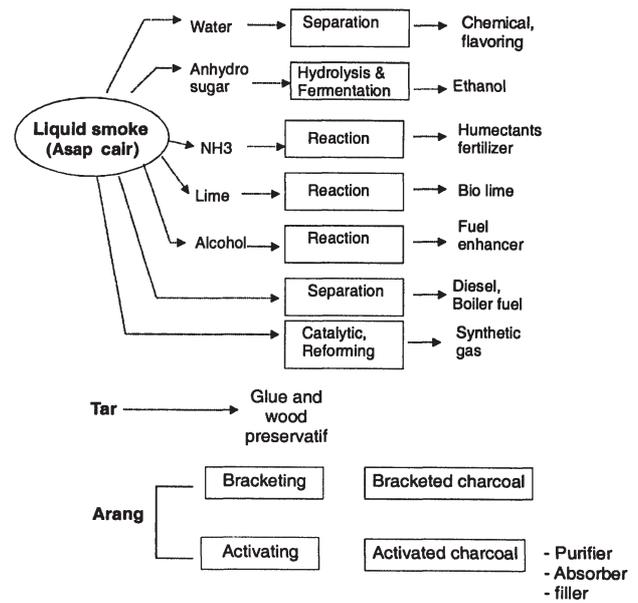
Scale up	- Disain, perpindahan panas, bahan masuk, produk keluar
Aplikasi	- Pengembangan produk baru yang kompetitif, bahan bakar terbarukan
Efisiensi biaya	- Scale up dan pengembangan disain
Tantangan ke depan	- Pengembangan teknologi dan pengendalian dan optimasi proses, inovasi dan demonstrasi

2. Aplikasi asap cair, arang dan tar dari biomasa sampah kota

Pemanfaatan asap cair, arang serta tar dapat terlihat pada bagan atau Gambar sebagai berikut.



Pengembangan Industri Hilir Asap cair biomasa sampah kota



Kesimpulan

1. Biomasa limbah sampah sangat potensial baik ditinjau dari jumlah per hari, lingkungan yang bersih serta potensi produk yang dapat dihasilkan.
2. Teknologi Asap cair dapat menjamin ramah lingkungan dan meningkatkan nilai tambah biomasa sampah kota menjadi enersi terbarukan.

Saran

Pengembangan design dan penelitian pemanfaatan asap cair limbah biomasa sampah kota masih perlu dilakukan menuju pada aplikasi skala kecil di setiap unit-unit pembuangan sampah.

Daftar Pustaka

- Tranggono, Suhardi, Purnama Darmadji, Supranto dan Sudarmanto (1996). Identifikasi asap cair dari berbagai jenis kayu dan tempurung kelapa. *J. Ilmu dan Teknologi Pangan* 1 (2) 15-24.
- Purnama Darmadji (1996). Rancang banhun alat produksi asap cair. Laporan Penelitian Mandiri, DIKS-UGM
- Purnama Darmadji, H.A. Oramahi, Haryadi dan Ria Arumunanto (2000). Optimasi produksi asap cair kayu karet tua dengan metoda RSM dan sifat fungsionalnya. *Agritech*. Vol.20(3)147-156.
- Purnama Darmadji dan Sri Raharjo (2002). Production and purification of liquid smoke from waste of coconut shell and its pottential as antimicrobial, antioxidant, browning and coagulating agent. Conference on innovation in food processing technology and Engineering. 11-13 December 2002. Asian Institute Technology, Bangkok, Thailand.

- Seelig, B., F. Bergsrud, R. Derickson (1992). Treatment system for household water supplies, Activated carbon filtration North Dakota State University Extension service.
- Sigit Sunarto dan Purnama Darmadji (2005). Penggunaan asap cair sebagai antirayap dan anti jamur kayu, dalam usaha pengawetan kayu. Seminar Hasil Penelitian S-2, 2005.
- Tranggono, Suhardi, Purnama Darmadji, Supranto dan Sudarmanto (1996). Identifikasi asap cair dari berbagai jenis kayu dan tempurung kelapa. *J. Ilmu dan Teknologi Pangan* 1 (2) 15-24.