

## PENGOLAHAN LIMBAH ORGANIK RUMAH TANGGA MENGGUNAKAN ALAT INSINERATOR DENGAN MENAMBAHKAN PROSES ABSORPSI

Agusdin<sup>1\*</sup> dan I.A. Setiorini<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang

<sup>2</sup> Teknik Kimia, Politeknik Akamigas Palembang, Palembang

Corresponding author: agusdin@polsri.ac.id

**ABSTRAK:** Perancangan alat insinerator ini bertujuan untuk mengurangi kandungan berbahaya CO<sub>2</sub>, CO dan NO<sub>x</sub> pada gas buang yang dihasilkan dari pembakaran dengan menggunakan absorben H<sub>2</sub>O atau air. Berdasarkan permasalahan tersebut peneliti melakukan pengujian alat dan analisa sampel dan mendapatkan hasil lebih kecil kandungan CO<sub>2</sub>, CO dan NO<sub>x</sub> dari pada sampel blanko yaitu CO<sub>2</sub> pada laju alir 10 L/min sebesar 0,14 %, CO sebesar 1337 ppm dan NO<sub>x</sub> sebesar 2 ppm. Meskipun demikian pengujian tersebut masih belum memenuhi standar gas buang CO<sub>2</sub> dari NIOSH (National Institute For Occupational Safety And Health) yakni dibawah 1.000 ppm namun hasil telah mendekati yaitu 1337 ppm. Hal ini bisa dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kondisi operasi, tekanan, dan analisa yang tidak *realtime*.

**Kata Kunci:** Insinerator, Limbah Padat, CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>

**ABSTRACT:** *The design of this incinerator aims to reduce the hazardous contents of CO<sub>2</sub>, CO, and NO<sub>x</sub> in the exhaust gases produced from combustion by using H<sub>2</sub>O or water as an absorbent. Based on this issue, the researchers conducted tests and sample analyses, which resulted in lower concentrations of CO<sub>2</sub>, CO, and NO<sub>x</sub> compared to the blank sample: CO<sub>2</sub> at a flow rate of 10 L/min was 0.14%, CO was 1337 ppm, and NO<sub>x</sub> was 2 ppm. However, these results still do not meet the NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) standard for CO<sub>2</sub> emissions, which is below 1,000 ppm, the measured value was 1337 ppm. Several factors could influence this, such as operational conditions, pressure, and non-real-time analysis.*

**Key Word:** *Insinerator, Solid Waste, CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>*

### PENDAHULUAN

Berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) Kota Palembang Sumatera Selatan, sampah yang dihasilkan kota Palembang dengan jumlah penduduk 1,6 juta jiwa diperkirakan 0,7 Kg/day/jiwa. Sehingga tercatat produksi sampah mencapai 1.180 ton per hari dan baru dapat didistribusikan ke TPA sekitar 800-900 ton/day. Keterlibatan peran serta masyarakat dalam pengelolaan sampah secara sistematis sangat berpengaruh besar terhadap pengurangan dan penanganan sampah, sehingga tercipta lingkungan yang sehat dan meningkatkan sumber daya ekonomi baik masyarakat maupun pemerintah.

Terdapat beberapa parameter yang saling berhubungan penyebab masalah sampah diperkotaan, diantaranya tingginya tingkat pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi, kesejahteraan masyarakat, kebiasaan konsumtif masyarakat, kebiasaan penduduk,

rutinitas fungsi kota, kepadatan bangunan serta problem transportasi.

Pencemaran lingkungan hidup terbentuk dari interaksi seluruh parameter di atas yang menyebabkan masalah sangat signifikan. Tentunya hal tersebut sangat mungkin terjadi di Kota Palembang yang memiliki penduduk mencapai 1.668 juta jiwa dengan jumlah sampah 1.200 ton/day sehingga Pemerintah Daerah Kota Palembang mencetuskan sebuah inovasi cerdas dan cermat terkait dengan pengelolaan sampah yang dapat memberikan sumbangsih berupa peningkatan pendapatan masyarakat berupa terciptanya lapangan kerja yang berdampak pada meningkatnya pendapatan anggaran daerah kota Palembang.

Insinerator adalah unit operasi di dalam pengolahan limbah dengan cara pembakaran limbah, menurut Subagiyo dkk (2013) salah satu metode alternatif pengolahan limbah yang efektif digunakan yaitu dengan cara pembakaran. Kelebihan sistem ini diantaranya dapat

menghasilkan produk berupa energi panas yang bermanfaat sebagai sumber energi dan waktu yang dibutuhkan pada proses degradasi lebih singkat dibandingkan dengan pengolahan sistem komposting, *landfill* dan *open dumping*. Sistem kompos, *landfill* dan *open dumping* hanya mampu menurunkan volume sampah sebesar 40% sedangkan proses pembakaran dapat mengurangi volume sampah sampai 90%.

Energi panas yang dihasilkan dari pengolahan sampah dapat dikembangkan dan dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Konversi energi panas yang dihasilkan menjadi energi listrik dilakukan melalui proses pembakaran langsung (*direct combustion*) atau pun tidak langsung (melalui proses konversi). Menurut Arif. L. M, 2012, jumlah pasokan udara masuk, sisa hasil pembakaran serta desain alat insinerator merupakan beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dan diperhatikan dengan teliti dalam perancangan alat insinerator.

Terdapat dua jenis alat pembakaran sampah berdasarkan metode pembakaran yang berlangsung pada alat insinerator, yaitu tipe kontinyu dan tipe *batch*. Alat pembakaran sampah tipe kontinyu, bekerja dengan prinsip *feed* berupa sampah secara terus - menerus di *suplay* dengan *volume* tetap, kemudian untuk tipe *batch*, *feed* dengan jumlah kapasitas tertentu dimasukkan kedalam alat pembakaran kemudian dibakar secara bersamaan.

Insinerator memiliki kelebihan dan dapat terus dikembangkan yaitu pemusnahan sampah yang dapat dilakukan dengan cepat, terkendali, insitu dan tidak memerlukan area yang luas. Selain itu penggunaan insinerator juga dapat digunakan untuk mereduksi sampah mudah terbakar yang tidak dapat di daur ulang Kembali (Latief, 2010).

Ada beberapa jenis insinerator yang paling umum digunakan untuk membakar sampah limbah padat B3 yaitu *rotary kiln*, *multiple hearth*, *fluidized bed*, *fixed bed*, *moving grate*, *open pit*, *single chamber*, *multiple chamber*, *aqueous waste injection*, dan *starved air unit*. berdasarkan jenis - jenis tersebut, insinerator jenis *rotary kiln* memiliki kelebihan karena alat tersebut mampu mengolah limbah padat, cair, dan gas secara simultan atau serentak dalam satu waktu (Suci. 2022) (Susastrio .2020).

Emisi udara berupa *Particulate Matter* (PM), SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, HCl) merupakan permasalahan yang sering timbul pada proses pembakaran menggunakan Insinerator. Jenis komposisi limbah, dan proses pembakaran yang tidak sempurna merupakan faktor yang mempengaruhi terbentuknya bahan tersebut serta sistem pembakaran yang digunakan (Subagiyo dkk, 2013).

Untuk meminimalkan pencemaran udara hasil pembakaran yang terjadi, maka pada insinerator yang

akan dirancang, dilakukan penambahan alat adsorpsi yang berguna untuk mengurangi, bahkan menghilangkan gas hasil pembakaran yang mengandung emisi gas buang diantaranya CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO.

Istilah yang digunakan pada proses absorpsi, *solute* adalah komponen yang diserap, sedangkan *solvent* adalah komponen yang menyerap. Jika hanya satu komponen yang diserap dan yang lain tidak dapat diserap maka disebut absorpsi satu komponen, bila yang dapat diserap lebih dari satu komponen maka proses absorpsi disebut absorpsi multikomponen. Absorben merupakan media penyerap yang dapat melarutkan bahan yang akan diabsorpsi pada permukaannya, baik secara fisik atau reaksi kimia.

Suatu proses di dalam industri, peristiwa absorpsi merupakan peristiwa perpindahan massa yang berperan penting. Dimana pada peristiwa ini dikendalikan oleh laju difusi dan kontak antara dua fasa. Dan dapat terjadi secara fisika maupun kimia. Absorpsi fisika dapat dilihat pada sistem ammonia-udara-air dan aseton-udara-air. Untuk absorpsi kimia dapat dilihat pada reaksi NO<sub>x</sub> dengan air membentuk HNO<sub>3</sub> (M. Yusuf Firdaus, 2011). Absorber adalah suatu kolom atau tabung tempat terjadinya proses absorpsi (penyerapan atau pengumpulan) dari zat yang dilewatkan dikolom/tabung tersebut. Biasanya kolom absorpsi yang sering digunakan ada dua yaitu menara *spray* dan menara *packing* (Perry. 1996).

Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengetahui perbandingan analisa gas CO<sub>2</sub> hasil pembakaran sebelum dan sesudah melalui absorben dan hasil emisi gas pembakaran sampah rumah tangga (CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>).

## METODOLOGI PENELITIAN

### *Variabel Tetap dan Variabel Bebas*

Berikut adalah variabel tetap pada pengoperasian alat insinerator, yaitu Kecepatan Blower 50% dan Absorben H<sub>2</sub>O. Adapun variabel bebas pada pengoperasian alat insinerator yaitu laju alir absorben 2 L/min, 4 L/min, 6 L/min, 8 L/min, 10 L/min.

### *Alat Dan Bahan*

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini seperti Insinerator, Burner, Blower, Gas LPG, Stop kontak, Dimer, Pompa, Keramik Sampah limbah padat berupa kertas, daun, kayu, karet, plastic dan Air sebagai absorben.

### *Data Spesifikasi Alat Insinerator*

Berikut adalah data spesifikasi alat insinerator yang terlihat pada tabel 1.

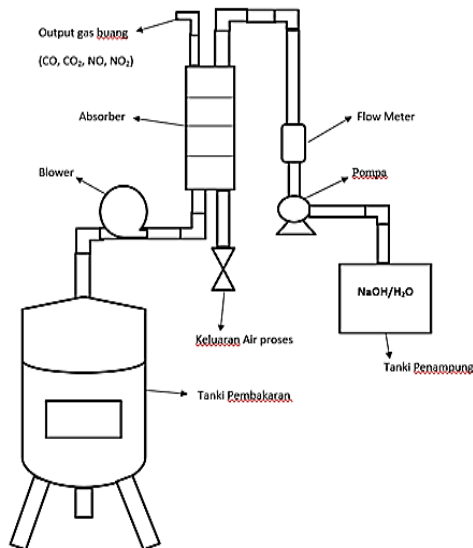
Tabel 1. Data Spesifikasi Alat Insinerator

Parameter	Spesifikasi Alat
Tinggi Drum (Cm)	94
Lebar Drum (Cm)	60
Jari – Jari (Cm)	30
Volume Tempat Sampel (m <sup>3</sup> )	0,265644
Tinggi Inlet Bahan Baku (Cm)	10
Diameter Inlet Bahan Baku (Inci)	4
Tinggi Kerucut (Cm)	36
Panjang Pipa (Cm)	145 (2 belokan)
Diameter Pipa (Inci)	2
Kapasitas Blower (rpm)	3.000
Tinggi Absorber (Cm)	150
Diameter Kolom Absorber (Inci)	4,5
Jarak Antar Tray (Cm)	32
Panjang Pipa PVC Inlet (Cm)	156 (2 Elbow)
Pipa PVC Outlet (Cm)	27 (1 Elbow)
Kapasitas Pompa (L/h)	5.000

Prosedur Sampling

Siapkan wadah sampel (Balon, Tabung Stainless steel, dan lain-lain). Sambungkan alat penyambung sampel pada outlet sampling. Buka 3 valve berurutan dari valve pertama keluaran absorber hingga keran terakhir keluaran absorber. Sambungkan alat penyambung sampel pada outlet sampling. Pasang pada penutup sampling berupa alat untuk menyambungkan wadah sampel pada pipa outlet sampling. Tutup keran secara berurutan dari keran terakhir hingga keran pertama. Lepaskan tabung wadah sampel. Lakukan proses sampling ini secara berurutan menurut interval waktu 2-4 menit dengan variabel yang telah ditentukan. Hasil dari sampling ini akan dilakukan pengujian menggunakan metode gas analyzer untuk mengetahui kandungan yang ada di gas tersebut.

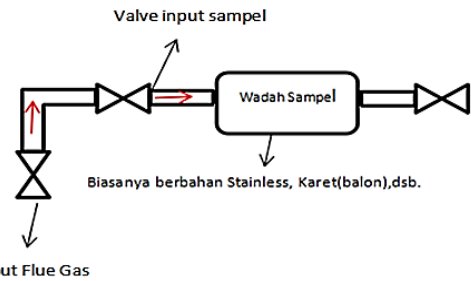
Skema dari alat incinerator terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skema Alat Insinerator

Running Alat Insinerator

Siapkan Alat dan Bahan. Kemudian ambil dan masukan bahan baku (Sampah) ke dalam tungku pembakaran. Buka *valve output* dan *input* yang ada pada bagian insinerator dan absorber. Hidupkan pompa di absorber untuk sirlakusi air dan atur laju alir sesuai variabel yang ditentukan. Nyalakan *burner* lalu letakkan ke dalam tungku pembakaran. Tunggu bahan baku terbakar selama beberapa menit. *Setting blower* menggunakan dimer dengan kecepatan yang telah ditentukan. Tunggu 2-4 menit untuk sampling pada bagian insenerator untuk sampel blanko dan top kolom absorber untuk sampel yang telah terserap. Lakukan pengulangan dengan variabel laju alir air yang berbeda.



Gambar 2. Skema Sampling

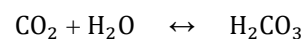
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisa sampel CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> menggunakan alat *flue gas analyzer* yang sudah dilakukan, maka didapatkanlah hasil analisa pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisa Uji Lab Gas Insinerator dengan Metode Uji *Flue Gas Analyzer*

Nama sampel	Parame ter uji	Metode uji	Hasil analisa (%)		
			CO (ppm)	CO <sub>2</sub> (%)	NO <sub>x</sub> (ppm)
Blanko			10.645	2,4	8
Gas Flow 2 L/min			8.264	1,2	4
Gas Flow 4 L/min	Emisi Gas Buang	Flue gas Analyzer	8.129	0,48	4
Gas Flow 6 L/min			5.742		
Gas Flow 8 L/min			1.340	0,24	1
Gas Flow 10 L/min			1.337	0,14	2

Proses absorpsi yang terjadi antara gas dan liquid yang dikontakan menyebabkan suatu komponen terserap. Pada proses *running* ini kami menggunakan H<sub>2</sub>O sebagai penyerap. Berikut adalah reaksi kimia yang terjadi pada proses absorpsi:

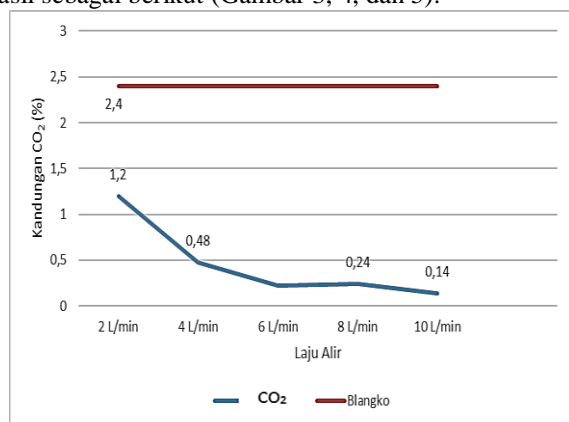


Terdapat banyak faktor yang bisa mempengaruhi proses absorpsi seperti luas permukaan kontak, durasi kontak, laju alir fluida, temperatur, serta tekanan gas.

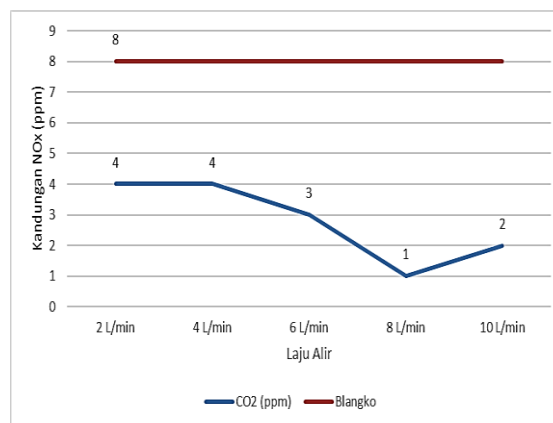
Gas atau uap yang mengandung CO<sub>2</sub> masuk pada bagian *bottom* menuju ke *top* kolom sedangkan air (H<sub>2</sub>O) masuk pada bagian top menuju ke *bottom* kolom. Kontak antara gas dan air melalui packing. Jenis tray yang digunakan ialah *sieve tray*. Adapun fungsi dari *tray* dengan *packing* keramik yaitu untuk memberikan durasi waktu kontak yang lebih lama antara gas dan fluida, sehingga proses penyerapan berlangsung secara optimal.

Dalam Analisa yang dilakukan kecepatan blower, absorben H<sub>2</sub>O, packing keramik menjadi variabel tetap sedangkan laju alir H<sub>2</sub>O sebagai variabel bebas. Laju alir H<sub>2</sub>O disetting pada bukaan 2 L/min, 4 L/min, 6 L/min, 8 L/min dan 10 L/min. percobaan dilakukan dengan laju alir air yang berbeda. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh laju alir terhadap gas yang dihasilkan. Pada saat *running* dilakukan durasi waktu laju alir masing – masing aliran disetting selama 2 menit agar aliran menjadi stabil. Dimulai dari laju alir air 2 L/min setelah 2 menit maka sampel gas sudah bisa diambil, begitupun seterusnya.

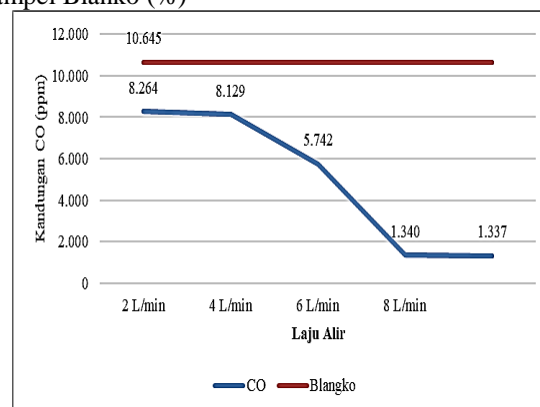
Sampel yang sudah diambil kemudian dianalisa untuk mengetahui kandungan CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> dan jumlah komponen yang terdapat pada sampel. Setelah dilakukan analisa CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> packing keramik maka didapatkan hasil sebagai berikut (Gambar 3, 4, dan 5).



Gambar 3. Perbandingan Kandungan Gas CO Dengan Sampel Blanko (ppm)



Gambar 4. Perbandingan Kandungan Gas CO<sub>2</sub> Dengan Sampel Blanko (%)



Gambar 5. Perbandingan Kandungan Gas NO<sub>x</sub> Dengan Sampel Blanko (ppm)

Dari data tersebut penyerapan CO dan CO<sub>2</sub> lebih optimal pada laju alir 10 L/min karena lebih sedikit daripada sampel blanko yaitu sebesar 1337 ppm dan 0,14 %. Meskipun demikian, keduanya tidak memenuhi syarat ambang batas CO dan CO<sub>2</sub> di Indonesia karena berdasarkan buletin who (2005) ambang batas untuk udara bersih adalah 310-330 ppm, sedangkan menurut NIOSH (National Institute For Occupational Safety And Health) kadar CO<sub>2</sub> yang aman untuk manusia dibawah 1.000 ppm dan berdasarkan standar ISPU sebesar 4000 µg/m<sup>3</sup> atau 45 ppm. Terdapat banyak hal yang dapat mempengaruhi hasil analisa gas CO<sub>2</sub> seperti jenis packing, waktu kontak, laju alir, hingga analisa yang tidak *real time*. Semakin sedikit kandungan CO dan CO<sub>2</sub> yang keluar maka gas emisi hasil pembakaran limbah padat menjadi lebih ramah lingkungan. Sedangkan untuk kandungan NO<sub>x</sub> optimal didapat pada laju alir air 8 L/min yaitu sebesar 1 ppm dimana kandungan NO<sub>x</sub> belum memenuhi standar ISPU pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara yaitu sebesar 80 µg/m<sup>3</sup> atau 0,08 ppm.

## KESIMPULAN

Dari analisa hasil kandungan gas buang penggunaan *absorber packing* keramik dapat disimpulkan bahwa keadaan optimal menyerap kandungan CO, CO<sub>2</sub> pada laju alir 10 L/min sedangkan keadaan optimal menyerap kandungan NO<sub>x</sub> pada laju alir 8 L/min. Meskipun demikian keduanya masih melewati kadar yang aman untuk lingkungan sehingga diperlukan modifikasi lanjutan. Jenis, ukuran, dan bentuk packing, waktu kontak, laju alir, hingga analisa yang tidak *real time* berpengaruh terhadap gas buang yang dihasilkan dilihat dari hasil analisa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arief, Latar Muhammad. 2012. Pengelolaan Limbah Padat Industri. Universitas Esa Unggul: 8-10
- Firdaus, M.Yusuf, 2011, "Dasar-dasar Absorpsi". Program Studi Teknik Kimia S1. fakultas Teknik Universitas Riau
- Latief, A.S. 2010. Manfaat dan Dampak Penggunaan Insinerator Terhadap Lingkungan. TEKNIS Vol.5: 20-22
- Perry, R.H. and Green, D.W. 1996 ,Perry's Chemical Engineering Hand's Book, Mc.Graw-Hill Book Company, New York.
- Subagiyo , dkk. 2013. Karakterisasi Temperatur dan Waktu Tinggal pada Insinerator Sistem Kontinyu untuk Pembakaran Sampah Organik Rumah Tangga. <http://snira-utm.com/filesnira2013/1%20snira.pdf> [diakses 25 Desember 2022]
- Suci Ramadhani, Dana Aswara, Emon Azriadi. 2022. Perancangan Insinerator Ramah Lingkungan Penghasil Arang dan Asap Cair.
- Susastrio Hardito, Ginting Denis, Sinuraya Enda Wista, Pasaribu Gregorius Mariyanto. 2020. Kajian Incinerator Sebagai Salah Satu Metode Gasifikasi dalam Upaya untuk Mengurangi Limbah Sampah Perkotaan.