

PENGHILANGAN CEMARAN KARBON MONOKSIDA DARI GAS BUANG MENGUNAKAN UNGGUN TETAP TANAH

Sumarno¹

ABSTRAK

Skala bangku kolom ungun tetap digunakan untuk uji kemampuan menghilangkan karbon monoksida dari gas buang dengan variasi media isian, laju alir gas buang dan tinggi ungun. Efisiensi penghilangan karbon monoksida rata-rata berkisar 26,5 sampai 98,3 persen pada laju alir 0,2 L/menit, 0,5 L/menit, 0,8 L/menit; tinggi ungun 50 cm dan 75 cm; dengan media isian tanah, kompos dan pupuk kandang. Faktor pembatas yang menentukan penghilangan CO dari gas buang dengan ungun tanah adalah adsorpsi CO pada partikel tanah yang lebih lambat dibanding faktor oksidasi CO menjadi CO₂ secara mikrobiologis.

Kata kunci : Penghilangan CO; ungun tetap tanah; gas buang

PENDAHULUAN

Tanah merupakan matriks komponen anorganik dan organik dengan porositas 40–50%. Fraksi komponen organik bervariasi secara normal dari 1–5%, tetapi ada yang mengandung <0,5% atau >90%. Fraksi koloidal (< 2 µm) pada tanah yaitu lempung dan humus bervariasi <1% pada tanah pasir sampai 50% pada tanah lempung berat. Fraksi koloidal berperan penting pada kemampuan tanah menurunkan cemaran gas seperti CO, SO₂, NO_x, H₂S, aldehid dan asam organik volatil karena bersifat adsorben terhadap gas-gas tersebut. Kemampuan tanah sebagai pelimbahan gas CO ataupun gas yang lain tergantung beberapa faktor diantaranya yang terpenting adalah konsentrasi bahan organik tanah, kadar air, potensial redoks (Sumarno dkk., 1999). Pada kondisi anaerobik gas CO di tanah dapat digunakan sebagai sumber hara karbon oleh bakteri anaerob kemitrofik lewat konversi menjadi asam acetat, butirat, dan asam lemak rantai panjang (Zeikus, 1980). Pada kondisi aerobik spesies seperti Carboxymonas, Hydrogenomonas, Bacillus dan bakteri pengoksidasi metana dapat mengoksidasi CO menjadi CO₂ (Hubley dkk., 1974). Pada partikel tanah CO terjerap lebih cepat dibandingkan N₂, O₂, dan CO₂ selanjutnya CO yang terjerap akan teroksidasi oleh O₂ secara mikrobiologis produk CO₂ akan dilepas kembali. Bila kedua proses tersebut yaitu: adsorpsi dan oksidasi mempunyai laju seimbang maka tanah mampu menghilangkan cemaran CO terus

menerus tanpa pernah mencapai kondisi jenuh. Penelitian ini bertujuan menentukan faktor pembatas proses penghilangan CO dengan menggunakan ungun tetap dengan media isian tanah yang bervariasi kadar bahan organik dan kadar lempungnya. Dengan membandingkan efisiensi penghilangan CO oleh media-media tersebut dapat ditentukan faktor pembatasnya yaitu mekanisme adsorpsi CO oleh partikel tanah atau oksidasi CO secara mikrobiologis.

BAHAN DAN METODA

Rangkaian sistem dan operasi

Sistem yang digunakan untuk percobaan penghilangan gas CO secara skematik ditunjukkan pada gambar 1. Kolom untuk penghilangan gas CO mempunyai luas penampang 100 cm² setinggi 110 cm diisi media isian dalam bentuk ungun tetap. Ketinggian ungun ditentukan sebesar 50 cm dan 75 cm untuk melihat efek waktu tinggal gas. Untuk masing-masing ketinggian ungun, sistem dioperasikan secara kontinyu. Laju alir gas buang yang dialirkan ke sistem bervariasi yaitu: 0,2 L/menit; 0,5 L/menit; dan 0,8 L/menit. Gas buang dialirkan ke sistem pada suhu kamar dalam jangka waktu 70 menit untuk melihat konsistensi penurunan konsentrasi CO. Gas buang untuk percobaan berasal dari gas buang kendaraan bermotor yang ditransfer ke tanki penampung dengan menggunakan kompresor. Dari tanki

¹ Jurusan T. Kimia, FT UNDIP, Jl. Prof. Soedharto, SH, Tembalang, Semarang

penampung gas buang dialirkan ke kolom dengan diatur laju alirnya menggunakan 'flowmeter'.

Media isian unggun

Media isian unggun tetap yang digunakan adalah: (1) tanah, (2) kompos, (3) pupuk kandang dengan pertimbangan masing-masing media mempunyai karakteristik tertentu. Tanah dipilih yang mempunyai kandungan lempung relatif tinggi dan kandungan bahan organik rendah, mewakili media dengan kemampuan adsorpsi tinggi dan kemampuan oksidasi CO secara mikrobiologis relatif rendah. Kompos mempunyai kandungan humus tinggi dan kandungan lempung relatif rendah mewakili media dengan kemampuan adsorpsi tinggi dan kemampuan oksidasi CO secara mikrobiologis relatif tinggi. Pupuk kandang mempunyai karakteristik yang sama dengan kompos tetapi kandungan bahan organiknya lebih tinggi sehingga diharapkan kemampuan penghilangan CO lebih tinggi.

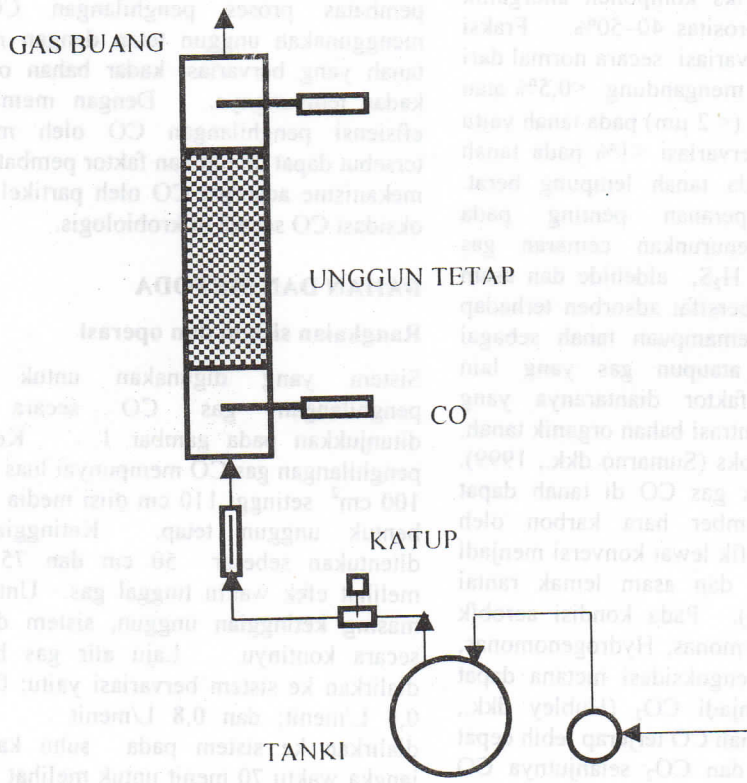
Karakteristik ketiga media disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Media Isian pada Kolom Unggun Tetap

MEDIA	pH	KADAR AIR (%)	BAHAN ORGANIK (%)
TANAH	7,2	21,5	1,1
KOMPOS	6,9	29,3	2,0
PUPUK KANDANG	6,7	19,7	2,5

Pengukuran CO

Konsentrasi CO gas buang pada input dan output kolom unggun tetap diukur pada posisi ditengah ruang kosong atas dan bawah unggun tetap. Pengukuran konsentrasi CO dilakukan secara periodik dengan selang waktu 10 menit menggunakan CO-meter.



Gambar 1. Skema peralatan percobaan

Tabel 2. Hasil Pengukuran Konsentrasi CO dari Gas Buang pada Input dan Output Sistem

Tinggi Unggun (cm)	Jenis media	Laju alir gas buang (L/menit)	Titik sampel	Konsentrasi CO pada Gas Buang (ppm)															
				Periode Waktu Pengukuran CO pada Gas Buang (menit)															
				0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110				
50	Tanah	0,2	Input	1218	1143	1114	1154	1163	1028	1097									
			Output	229	145	154	174	156	156	116									
		0,5	Input	1255	1272	1286	1188	1320	1280	1160									
			Output	389	380	358	380	410	392	320									
		0,8	Input	434	420	442	406	418	432	419									
			Output	302	309	325	300	308	315	306									
	Kompos	0,2	Input	266	229	368	248	257	244	226									
			Output	9	13	12	9	12	12	10									
		0,5	Input	992	1955	1960	1012	1003	1009	1021									
			Output	262	272	285	258	265	271	269									
		0,8	Input	738	671	673	678	623	620	652									
			Output	388	354	358	358	331	322	340									
	Pupuk kandang	0,2	Input	320	366	506	789	778	514	554									
			Output	14	19	16	20	20	15	18									
		0,5	Input	725	709	712	730	745	715	751									
			Output	168	152	163	166	172	170	176									
		0,8	Input	1240	1236	1228	1243	1216	1267	1252									
			Output	613	591	593	596	590	623	619									
75	Tanah	0,2	Input	653	678	674	679	671	664	670									
			Output	24	35	34	38	38	34	38									
		0,5	Input	674	606	608	601	627	623	622									
			Output	191	176	172	178	184	183	177									
		0,8	Input	476	472	473	427	432	465	400									
			Output	253	256	250	238	224	253	219									
	Kompos	0,2	Input	280	365	370	368	410	361	385									
			Output	11	5	7	7	10	6	11									
		0,5	Input	565	558	590	602	610	585	589									
			Output	112	120	122	134	138	110	116									
		0,8	Input	697	709	715	702	730	695	705									
			Output	320	335	331	328	334	312	325									
	Pupuk kandang	0,2	Input	1119	965	769	1087	1112	1089	1050									
			Output	22	14	12	19	20	19	17									
		0,5	Input	1297	1388	1403	1180	1236	1319	1357									
			Output	34	38	41	40	33	42	40									
		0,8	Input	1510	1344	1478	1382	1373	1417	1420									
			Output	431	380	424	385	398	412	397									

Tabel 3. Efisiensi Penghilangan CO dari Gas Buang pada Sistem Kolom Unggun Tetap

Tinggi Unggun (cm)	Jenis Media	Laju Alir Gas Buang (L/menit)	Efisiensi Penurunan Konsentrasi CO pada Gas Buang (%)							
			0	10	20	30	40	50	60	
50	Tanah	0.2	82.2	87.3	86.0	84.9	86.5	84.8	89.0	
		0.5	69.0	70.0	72.0	68.0	69.0	69.0	72.0	
		0.8	26.0	26.4	26.5	26.1	26.3	27.1	27.0	
		0.2	96.6	94.3	96.7	96.4	95.3	95.1	95.6	
		0.5	73.6	74.2	73.1	74.5	73.5	73.1	73.7	
		0.8	47.4	47.2	47.8	47.2	46.9	48.1	47.9	
	Kompos	0.2	95.6	94.8	96.8	97.4	97.4	97.0	96.8	
		0.5	76.8	78.6	77.1	77.3	76.9	76.2	76.6	
		0.8	50.6	52.2	51.7	51.9	51.5	51.0	50.6	
		0.2	96.3	94.8	95.0	94.4	94.3	94.9	94.3	
		0.5	71.7	71.0	71.7	70.4	70.7	70.6	71.5	
		0.8	46.9	45.8	47.1	44.3	48.1	45.6	45.2	
75	Tanah	0.2	96.1	98.6	98.1	98.1	97.6	98.3	97.1	
		0.5	80.2	78.5	79.3	77.8	77.4	81.2	80.3	
		0.8	54.1	52.8	53.7	53.3	54.2	55.1	53.9	
		0.2	98.0	98.6	98.4	98.3	98.2	98.3	98.4	
		0.5	97.4	97.3	97.1	96.6	97.2	96.8	97.1	
		0.8	71.5	71.7	71.3	72.1	71.0	70.9	72.0	
	Kompos	0.2	98.0	98.6	98.4	98.3	98.2	98.3	98.4	
		0.5	97.4	97.3	97.1	96.6	97.2	96.8	97.1	
		0.8	71.5	71.7	71.3	72.1	71.0	70.9	72.0	
		0.2	98.0	98.6	98.4	98.3	98.2	98.3	98.4	
		0.5	97.4	97.3	97.1	96.6	97.2	96.8	97.1	
		0.8	71.5	71.7	71.3	72.1	71.0	70.9	72.0	
Pupuk Kandang	0.2	98.0	98.6	98.4	98.3	98.2	98.3	98.4		
	0.5	97.4	97.3	97.1	96.6	97.2	96.8	97.1		
	0.8	71.5	71.7	71.3	72.1	71.0	70.9	72.0		
	0.2	98.0	98.6	98.4	98.3	98.2	98.3	98.4		
	0.5	97.4	97.3	97.1	96.6	97.2	96.8	97.1		
	0.8	71.5	71.7	71.3	72.1	71.0	70.9	72.0		

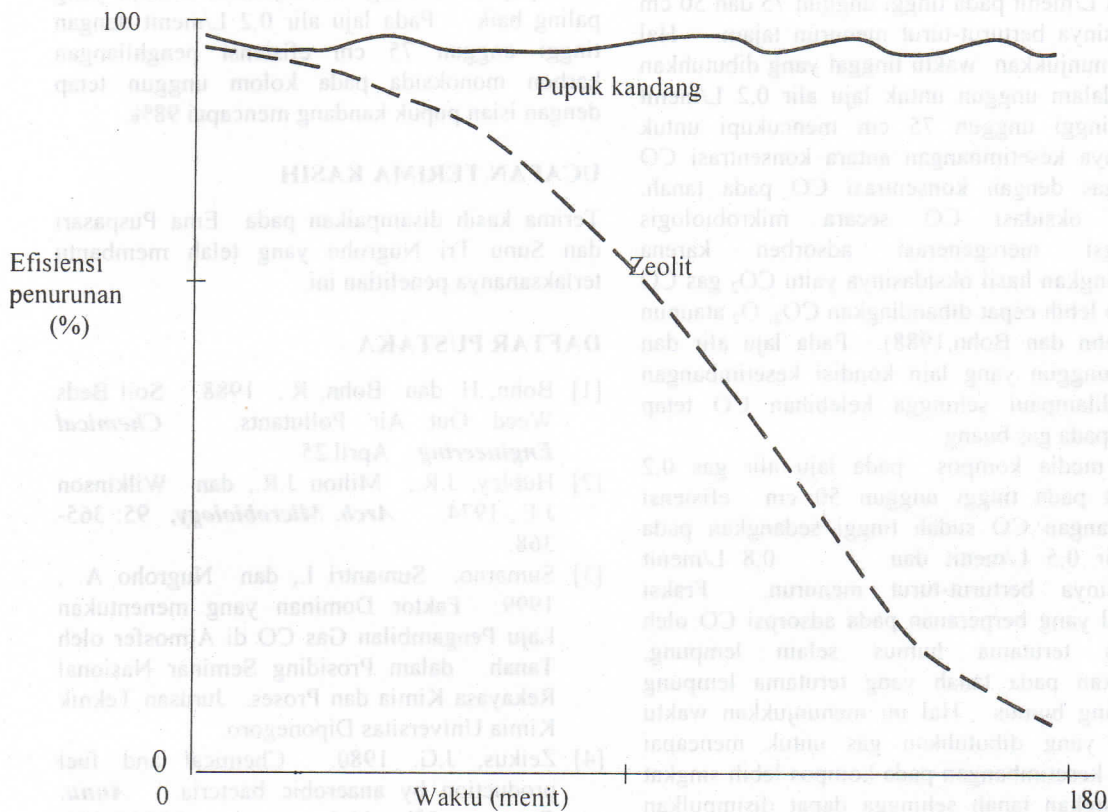
Penghilangan Cemar CO Menggunakan Unggun Tetap Tanah (Sumarno)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mekanisme Penghilangan CO Pada Unggun Tanah

Tabel 2. menunjukkan konsentrasi CO dari gas buang pada input dan output sistem percobaan, sedangkan tabel 3. menunjukkan efisiensi penurunan CO selama sistem beroperasi. Dari tabel-tabel tersebut sistem dapat dievaluasi kinerjanya dari aspek konsistensi dan persen penghilangan CO. Konsistensi penghilangan CO dari gas buang relatif tetap tidak mengalami penurunan selama sistem dioperasikan. Untuk

memastikan mekanisme penghilangan tanah merupakan gabungan adsorpsi dan oksidasi secara mikrobiologis dilakukan uji banding penghilangan CO dari gas buang menggunakan ungun tanah dan ungun zeolit pada kondisi yang sama yaitu: laju alir 0,2 L/menit, luas penampang 100 cm², tinggi kolom 50 cm, konsentrasi CO pada gas buang sama 1000 ppm. Zeolit yang mekanisme penghilangan CO hanya akibat adsorpsi mengalami penurunan efisiensi penghilangan sampai titik jenuh pada waktu 180 menit, sedangkan tanah tidak mengalami penurunan efisiensi sama sekali (gambar 2.)



Gambar 2. Perbandingan Efisiensi Penghilangan CO pada Gas Buang antara media Unggun Tetap Pupuk Kandang dengan Zeolit

Uji banding tersebut menunjukkan bahwa penghilangan CO pada tanah, kompos, dan pupuk kandang berlangsung dalam 2 tahap: (1) proses adsorpsi CO pada fraksi koloidal yaitu lempung dan humus, (2) proses oksidasi secara mikrobiologis CO yang teradsorpsi menjadi CO₂ dengan adanya O₂ berlebihan yang ada pada gas buang.

Faktor pembatas proses penghilangan CO oleh ungun tanah

Proses adsorpsi akan berhenti setelah kondisi

kesetimbangan tercapai. Kesetimbangan adsorben (tanah)-adsorbat (CO)-solven (gas buang) merupakan batas kinerja adsorben. Kesetimbangan tersebut secara isothermal dinyatakan dengan persamaan Freunlich :

$$C_{mve} = \rho \alpha C_{me}^{\beta}$$

α dan β konstanta yang besarnya tergantung jenis adsorben,

ρ densitas solven (gas buang),

C_{mve} konsentrasi CO pada solven pada kondisi setimbang,

C_{me} konsentrasi CO pada adsorben pada kondisi setimbang.

Pada saat konsentrasi CO pada unggun tanah telah mencapai kondisi setimbang (C_{me}) maka proses adsorpsi akan berhenti. Bila catu O_2 , air dan hara N, P, dan mikro hara memadai setelah CO teradsorpsi terjadi proses oksidasi CO secara mikrobiologis relatif cepat (Bohn dan Bohn, 1988).

Untuk media tanah pada laju alir gas 0,2 L/menit pada tinggi unggun 75 cm efisiensi penghilangan CO tinggi, sedangkan pada laju alir 0,2 L/menit dengan tinggi unggun 50 cm, laju alir 0,5 L/menit dan 0,8 L/menit pada tinggi unggun 75 dan 50 cm efisiensinya berturut-turut menurun tajam. Hal ini menunjukkan waktu tinggal yang dibutuhkan gas didalam unggun untuk laju alir 0,2 L/menit pada tinggi unggun 75 cm mencukupi untuk terjadinya kesetimbangan antara konsentrasi CO pada gas dengan konsentrasi CO pada tanah. Proses oksidasi CO secara mikrobiologis berfungsi meregenerasi adsorben karena dibandingkan hasil oksidasinya yaitu CO_2 gas CO terjerap lebih cepat dibandingkan CO_2 , O_2 ataupun N_2 (Bohn dan Bohn, 1988). Pada laju alir dan tinggi unggun yang lain kondisi kesetimbangan telah dilampaui sehingga kelebihan CO tetap berada pada gas buang.

Untuk media kompos pada laju alir gas 0,2 L/menit pada tinggi unggun 50 cm efisiensi penghilangan CO sudah tinggi sedangkan pada laju alir 0,5 L/menit dan 0,8 L/menit efisiensinya berturut-turut menurun. Fraksi koloidal yang berperan pada adsorpsi CO oleh kompos terutama humus selain lempung, sedangkan pada tanah yang terutama lempung disamping humus. Hal ini menunjukkan waktu tinggal yang dibutuhkan gas untuk mencapai kondisi kesetimbangan pada kompos lebih singkat dibandingkan tanah sehingga dapat disimpulkan kapasitas adsorpsi humus lebih besar dibandingkan dengan lempung.

Pada media pupuk kandang untuk laju alir gas buang 0,5 L/menit pada ketinggian unggun 75 cm efisiensi penghilangan CO tinggi sedangkan pada tinggi unggun 50 cm dan laju alir gas buang 0,8 L/menit efisiensinya menurun. Berdasarkan kadar bahan organik pupuk kandang lebih tinggi yaitu 2,5% dibandingkan dengan kompos 2,0 % memperkuat asumsi bahwa humus kapasitas adsorpsinya terhadap CO lebih tinggi dibandingkan lempung.

KESIMPULAN

Kolom unggun tetap yang menggunakan media isian pupuk kandang menunjukkan kinerja yang paling baik. Pada laju alir 0,2 L/menit dengan tinggi unggun 75 cm efisiensi penghilangan karbon monoksida pada kolom unggun tetap dengan isian pupuk kandang mencapai 98%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan pada Ema Puspasari dan Sunu Tri Nugroho yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bohn, H. dan Bohn, R., 1988. Soil Beds Weed Out Air Pollutants. *Chemical Engineering*. April 25.
- [2] Hubley, J.R., Milton J.R., dan Wilkinson J.F., 1974. *Arch. Microbiology*, 95: 365-368.
- [3] Sumarno, Sumantri I., dan Nugroho A., 1999. Faktor Dominan yang menentukan Laju Pengambilan Gas CO di Atmosfer oleh Tanah. dalam Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses. Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro.
- [4] Zeikus, J.G. 1980. Chemical and fuel production by anaerobic bacteria. *Annu. Rev. Microbiol.* 34:423-464.