

hasil penelitian

PENGARUH PENAMBAHAN KARBON AKTIF DAN PEMAKAIAN SCRUBBER CO₂ TERHADAP KUALITAS DAN KUANTITAS BIOGAS

Oleh :

Sriharti

Pendahuluan

Biogas dihasilkan dari proses fermentasi zat organik secara anaerob. Sumber bahan baku biogas adalah limbah pertanian, domestik, industri makanan dan kotoran ternak seperti kotoran sapi.

Biogas terdiri atas metan 54 — 70%, karbon dioksida 27 — 45% dan sedikit gas-gas lainnya seperti nitrogen 1 — 5%, hidrogen 1 — 10%, karbon monoksida 0,1%, oksigen 0,5 — 1% dan hidrogen sulfida kurang dari 1% (ESCAP, 1984; Maramba, 1978). Gas ini mempunyai nilai kalori 4800 — 6900 kcal/m³ dibanding gas metan murni 8000 kcal/m³ (House, 1981; Peter, 1978). Nilai kalori biogas tergantung pada kandungan metan, yang dapat dinaikkan dengan menghilangkan gas

CO₂ dengan menggunakan scrubber yang berisi air kapur.

Kualitas dan kuantitas biogas yang dihasilkan tergantung pada banyak faktor antara lain jenis bahan baku, pengaruh lingkungan seperti pH, suhu, berat kering, nisbah karbon/nitrogen (C/N), pengadukan dan sebagainya.

Kotoran sapi merupakan bahan baku yang baik untuk menghasilkan biogas, karena mempunyai nisbah C/N = 18. Untuk meningkatkan hasil biogas dan kandungan metan diperlukan bahan baku yang mempunyai nisbah C/N = 25 — 30. Penambahan karbon aktif dalam bahan baku kotoran sapi berfungsi untuk menaikkan nisbah C/N, yang dapat memperbaiki proses pencernaan anaerob dan mendapatkan kondisi optimum dalam menghasilkan gas metan. Karbon aktif dapat berfungsi pula untuk (Spencer, 1978) :

— mengadsorpsi bahan toksik yang dapat menghambat proses pen-

* Asisten Peneliti Muda BPTTG — P3FT — LIPI

- cernaan;
- menambah kapasitas bufer dari system pencernaan;
- menambah trace metal nutrient (nutrisi logam yang diperlukan dalam jumlah yang kecil) yang diperlukan oleh bakteri anaerob.

Berdasar penelitian yang telah dilakukan Spencer (1978), penambahan karbon aktif pada limbah industri dapat meningkatkan hasil biogas lebih dari 100%.

Bahan dan Metoda

1. Bahan

Untuk pembuatan biogas digunakan bahan baku kotoran sapi yang masih segar dicampur dengan air dengan perbandingan 1 : 1, untuk mendapatkan isian dengan berat kering 9%.

2. Peralatan

Alat pembuat biogas terdiri atas:

- Pencerna (digester)

Alat pencerna berbentuk silinder yang terbuat dari pipa PVC dengan kapasitas isian 10 liter. Pada dindingnya terdapat 1 buah pipa PVC yang berfungsi sebagai tempat masukan kotoran sapi dan disebelahnya terdapat kran untuk mengeluarkan ampas (sludge). Pada bagian permukaan atas terdapat kran pengeluaran gas dan termometer untuk mengukur suhu isian, yang dapat dilihat pada gambar 1. Digester terdiri atas 2 macam, dengan menggunakan sekat dan tanpa sekat.

- Penampung gas (gas holder)

Penampung gas yang digunakan merupakan botol plastik dengan kapasitas 30 liter. Pada dinding bagian bawah terdapat pipa gelas tempat pengeluaran air dan di permukaan atas terdapat kran pengeluaran gas dan pipa pemasukan gas dari tangki pencerna.

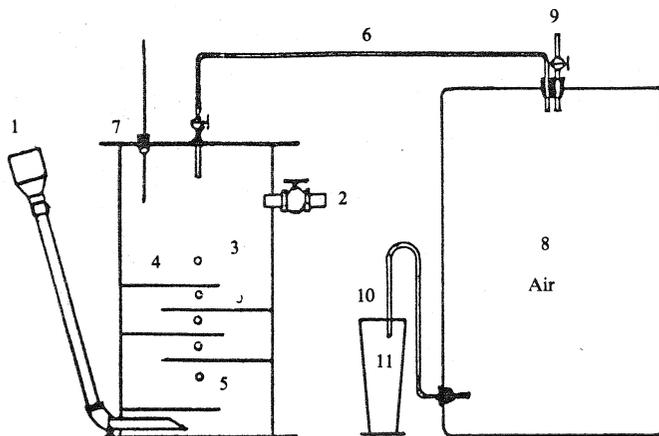
Penampung gas dihubungkan dengan pipa plastik ke digester.

Scrubber CO₂

Scrubber CO₂ skala laboratorium berupa botol glass dengan kapasitas isian 1 liter, pada tutup botol terdapat 2 buah kran yang berfungsi untuk pemasukan biogas dan kran pengeluaran gas setelah CO₂ teradsorpsi.

3. Perlakuan dan Analisis

- Kotoran sapi dicampur dengan air, diaduk sampai homogen, kemudian dicampur dengan karbon aktif dengan dosis yang berbeda yaitu dari konsentrasi 1,5, 3, 4,5 dan 6 gram per liter bahan isian dan tanpa penambahan karbon aktif sebagai kontrol, masing-masing diaduk sampai rata.
- Fermentasi dilakukan secara sekaligus tanpa pengadukan.
- Digester yang digunakan terdiri atas 2 macam dengan menggunakan sekat dan tanpa sekat.
- Keasaman media diukur seminggu sekali.



Gambar 1 : Digester biogas

Keterangan :

1. Pemasukan bahan baku
2. Pengeluaran bahan sisa
3. Tangki pencerna
4. Sekat
5. Lubang samping
6. Saluran untuk mengeluarkan biogas
7. Termometer
8. Tangki penampung biogas
9. Saluran pengeluaran biogas
10. Saluran pengeluaran air
11. Penampung air yang keluar dari penampung biogas

- Volume gas yang dihasilkan diukur setiap hari dengan mengukur volume air yang keluar dari botol penampung gas.
- Komposisi biogas diukur seminggu sekali dengan menggunakan alat orsat.
- Bahan untuk fermentasi dianalisis kandungan air, abu, nitrogen dan pH.
- Penelitian dilakukan selama 10 minggu.
- Pengamatan pengaruh scrubber CO₂ terhadap kandungan gas

CO₂ Scrubber CO₂ berisi larutan KOH dan air kapur dengan konsentrasi 1% sampai 5% dengan interval 1%.

Hasil dan Pembahasan

Kotoran sapi yang digunakan untuk penelitian ini mempunyai kandungan total solid 9,24%, volatile solid 90,8%, Nitrogen 0,36% dan pH 7,5.

Suhu udara selama fermentasi berada dalam batas optimum yaitu antara 27 — 32,5°C. Suhu ini berada

pada kisaran yang memenuhi syarat atau sesuai dengan pertumbuhan mikroorganismenya. Suhu udara lebih tinggi dari suhu isian, hal ini menunjukkan bahwa pada proses fermentasi tidak mengeluarkan panas.

Pada penelitian ini digester ditempatkan dalam ruangan untuk menghindari fluktuasi suhu yang besar, karena bakteri metan sangat sensitif terhadap perubahan suhu daripada bakteri lainnya.

Produksi biogas bila dikonversi ke setiap kg kotoran sapi kering menghasilkan :

Perlakuan	Produksi Biogas	
	Digester dengan Sekat	Digester Tanpa Sekat
Kontrol	193,72 liter	193,72 liter
+ 1,5 gr ka	260,84 liter	233,16 liter
+ 3,0 gr ka	292,21 liter	267,21 liter
+ 4,5 gr ka	266,23 liter	241,71 liter
+ 6,0 gr ka	258,66 liter	238,87 liter

Keterangan : ka = karbon aktif

Produksi biogas selama fermentasi terlihat pada gambar 2 dan 3 yang merupakan grafik hubungan antara waktu pengukuran dan produksi biogas. Pada umumnya produksi gas makin lama menunjukkan peningkatan sampai pada minggu ke 3, sedangkan pada penambahan karbon aktif 4,5 gram/liter bahan isian sampai pada minggu ke 6, yang kemudian pada minggu berikutnya mengalami penurunan. Hal ini disebabkan pada minggu pertama bakteri asetogenik

aktif menguraikan zat organik menjadi asam asetat, seperti ditunjukkan oleh penurunan nilai pH. Asam asetat digunakan oleh bakteri metan. Pada minggu ke 5 keaktifan bakteri mulai berkurang, karena nutrisi yang tersedia sudah berkurang, sehingga gas yang dihasilkan mulai menurun.

Biogas yang dihasilkan setiap kg kotoran sapi lebih tinggi dibandingkan terhadap biogas yang dihasilkan dari campuran antara kotoran sapi dan enceng gondok yang menghasilkan 395,76 liter (Sriharti dkk, 1986).

Pengaruh dosis karbon aktif terhadap produksi biogas total terlihat pada gambar 4, yang menunjukkan bahwa produksi biogas total lebih tinggi pada digester dengan penambahan karbon aktif, yang berdasarkan analisa varians menunjukkan pengaruh yang nyata. Produksi biogas total meningkat dengan bertambahnya dosis karbon aktif sampai 3,0 gram/liter bahan isian, pada dosis 4,5 dan 6,0 gram/liter bahan isian produksi biogas menurun kembali. Kenaikan maksimum sebesar 51,5% yang diperoleh pada konsentrasi penambahan karbon aktif 3,0 gram/liter. Penambahan karbon aktif ini berpengaruh terhadap tahap pembentukan asam di antaranya asam asetat yang akan membentuk gas CO₂, metan dan gas lainnya.

Produksi biogas total pada digester yang menggunakan sekat lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa menggunakan sekat. Hal ini kemungkinan disebabkan pada digester tanpa menggunakan sekat pengeluaran biogas terhambat oleh

scum/lapisan kerak yang terbentuk. Karena pada digester tanpa menggunakan sekat, kotoran sapi mengapung di permukaan digester dan membentuk scum, sehingga untuk mencegah terbentuknya scum perlu pengadukan. Digester menggunakan sekat dapat berfungsi sebagai pengaduk, sehingga memperbesar kontak antara bakteri dengan kotoran sapi. Walaupun berdasarkan hasil analisis variansi produksi biogas pada digester dengan dan tanpa menggunakan sekat tidak menunjukkan pengaruh yang nyata.

Kadar gas metan selama fermentasi terlihat pada gambar 5 dan 6 yang merupakan grafik hubungan antara waktu pengukuran dengan kadar gas metan. Pada awal fermentasi kadar gas metan kecil, karena pada tahap ini bakteri yang sangat aktif adalah bakteri pembentuk asam, sehingga lebih banyak gas karbon dioksida yang terbentuk daripada gas metan. Hal ini terlihat pada waktu dibakar pada pengalaman minggu pertama biogas belum dapat menyala.

Proses pembentukan gas metan merupakan tahap yang paling sensitif. Bila sistem mengalami stres tahap ini dapat dihambat, yang menghasilkan akumulasi asam volatil dalam digester. Dengan penambahan karbon aktif ternyata dapat meningkatkan tahap pembentukan metan seperti terlihat dalam gambar 7, bahwa kadar gas metan lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol.

Kadar gas metan cenderung meningkat dengan kenaikan dosis karbon aktif, kenaikan maksimum

diperoleh pada penambahan 3 gram/liter bahan isian. Kadar gas metan yang paling tinggi yang didapatkan selama percobaan yaitu sebesar 69% dan rata-rata sebesar 57,4%. Pada penambahan dosis karbon aktif 4,5 dan 6,0 gram/liter bahan isian kadar gas metan mulai menurun kembali.

Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa penambahan karbon aktif memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar gas metan.

Karbon dioksida merupakan gas kedua terbesar dari biogas setelah metan. Jumlah CO_2 dan CH_4 dalam biogas adalah sebesar 90 — 95%. Dalam analisis biogas yang terlihat hanya kandungan CH_4 dan CO_2 . Panas yang tersedia dari biogas dapat dinaikkan jika CO_2 dipindahkan. Dalam sampel biogas yang mengandung kadar CH_4 55% dan CO_2 45%, gas CO_2 dapat dipindahkan dalam larutan kapur 1,8% (House, 1981; Peter, 1976).

Pada penelitian ini dilakukan pemindahan gas CO_2 dari biogas, sehingga didapatkan gas metan yang hampir murni, CO_2 tidak bisa terbakar, maka pemindahan gas CO_2 ini berarti menaikkan nilai kalori gas. Dalam seliter biogas yang mengandung metan 66% energi panas yang tersedia sekitar 5,3 kalori dan dalam seliter gas metan murni energi panas yang tersedia sekitar 8 kalori (House, 1981).

Pada penelitian ini dilakukan penyerapan CO_2 dengan 2 macam absorbans yaitu larutan KOH dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dibantu pengocokan untuk membantu difusi molekul gas ke

cairan dan memperbanyak kontak antara cairan dan gas (NAS, 1977).

Berdasarkan hasil pengamatan, biogas yang dilewatkan dalam scrubber CO₂, dapat menurunkan kandungan CO₂. Biogas yang dilewatkan dalam scrubber yang berisi larutan KOH penurunan CO₂-nya lebih tinggi dari larutan Ca(OH)₂. Pada scrubber yang berisi larutan KOH 0,75% dapat menurunkan gas CO₂ sebesar 90,1%. Daya absorpsi larutan KOH menurun setelah larutan KOH dipakai untuk kedua kalinya, penurunan gas CO₂ hanya sebesar 59,5%. Biogas yang dilewatkan dalam scrubber yang berisi larutan kapur dapat menurunkan kandungan CO₂ paling tinggi sebesar 70,8%. Pengamatan dilakukan pada konsentrasi air kapur 1% sampai 5% dengan interval 1%, dapat mengabsorpsi gas CO₂ masing-masing sebesar 52,8%, 62,6%, 70,8%, 65,7% dan 64,9%, untuk konsentrasi larutan kapur 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%. Konsentrasi larutan ini berpengaruh terhadap kecepatan/daya absorpsi. Konsentrasi air kapur yang paling baik untuk mengabsorpsi gas CO₂ yaitu pada konsentrasi 3% dan paling rendah pada konsentrasi 1%.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan karbon aktif dapat meningkatkan hasil produksi biogas total. Hasil tertinggi didapat pada digester dengan dosis karbon aktif 3,0 gram/liter

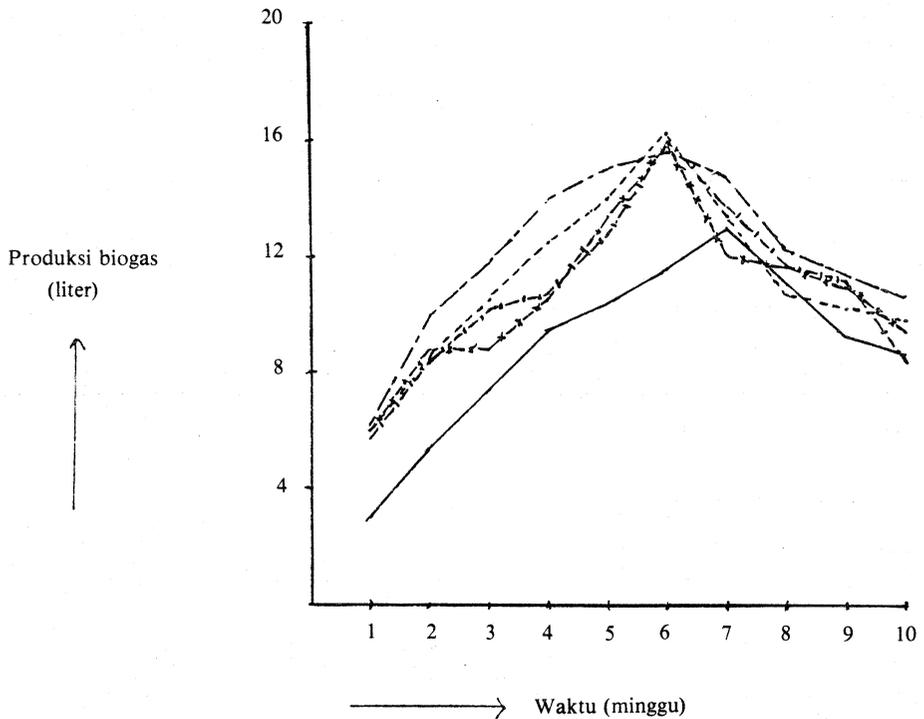
bahan isian, yaitu sebesar 135,15 liter.

2. Kandungan metan lebih tinggi pada digester dengan penambahan karbon aktif dan yang paling tinggi pada digester yang menggunakan sekam dan dengan dosis 3,0 gram/liter bahan isian, yaitu rata-rata sebesar 57,4% dan yang paling tinggi sebesar 69%.
3. Biogas yang dilewatkan dalam scrubber CO₂ kandungan gas CO₂ lebih kecil. Daya absorpsi CO₂ lebih tinggi pada scrubber dengan isian larutan KOH dibanding terhadap air kapur. Scrubber CO₂ yang berisi larutan KOH dapat menurunkan kadar gas CO₂ 90,1%, sedangkan dalam air kapur paling tinggi dapat menurunkan kadar gas CO₂ 70,8%.

Daftar Acuan

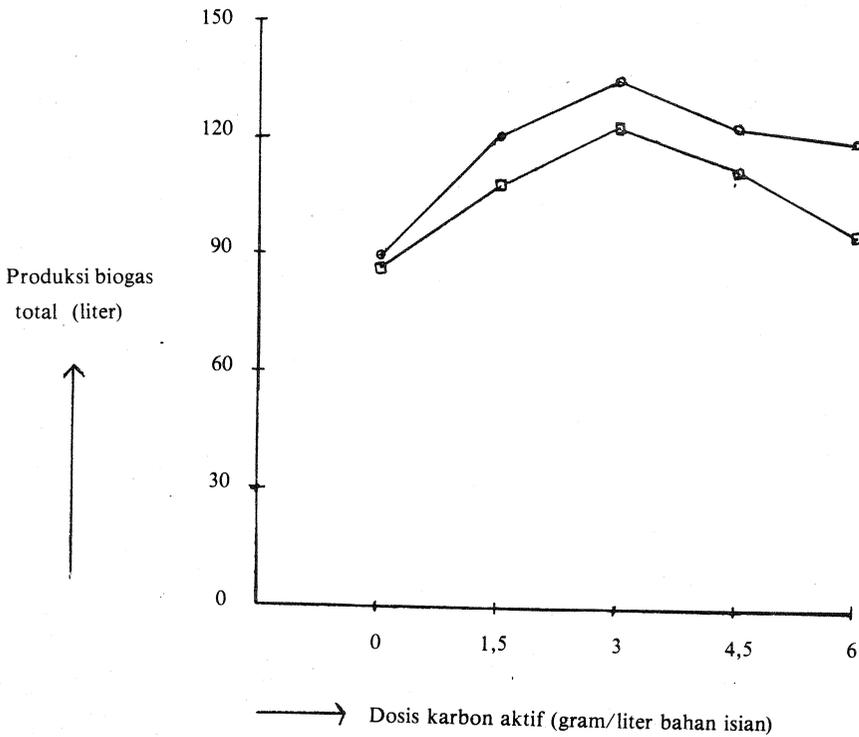
1. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. Updated Guidebook on Biogas Development Series, No. 27, 85 — 89.
2. Chynoweth, D.P., dkk. 1982. Kinetics and Advanced Digester Design for Anaerobic Digestion of Water Hyacinth and Primary Sludge. Biotechnology and Bioengineering Symposium, No. 4, John Wiley and Sons, Inc., 381 — 397.
3. Gunnerson, C.G. and Stuckey D.C., 1986. Anaerobic digestion Principles for Biogas

- Systems, UNDP Project Management Report Number 5, The World Bank, Washington, D.C., U.S.A., 8 — 10, 108 — 110.
4. House, D., 1981. Biogas Handbook, Peace Press, Ind. Culver City, California, 157 — 165.
 5. Maramba, F.D., 1978. Biogas and waste recycling. The Philippine experience, Maya Farms Division, Liberty Flour Mills, Inc. Metro Manila, Phillipines, 11 — 15, 145 — 147.
 6. Mc. Conville, T and Maier W.J., 1978. Use of Powdered Activated Carbon to Enhance Methane Production in Sludge Digestion, *in* Biotechnology and Bioengineering, No. 8, John Wiley and Sons, Inc., 345 — 358.
 7. National Academy of Sciences, 1977. Methane Generation from Human, Animal and Agriculture waste. Washington D.C., 97.
 8. Peter, Meynell, J., 1976. Methane Planning a Digester, Prism Press, Great Britain, 7—18.
 9. Spencer, R.R., 1978. Enhancement of Methane Production in the Anaerobic Digestion of Sewage Sludge, *in* Biotechnology and Bioengineering, No. 8, John Wiley and Sons, Inc., pg. 257 — 268.
 10. Sriharti, Affendi. M. dan Tarigan, I.I., 1986. Pengaruh konsentrasi total solid pada produksi gas bio dengan enceng gondok. *Teknologi Indonesia*, jilid IX, Nomor 2, hal. 29—45.



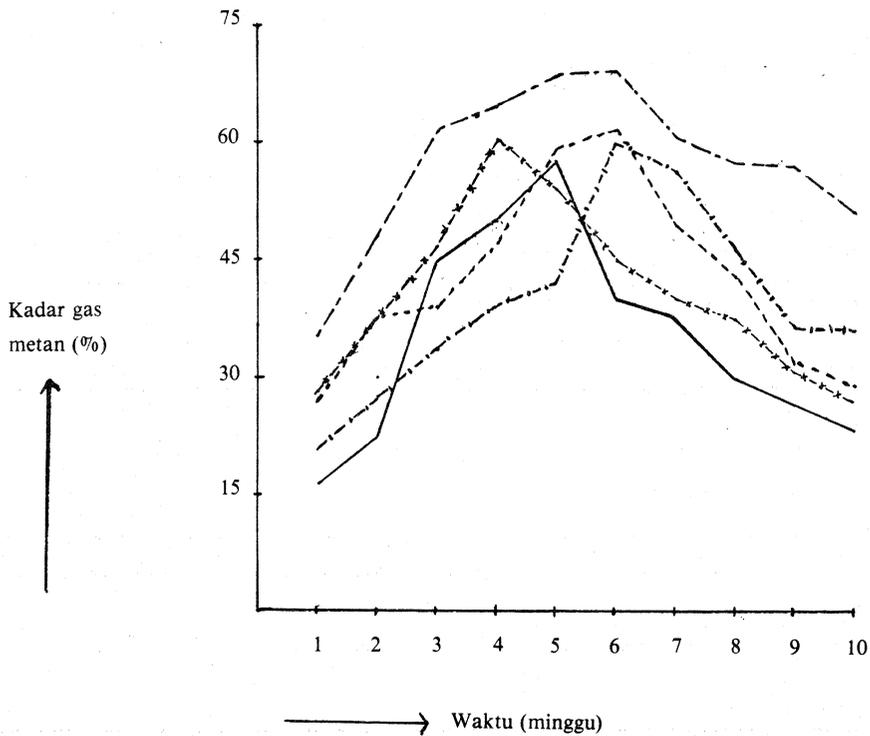
Gambar 2. Produksi biogas dari bermacam dosis karbon aktif pada digester tanpa menggunakan sekat

Keterangan : _____ = Kontrol
 -.-.-.-.- = Dengan penambahan karbon aktif 1,5 gram/liter bahan isian
 - - - - - = Dengan penambahan karbon aktif 3,0 gram/liter bahan isian
 = Dengan penambahan karbon aktif 4,5 gram/liter bahan isian
 -x-x-x-x-x-x = Dengan penambahan karbon aktif 6,0 gram/liter bahan isian



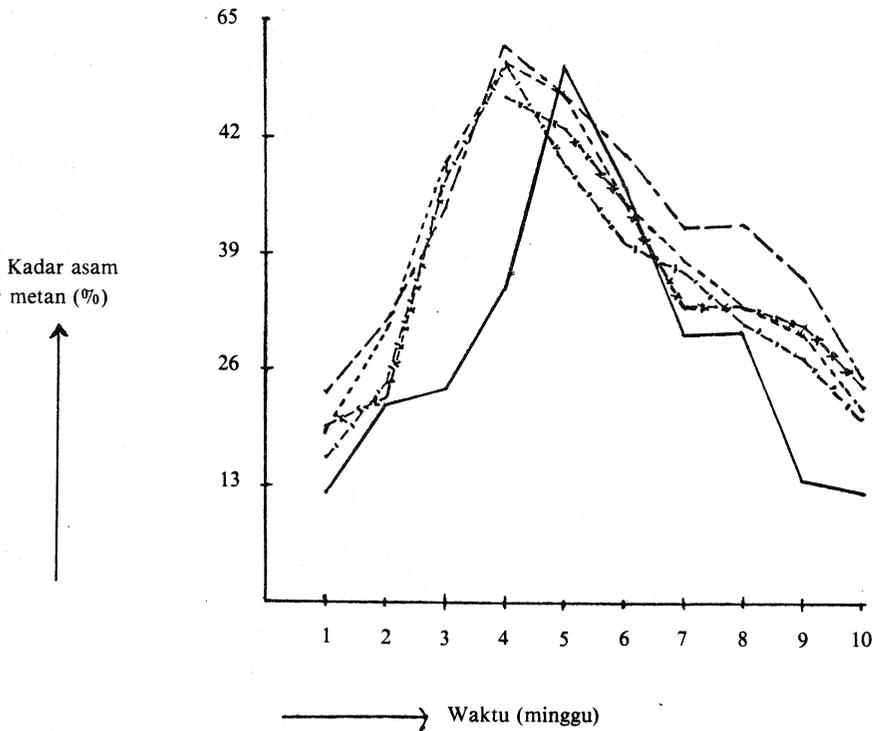
Gambar 4. Produksi biogas total pada digester dengan menggunakan sekat dan tanpa sekat

Keterangan : ○ — — — — ○ Dengan menggunakan sekat
 □ — — — — □ Tanpa menggunakan sekat



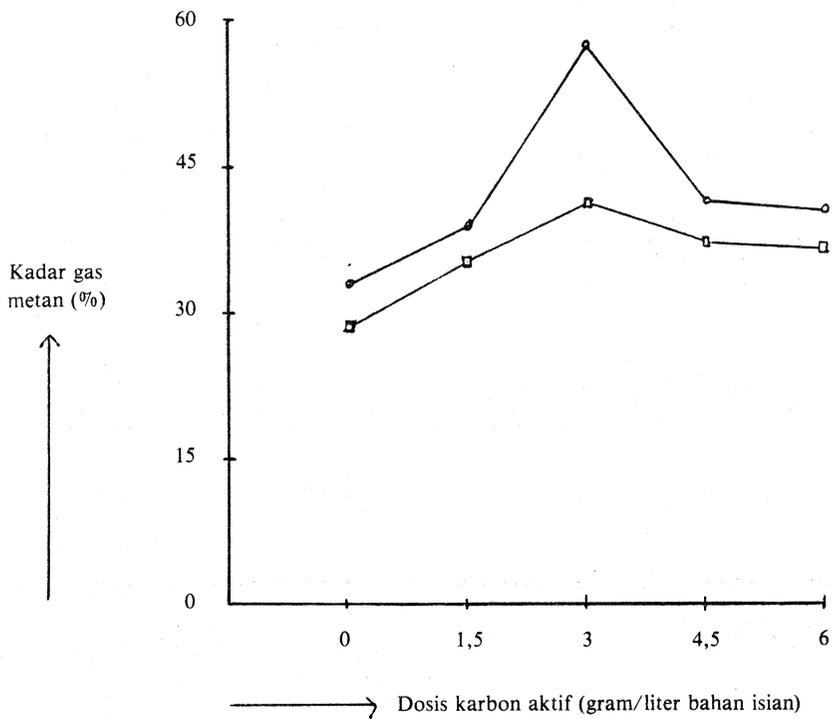
Gambar 5. Kadar gas metan dari bermacam dosis karbon aktif dari digester dengan menggunakan sekat

- Keterangan :
- _____ = Kontrol
 - = Dengan penambahan karbon aktif 1,5 gram/liter bahan isian
 - = Dengan penambahan karbon aktif 3,0 gram/liter bahan isian
 - = Dengan penambahan karbon aktif 4,5 gram/liter bahan isian
 - x-x-x-x-x-x-x = Dengan penambahan karbon aktif 6,0 gram/liter bahan isian



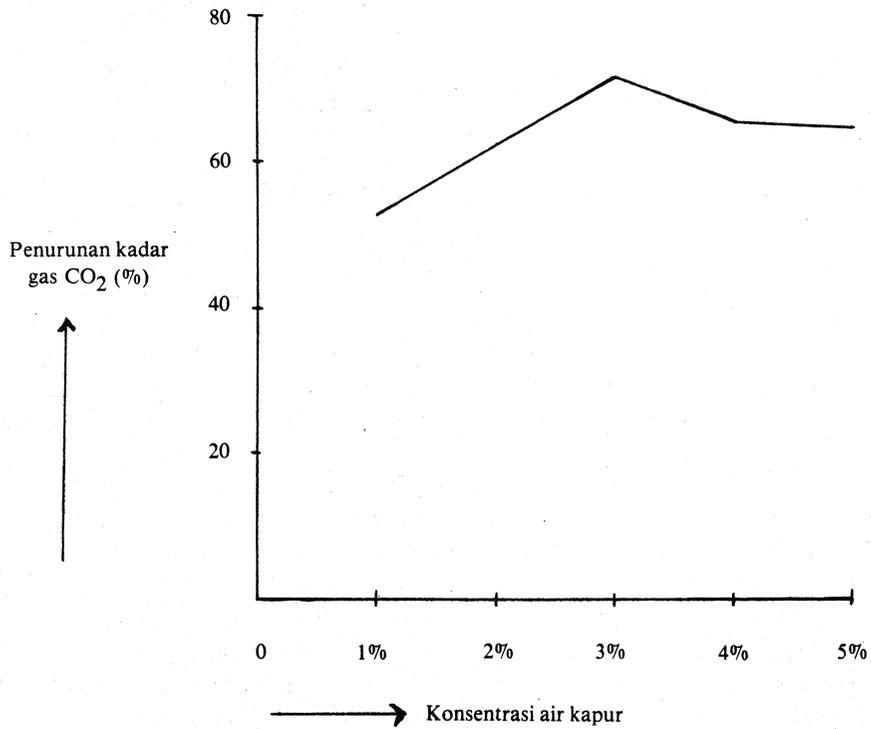
Gambar 5. Kadar gas metan dari bermacam karbon aktif dari digester tanpa menggunakan sekot

Keterangan : _____ = Kontrol
 = Dengan penambahan karbon aktif 1,5 gram/liter bahan isian
 - - - - - = Dengan penambahan karbon aktif 3,0 gram/liter bahan isian
 - . - . - . = Dengan penambahan karbon aktif 4,5 gram/liter bahan isian
 - x - x - x - x - x = Dengan penambahan karbon aktif 6,0 gram/liter bahan isian



Gambar 6. Kadar gas metan rata-rata pada digester dengan dan tanpa menggunakan sekat

Keterangan : o-----o Dengan menggunakan sekat
 □-----□ Tanpa menggunakan sekat



Gambar 7. Penurunan kadar gas CO₂ dari bermacam konsentrasi air kapur