

**STUDY KINETIKA PERURAIAN PARTIKEL PADA PEMANFAATAN  
LIMBAH AMPAS TAHU DAN KOTORAN SAPI SEBAGAI MATERIAL  
PEMBUATAN BIOGAS**

Lailan Ni'mah

*Prodi Teknik Kimia Fakultas Teknik Unlam Banjarmasin*

*Email : lailan.nimah@gmail.com*

**ABSTRACT**

The increasing energy demand and the depletion of fossil fuel reserves caused the waterwheel crisis, it is necessary for innovation to generate alternative energy sources. One of the alternative energy is biogas which can be produced from solid waste of tofu production (SWTP). Utilization of solid waste of tofu production (SWTP) to produce biogas can reduce energy consumption from fossil fuels while reducing the accumulation of garbage because so far most of the solid waste of tofu production (SWTP) directly discharged into the environment. Biogas is produced through a process that involves the breakdown of organic material activity of anaerobic microorganisms are bacteria methanogens in a anaerobic reactor (biodigester). Tofu production waste has high acidity so that it needs a buffer in biogas production. One of the buffer which can be utilized is cow manure.

The experiment as many as 800 ml of sample was entered to the reactor with the capacity of 1 L, then incubated in an anaerobic condition in the room at the temperature of 25-30°C within 30 days. There are 8 variation apply in this research, they are KS:KT=100:0,75:25, 50:50,25:75 and 0:100 at VS of 3% , and KS:AT 50:50 at VS of 2% ,4% and 5% . The measured parameter is the biogas volume, methane concentration, carbon dioxide concentration, the ratio of C vs N, total solid (TS) and volatile solid content (VS), volatile fatty acid (VFA),pH and temperature. The gas volume measurement was done every day using gasholder while methane concentration was measured by gas chromatography (GC).

The experiment result shows that the composition of cow manure and SWTP at VS of 3% KS:AT = 50:50 shows the highest methane concentration compared to the other compositions. The mathematic model as first order of reaction rate equation can approach the experiment result.

**Keywords:**solid waste of tofu production, cow manure, biogas, and biogas's production model.

**1. PENDAHULUAN**

Sumber energi alternatif sudah waktunya untuk segera dikembangkan di Indonesia. Hal ini sejalan dengan meningkatnya konsumsi bahan bakar konvensional (minyak bumi) seiring dengan bertambahnya populasi penduduk dunia. Bahan bakar yang berasal dari minyak bumi tersebut adalah sumber energi fosil yang tidak dapat diperbarui, demikian pula harganya cenderung mahal karena tidak ada keseimbangan permintaan (*demand*) dan penawaran (*supply*). Terbatasnya sumber energi fosil menyebabkan perlunya pengembangan energi terbarukan dan konservasi energi. Salah satu sumber energi alternatif tersebut adalah biogas.

Biogas memiliki kandungan energi tinggi yang tidak kalah dari kandungan energi dari bahan fosil. Nilai kalori dari 1 m<sup>3</sup> biogas setar dengan 0,6-0,8 liter minyak tanah. Untuk menghasilkan listrik 1 kwh dibutuhkan 0,62-1 m<sup>3</sup> biogas yang setara dengan 0,52 liter minyak solar. Oleh karena itu, biogas sangat cocok menggantikan minyak tanah, LPG, dan bahan bakar fosil lainnya (Wahyuni, 2010). Dalam proses pembuatan biogas bahan organik dikenal sebagai *volatile solid* yang berguna sebagai substrat (sumber makanan) bagi bakteri. Limbah ampas tahu mengandung bahan organik yang tinggi, namun limbah ampas tahu bersifat asam karenanya diperlukan suatu bahan yang bisa menjadi *buffer* dalam proses pembuatan biogas, yakni kotoran sapi.

Pembuatan biogas dari ampas tahu dan kotoran sapi merupakan suatu proses yang relatif murah dan memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi. Biogas yang dihasilkan dapat digunakan sebagai energi *renewable* dan *sludge* dari sisa peruraian biogas tersebut dapat dimanfaatkan sebagai pupuk. Pemanfaatan ampas tahu dan kotoran sapi menjadi biogas sekaligus mengatasi masalah pencemaran yang diakibatkan oleh ampas tahu dan kotoran sapi tersebut.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

Ampas tahu merupakan hasil sampingan dalam pembuatan tahu yang meliputi perendaman kedelai, penggilingan, pendidihan bubur kedelai dan pengepresan. Menurut Deublein and Steinhäuser (2008), semua biomassa mengandung karbohidrat (selulosa, hemiselulosa, lignin), protein, lemak, mineral, dan trace elemen sebagai komponen utamanya dapat digunakan sebagai substrat mikroorganisme menghasilkan biogas, karenanya limbah ampas tahu sangat memungkinkan untuk dijadikan sebagai energi terbarukan yakni biogas. Adapun kandungan yang terdapat di dalam ampas tahu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik ampas tahu

Karakteristik ampas tahu	Hasil analisis
Kadar air (%)	89,405
Kadar abu (%)	0,32
Lemak (%)	0,93
Protein (%)	2,01
C/N ratio	12
Total Solid (%)	12,39
Volatile Solid (%)	95,39
pH	6,32

Kotoran sapi adalah bahan dasar berpotensi yang lengkap, dan terdiri dari molekul berstruktur sederhana sehingga mudah dirombak oleh bakteri serta mudah diproses menjadi slurry/luluhan yang homogen. Adapun karakteristik kotoran sapi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik kotoran sapi

Karakteristik kotoran sapi	Hasil analisis
Total Solid (%)	20,11
Volatile Solid (%)	71,36
C/N	22
pH	6,87

Biogas terutama tersusun dari sebagian besar metan ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), serta beberapa gas dalam jumlah yang sedikit. Adapun komposisi jenis gas dan jumlahnya pada suatu unit gas bio seperti ditunjukkan pada Tabel 3 (Deublein and Steinhauser, 2008).

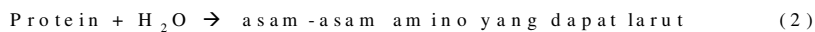
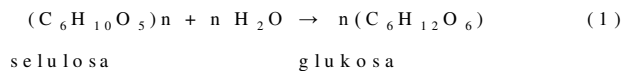
Tabel 3. Komposisi Jenis Gas dan Jumlahnya Pada Suatu Unit Gas Bio

Komponen	Konsentrasi
Metana ( $\text{CH}_4$ )	55-77% volum
Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ )	22-50% volum
Air ( $\text{H}_2\text{O}$ )	1-5% volum
Hidrogen Sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ )	0-0,5% volum
Nitrogen ( $\text{N}_2$ )	0-5% volum
Amoniak ( $\text{NH}_3$ )	0-0,5% volum

Proses-proses yang terjadi di dalam peruraian anaerobik:

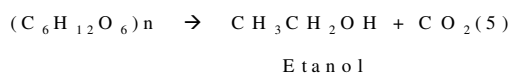
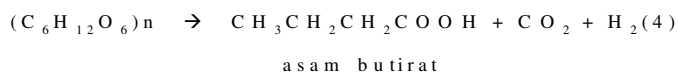
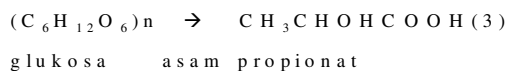
Hidrolisis adalah proses pemecahan molekul kompleks berukuran besar menjadi molekul yang sederhana. Fermentasi adalah proses penguraian senyawa-senyawa organik kompleks menjadi senyawa sederhana dalam kondisi anaerob. Pada tahap ini, bahan-bahan organik seperti karbohidrat, lipid dan protein didegradasi menjadi senyawa dengan rantai pendek (Ritmann dan McCarty, 2001).

Reaksi hidrolisis (Verma, 2002) :



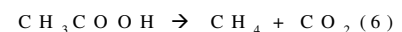
Pada fase *acetogenesis*, komponen-komponen organik yang dapat larut diuraikan oleh bakteri anaerob untuk memproduksi asam-asam organik yang mudah menguap seperti asam asetat, asam butirat, asam format, asam propionat, dan asam-asam lemak rantai pendek. Terjadi pada suhu  $30^\circ\text{C}$  dan pada pH 4-6 (Shuler and Kargi, 2002).

Reaksi asidogenesis (Verma, 2002):



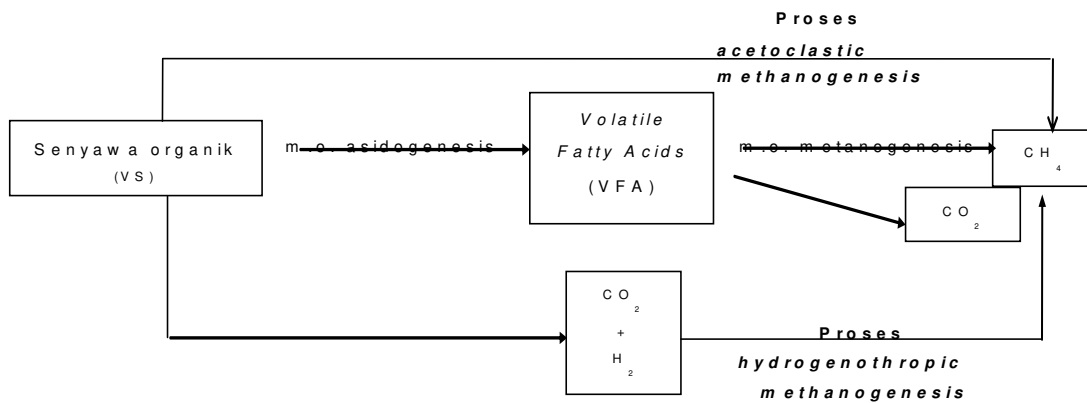
Fase selanjutnya adalah fase *methanogenesis*, yakni asam asetat diuraikan oleh bakteri metanogen menjadi  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Pembentukan metana sebagian besar berasal dari asam asetat (70%), sisanya dari asam format, methanol,  $\text{CO}_2$ , dan  $\text{H}_2$  (Gaudy and Gaudy, 1981).

Reaksi metanogenesis (Verma, 2002):



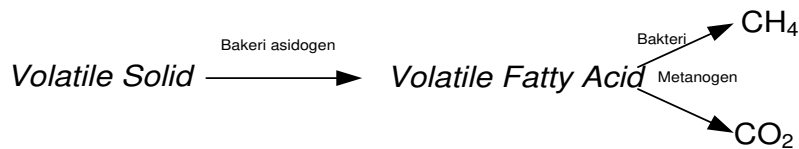
Selain kondisi digester, Karakteristik substrat, dan pertumbuhan organisme yang mempengaruhi produksi biogas, pengaruh starter juga penting yakni untuk mempercepat reaksi diperlukan *starter* yang mengandung bakteri metana. Bakteri metana meliputi: *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanosarcina*, dan *Methanococcus* (Junus, 1987).

Untuk mempercepat reaksi diperlukan *starter* yang mengandung bakteri metana. Bakteri metana meliputi: *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanosarcina*, dan *Methanococcus* (Junus, 1987). Dalam Proses pembuatan biogas, selain produksi metan juga terdapat gas lain seperti karbondioksida, nitrogen, hidrogen sulfida, dan senyawa lain dalam jumlah sedikit (Deublein and Steinhauser, 2008). Menurut Gaudy and Gaudy (1981) Bakteri metanogenik sebagian besar hanya memanfaatkan asam asetat (70% metana dihasilkan dari asam asetat). Sedangkan proses metanogenesis yang terjadi dengan substrat H<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> diabaikan karena konsentrasi hidrogen dalam sistem relatif rendah. Menurut Gerardi (2003) Kecepatan pembentukan metana, dipengaruhi oleh proses *acetoclastic methanogenesis* dan *hydrogenothropic methanogenesis*. Jalur proses pembentukan gas metan ditunjukkan pada Gambar 1.



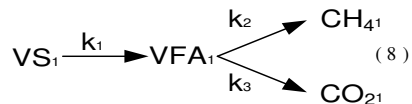
Gambar 1. Jalur proses pembentukan gas metan

Pendekatan kinetika dapat juga dengan hanya meninjau kinetika pembentukan gas metan. Berdasarkan Gambar 1, hal ini dapat diilustrasikan tahapan proses yang terjadi pada pembuatan biogas dari campuran ampas tahu dan kotoran sapi sebagai berikut :



Gambar 2. Tahapan proses yang terjadi pada pembuatan biogas dari campuran ampas tahu dan kotoran sapi

Persamaan kinetika ampas tahu, kotoran sapi dan campuran ampas tahu dan kotoran sapi mengikuti persamaan kinetika seperti persamaan di bawah ini



$$\text{Dimana } -\frac{dC_{VS_1}}{dt} = k_1 C_{VS_1} \quad (8a)$$

$$\frac{dC_{CH_{41}}}{dt} = k_2 C_{VFA_1} \quad (8b)$$

$$\frac{dC_{CO_2}}{dt} = k_3 C_{VFA_1} \quad (8c)$$

$$\frac{dC_{VFA_1}}{dt} = k_1 C_{VS_1} - k_2 C_{VFA_1} - k_3 C_{VFA_1} \quad (8d)$$

Data yang diperlukan adalah nilai konsentrasi *Volatile Solid* ( $C_{VS}$ ) sebagai konsentrasi substrat (mg/Liter) setiap satuan waktu (hari) serta nilai asam asetat (mg/Liter). Selanjutnya nilai  $k_1$ ,  $k_2$  dan  $k_3$  dicari dengan berbagai komposisi campuran substrat dan air dengan perbandingan substrat antara ampas tahu dan kotoran sapi yang telah ditentukan.

Dengan menggunakan persamaan (8a), (8b), (8c), (8d) dan data VS, VFA,  $CH_4$ ,  $CO_2$ , maka dapat dicari konstanta  $k_1$ ,  $k_2$  dan  $k_3$ .

### 3. METODOLOGI

Limbah Ampas tahu diperoleh dari industri tahu di Dusun Jetis, Tirtomartani, Kalasan, Sleman. Kotoran sapi dan Inokulum (Effluen dari digester aktif) diperoleh dari peternakan di Kebun Pendidikan dan Pengembangan Pertanian (KP4) Universitas Gadjah Mada, di Berbah, Sleman, Yogyakarta. Air yang digunakan pada penelitian ini air dari laboratorium Konversi Energi dan Pencegahan Pencemaran, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Untuk mengetahui karakteristik bahan yang akan digunakan selama proses produksi biogas, maka dilakukan analisis bahan dasar substrat berupa pH, suhu *total solid*, dan *volatile solid*.

Dalam penelitian ini dibuat dengan menggunakan variasi komposisi pada 3% VS dengan perbandingan antara limbah ampas tahu dengan kotoran sapi, yakni 100 : 0 sebagai kontrol limbah ampas tahu; 0:100 sebagai kontrol kotoran sapi; 50 : 50; 75:25; 25:75. kemudian variasi 2% , 3% , 4% , dan 5% VS dengan komposisi 50:50 untuk limbah ampas tahu dan kotoran sapi dengan total volume 800 mL.

Hal pertama yang dilakukan adalah merangkai peralatan biodigester, dan memeriksa sambungan dari kebocoran. Hal kedua yaitu mempersiapkan bahan baku, mencampur dan memasukkan ke dalam *Erlenmeyer*, kemudian menambahkan air sehingga volume totalnya 800 mL kemudian dilakukan tes kebocoran untuk kedua kalinya. pH awal campuran diukur dengan pH meter dan pH universal, lalu erlenmeyer ditutup rapat-rapat, digester dirangkai seperti pada Gambar 3.1. Fermentasi dilakukan pada suhu ruangan. Selama proses fermentasi dilakukan analisis kandungan metana, karbondioksida, *total solid*, dan *volatile fatty acid* pada hari ke-4, 8, 14, 21 dan 28. Nilai pH dan volume biogas yang dihasilkan dicatat setiap hari, kemudian proses fermentasi dihentikan pada hari ke-28.

Analisis kadar gas metana dan gas karbondioksida dilakukan pada hari ke-4,8,14,21, dan 28. Menggunakan *Gas Chromatography* (GC) Shimadzu GC 8A. Volume biogas yang terbentuk di dalam biodigester diukur setiap hari dengan melihat tekanan pada manometer, dimana gas yang terbentuk akan menekan cairan dalam manometer, sehingga terjadi beda ketinggian cairan pada manometer. Sedangkan, analisis *volatile fatty acid* dilakukan dengan proses sentrifugasi dan kemudian cairan dianalisis dengan menggunakan alat *Gas Chromatography* (GC).

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan biogas dari campuran limbah ampas tahu dan kotoran sapi dengan menggunakan digester pada komposisi yang berbeda akan menghasilkan kadar metan serta parameter-parameter lain yang berbeda seperti terlihat pada Tabel 4.

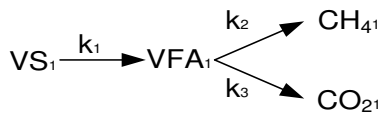
Tabel 4. Hasil pengamatan biogas dari campuran limbah ampas tahu dan kotoran sapi

No.	Hari Ke	Digester	pH	Suhu (°C)	TS (%)	VS (%)	VFA			CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Volume gas (liter)
							As.Aset (mM)	As.Prop (mM)	As.But (mM)			
1.	4	D 1	7,01	31	5,24	73,79	15,15	6,48	0,99	51,55	28,37	0,33
		D 2	5,63	31	4,75	87,89	25,57	10,48	1,84	0,40	54,61	0,31
		D 3	6,96	31	5,45	78,52	39,09	14,49	3,05	41,45	27,79	0,32
		D 4	5,40	31	5,46	79,19	42,33	19,92	5,35	10,32	58,18	0,37
		D 5	5,22	31	5,94	81,42	19,42	17,94	7,03	8,44	52,42	0,34
		D 6	5,57	31	3,05	78,21	29,78	13,52	3,25	30,03	42,33	0,32
		D 7	5,32	31	5,65	78,29	46,88	18,37	4,28	15,89	61,10	0,41
		D 8	5,32	31	6,04	81,05	49,29	22,79	4,81	10,26	56,19	0,40
2.	8	D 1	7,82	31	3,04	92,51	3,34	6,05	0,07	58,85	36,67	0,64
		D 2	4,15	31	3,93	80,40	3,09	12,12	1,17	3,18	84,72	0,45
		D 3	7,32	31	3,72	74,43	42,46	19,95	5,14	56,12	37,82	0,60
		D 4	5,49	31	3,61	93,36	34,32	17,64	5,06	32,19	61,82	0,48
		D 5	4,45	31	4,68	83,33	39,19	31,11	6,35	19,21	56,36	0,43
		D 6	7,21	31	2,61	71,46	34,10	16,38	4,02	50,85	43,58	0,56
		D 7	5,22	31	5,38	71,39	50,01	19,43	4,69	26,60	61,76	0,47
		D 8	5,22	31	5,86	64,90	49,89	23,12	5,95	24,22	58,60	0,49
3.	14	D 1	7,55	31	2,89	79,48	4,55	1,75	0,35	58,60	33,34	1,15
		D 2	4,28	31	4,14	85,45	3,67	7,42	0,04	15,11	55,83	0,49
		D 3	7,78	31	2,09	75,00	23,71	15,69	11,31	60,01	30,07	1,12
		D 4	7,32	31	3,67	86,23	41,56	19,99	8,06	62,37	29,63	0,97
		D 5	4,75	31	3,98	85,76	44,86	30,48	10,49	15,59	39,72	0,46
		D 6	6,86	31	1,73	81,52	4,76	11,65	1,22	61,58	30,19	1,05
		D 7	5,04	31	3,35	73,37	40,38	17,07	8,20	35,37	53,15	0,55
		D 8	4,75	31	5,58	79,29	27,81	18,11	5,86	22,59	47,39	0,54
4.	21	D 1	7,05	31	1,65	46,10	1,63	0,19	-	52,19	38,48	1,59
		D 2	4,65	31	2,73	81,75	1,77	0,21	-	17,35	42,27	0,54
		D 3	7,34	31	1,61	68,13	2,32	22,94	-	59,89	30,39	1,66
		D 4	7,15	31	1,76	72,23	44,79	26,01	7,73	63,02	28,82	1,44
		D 5	4,95	31	3,09	83,11	45,97	31,98	11,19	11,83	28,17	0,49
		D 6	7,05	31	0,80	53,04	6,07	2,39	1,20	68,98	24,09	1,66
		D 7	7,20	31	2,19	74,92	6,07	21,88	6,85	62,89	28,17	1,13
		D 8	5,25	31	4,85	76,49	58,50	27,55	11,56	21,89	35,58	0,59

Tabel 4. Lanjutan Hasil pengamatan biogas dari campuran limbah ampas tahu dan kotoran sapi

No.	Hari Ke	Digester	pH	Suhu (°C)	TS (%)	VS (%)	VFA			CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Volume gas (liter)
5.	28	D 1	7,05	31	1,58	45,34	1,99	0,14	-	53,07	37,94	1,89
		D 2	4,27	31	2,69	72,08	1,60	0,35	-	21,73	40,26	0,59
		D 3	7,21	31	1,60	45,83	2,54	16,03	0,01	50,92	33,54	1,93
		D 4	7,43	31	1,51	47,14	93,75	37,20	16,51	63,91	28,54	1,86
		D 5	4,52	31	3,06	77,34	82,31	37,83	16,12	9,04	22,80	0,53
		D 6	7,43	31	0,77	40,22	0,79	0,75	0,75	61,59	28,70	1,84
		D 7	7,40	31	2,12	49,56	16,39	2,85	2,98	62,95	29,75	1,46
		D 8	4,99	31	4,68	67,88	98,01	37,86	29,39	25,94	30,74	0,64

Dari fitting model dengan data, maka diperoleh nilai-nilai adjustable parameter yang memberikan kesesuaian fitting paling bagus. Persamaan kecepatan proses dan konstanta-konstanta yang diperoleh dari pengolahan data adalah sebagai berikut:



Dimana 
$$-\frac{dC_{VS_2}}{dt} = k_1 C_{VS_2} \tag{9a}$$

$$\frac{dC_{CH_{41}}}{dt} = k_2 C_{VFA_1} \tag{9b}$$

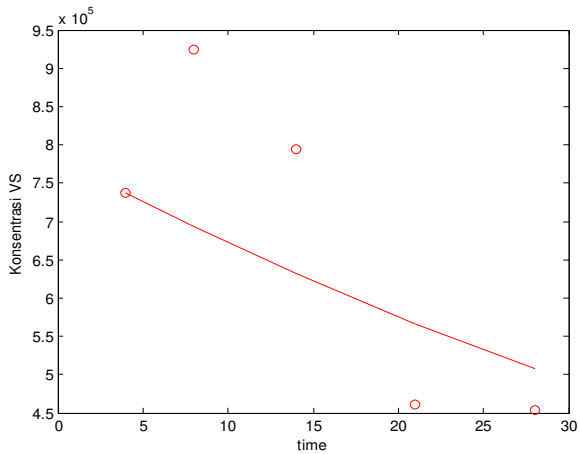
$$\frac{dC_{CO_{21}}}{dt} = k_3 C_{VFA_1} \tag{9c}$$

$$\frac{dC_{VFA_1}}{dt} = k_1 C_{VS_1} - k_2 C_{VFA_1} - k_3 C_{VFA_1} \tag{9d}$$

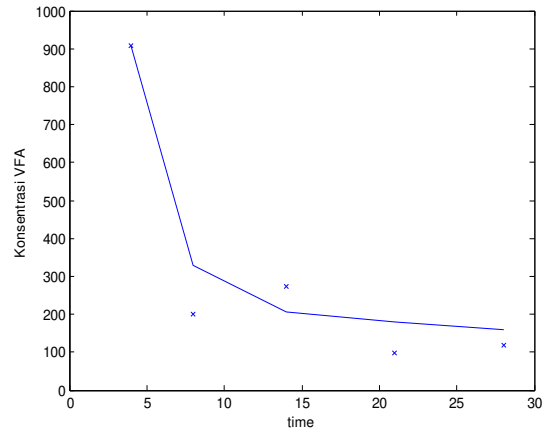
Dari perhitungan Matlab, didapat nilai dari parameter-parameter di bawah ini.

Tabel 5. Konstanta-Konstanta Kecepatan Proses Pada Penelitian

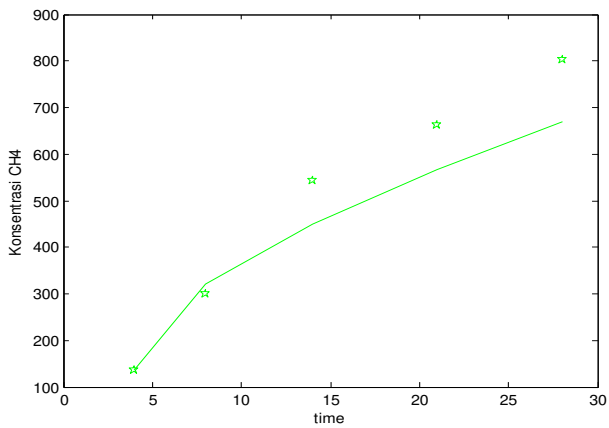
Digester	Konstanta Pembentukan VFA dari VS (k1)	Konstanta Pembentukan CH <sub>4</sub> dari VFA (k2)	Konstanta Pembentukan CO <sub>2</sub> dari VFA (k3)
D 1	1,38 x 10 <sup>-4</sup>	1,54 x 10 <sup>-2</sup>	8,67 x 10 <sup>-2</sup>
D 2	4,72 x 10 <sup>-5</sup>	1,00 x 10 <sup>-12</sup>	4,92 x 10 <sup>-3</sup>
D 3	2,93 x 10 <sup>-5</sup>	1,47 x 10 <sup>-2</sup>	3,97 x 10 <sup>-2</sup>
D 4	2,34 x 10 <sup>-13</sup>	1,00 x 10 <sup>-2</sup>	3,01 x 10 <sup>-2</sup>
D 5	1,96 x 10 <sup>-4</sup>	2,90 x 10 <sup>-5</sup>	3,71 x 10 <sup>-4</sup>
D 6	4,88 x 10 <sup>-14</sup>	2,04 x 10 <sup>-2</sup>	5,12 x 10 <sup>-2</sup>
D 7	5,86 x 10 <sup>-10</sup>	1,18 x 10 <sup>-2</sup>	1,84 x 10 <sup>-2</sup>
D 8	8,98 x 10 <sup>-5</sup>	6,31 x 10 <sup>-3</sup>	1,15 x 10 <sup>-3</sup>



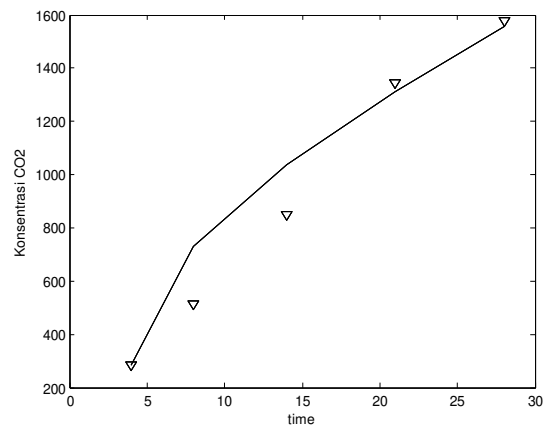
Gambar 3. Hubungan konsentrasi VS terhadap waktu pada digester yang hanya berisi kotoran sapi



Gambar 4. Hubungan konsentrasi VFA terhadap waktu pada digester yang hanya berisi kotoran sapi



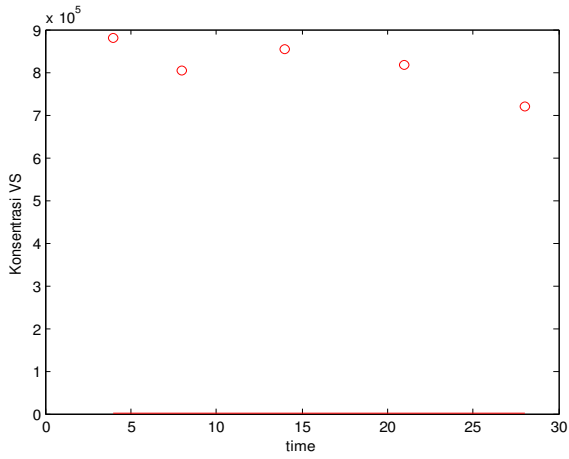
Gambar 5. Hubungan konsentrasi CH<sub>4</sub> terhadap waktu pada digester yang hanya berisi kotoran sapi



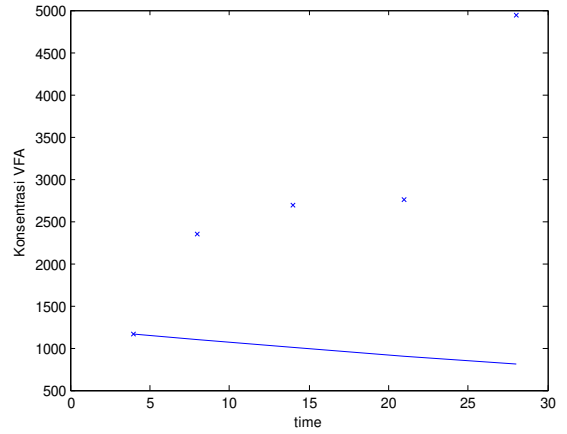
Gambar 6. Hubungan konsentrasi CO<sub>2</sub> terhadap waktu pada digester yang hanya berisi kotoran sapi

Berdasarkan Gambar 3-6 terlihat bahwa fitting model sangat bagus untuk kotoran sapi terutama pada Gambar 3, *Volatile Solid* semakin berkurang. Hal ini menandakan bahwa dengan banyaknya VS yang dapat terdegradasi, maka proses peruraian anaerobik dapat berlangsung lebih panjang dengan hasil yang lebih banyak sebagaimana terlihat pada Gambar 4-6 dimana terlihat kadar VFA semakin berkurang dan kadar metana semakin meningkat.

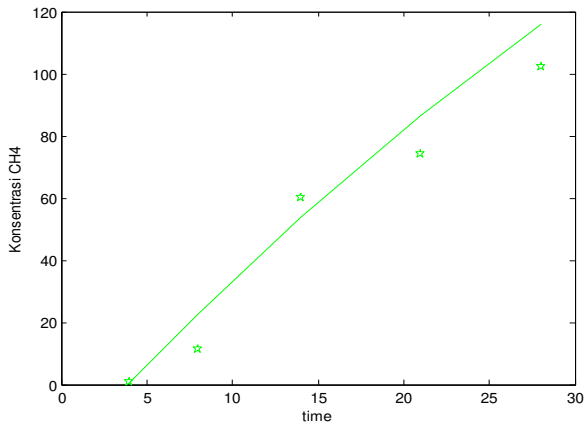




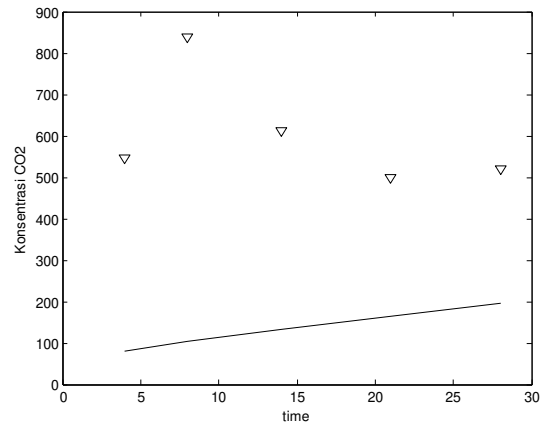
Gambar 7. Hubungan konsentrasi VS terhadap waktu pada digester yang hanya berisi ampas tahu



Gambar 8. Hubungan konsentrasi VFA terhadap waktu pada digester yang hanya berisi ampas tahu

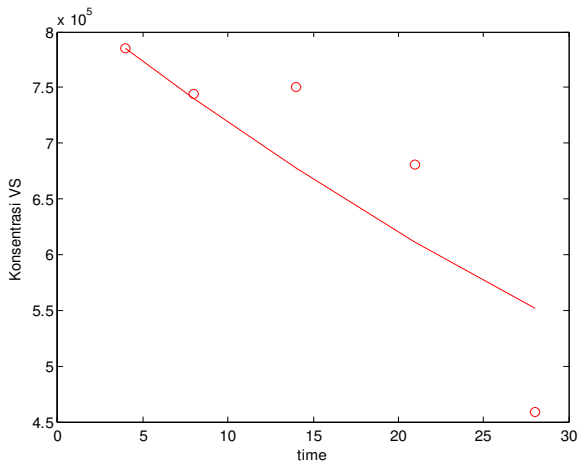


Gambar 9. Hubungan konsentrasi CH<sub>4</sub> terhadap waktu pada digester yang hanya berisi ampas tahu

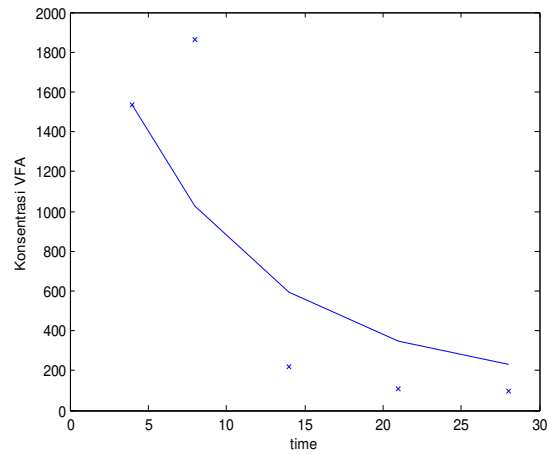


Gambar 10. Hubungan konsentrasi CO<sub>2</sub> terhadap waktu pada digester yang hanya berisi ampas tahu

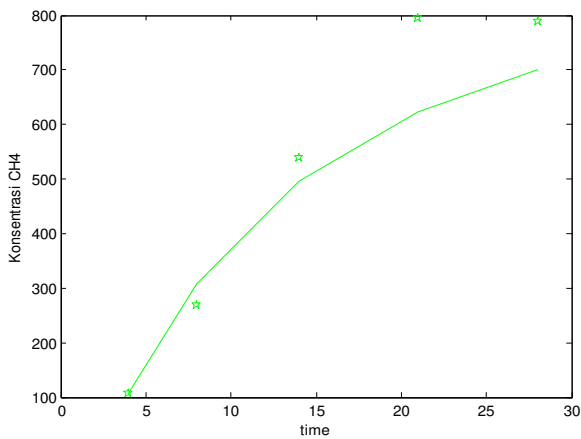
Data pada 7-10 terlihat berbeda dengan Gambar 3-6 hal ini disebabkan bahwa pemodelan ini tidak bisa diterapkan pada komposisi 100% ampas tahu. Hal ini disebabkan kecenderungan dari ampas tahu yang bersifat asam sehingga bakteri menjadi susah untuk mendegradasi substrat.



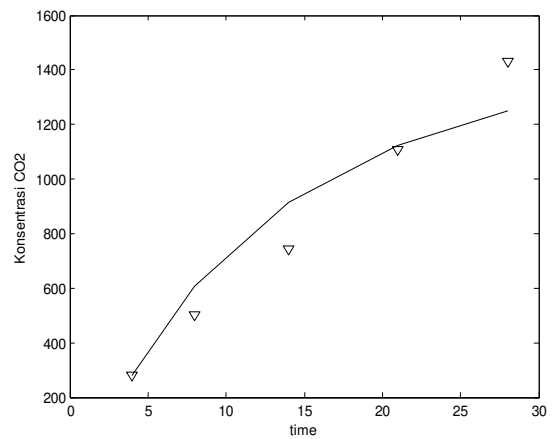
Gambar 11. Hubungan konsentrasi VS terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 75:25 pada TS 3%



Gambar 12. Hubungan konsentrasi VFA terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 75:25 pada TS 3%

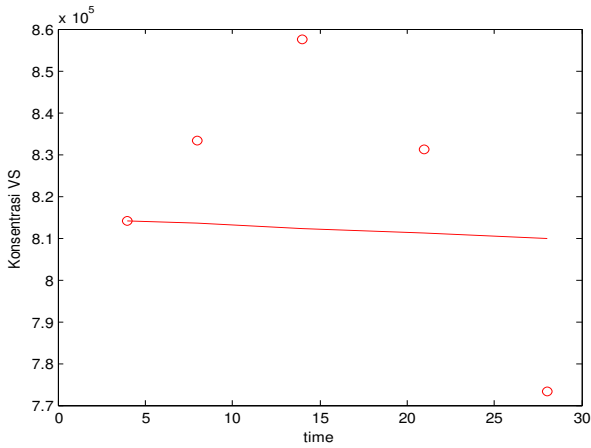


Gambar 13. Hubungan konsentrasi CH<sub>4</sub> terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 75:25 pada TS 3%

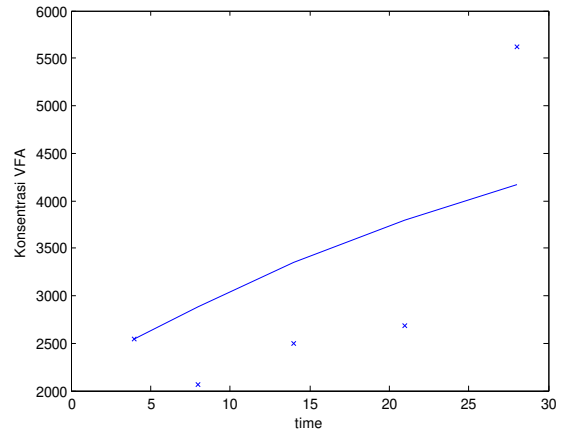


Gambar 14. Hubungan konsentrasi CO<sub>2</sub> terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 75:25 pada TS 3%

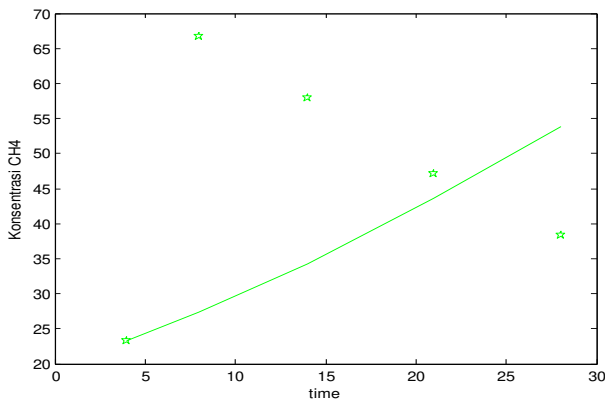
Berdasarkan Gambar 11-14 terlihat bahwa fitting model sangat bagus karena masih mengandung kotoran sapi yang lebih banyak sehingga mikroorganismenya mempunyai kesempatan tumbuh dan berkembang akibat aktivitasnya dalam memproses kotoran sapi secara anaerobik.



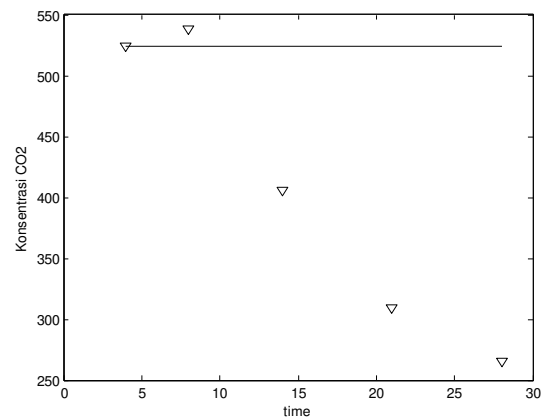
Gambar 15. Hubungan konsentrasi VS terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 25:75 pada TS 3%



Gambar 16. Hubungan konsentrasi VFA terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 25:75 pada TS 3%

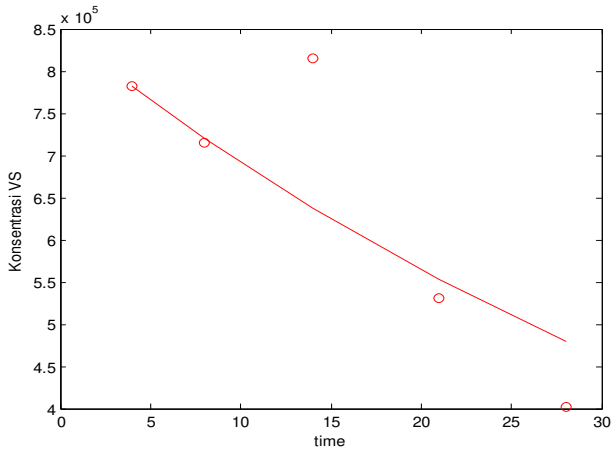


Gambar 17. Hubungan konsentrasi CH<sub>4</sub> terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 25:75 pada TS 3%

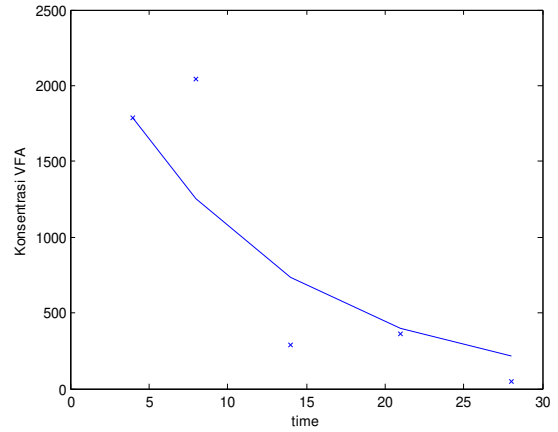


Gambar 18. Hubungan konsentrasi CO<sub>2</sub> terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 25:75 pada TS 3%

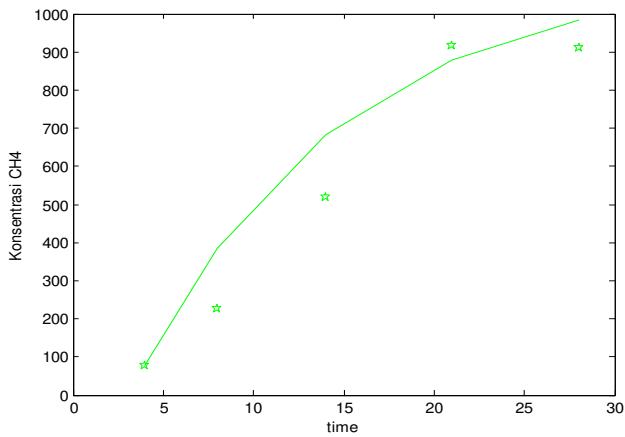
Berdasarkan Gambar 15-18 terlihat bahwa fitting model kurang bagus karena masih mengandung ampas tahu yang lebih banyak. Ampas tahu sendiri memiliki kecenderungan bersifat asam sehingga yang terjadi proses *acidogenesis* yang sempurna (VFA meningkat). Mengingat VFA adalah substrat bagi metanogen yang mempengaruhi kecepatan pembentukan metana namun juga pada konsentrasi tertentu menjadi toksik bagi metanogen. Sehingga  $k_2$  menjadi kecil dan konsentrasi CH<sub>4</sub> juga mengalami penurunan.



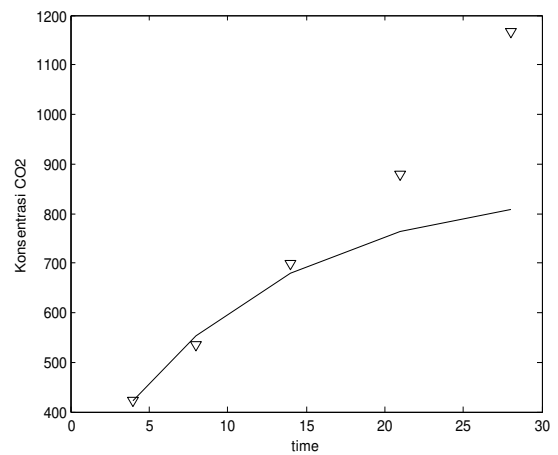
Gambar 19. Hubungan konsentrasi VS terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 50:50 pada TS 2%



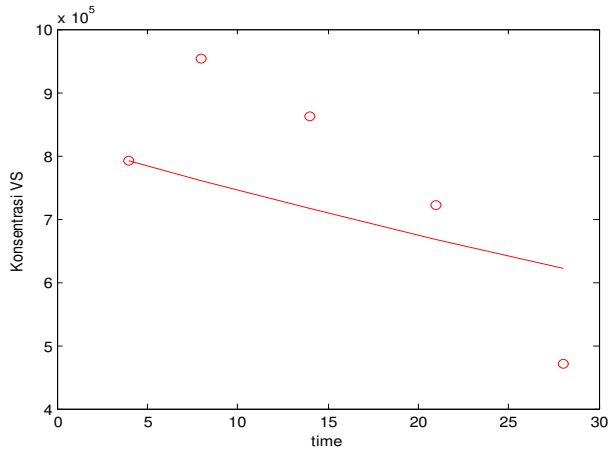
Gambar 20. Hubungan konsentrasi VFA terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 50:50 pada TS 2%



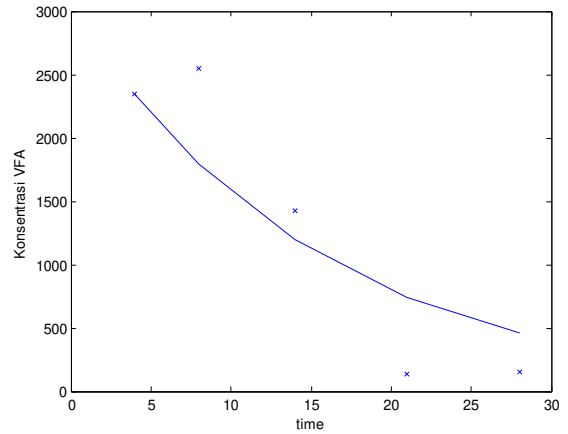
Gambar 21. Hubungan konsentrasi CH<sub>4</sub> terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 50:50 pada TS 2%



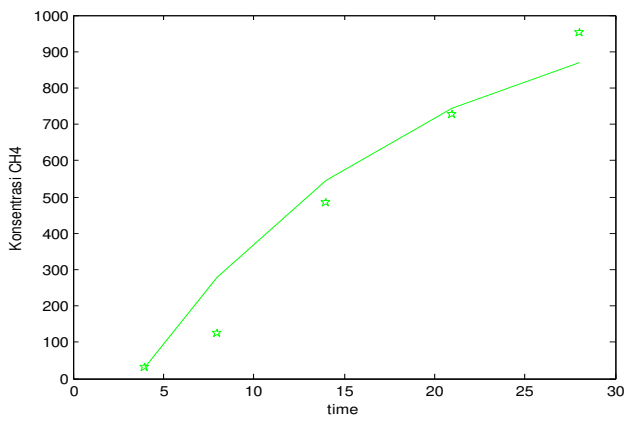
Gambar 22. Hubungan konsentrasi CO<sub>2</sub> terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 50:50 pada TS 2%



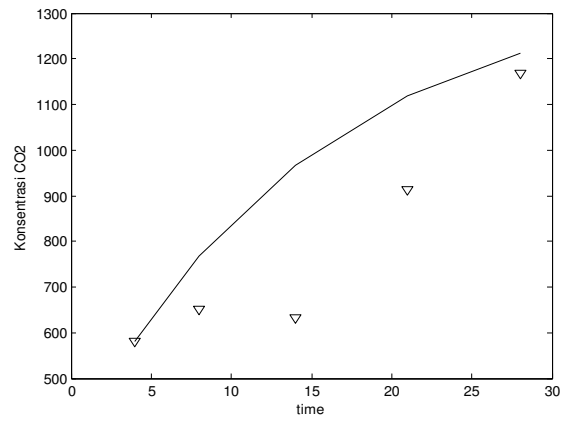
Gambar 23. Hubungan konsentrasi VS terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 50:50 pada TS 3 %



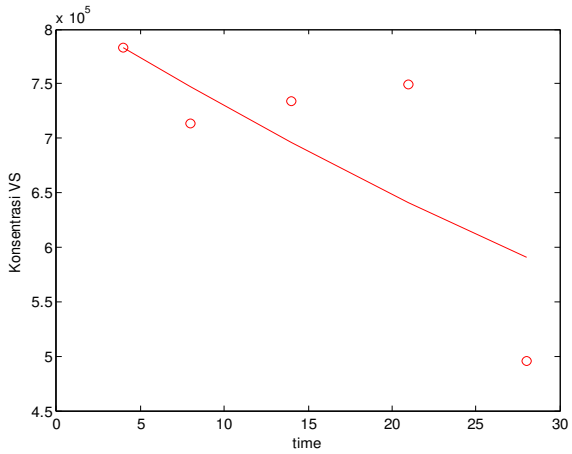
Gambar 24. Hubungan konsentrasi VFA terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 50:50 pada TS 3 %



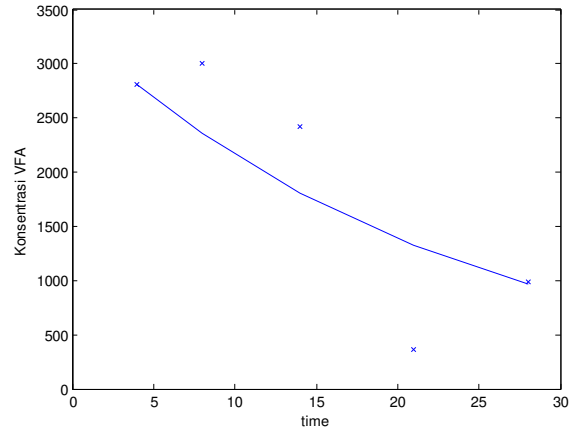
Gambar 25. Hubungan konsentrasi CH<sub>4</sub> terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 50:50 pada TS 3 %



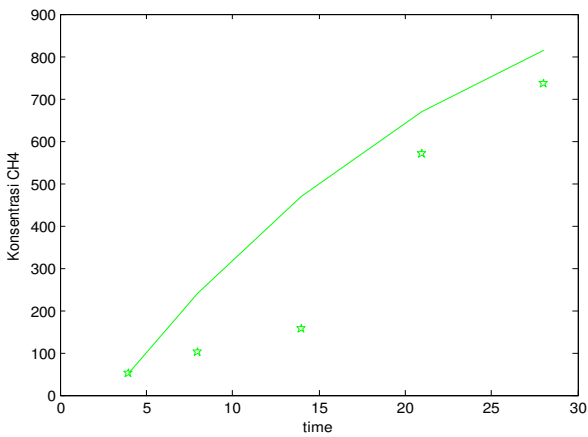
Gambar 26. Hubungan konsentrasi CO<sub>2</sub> terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 50:50 pada TS 3 %



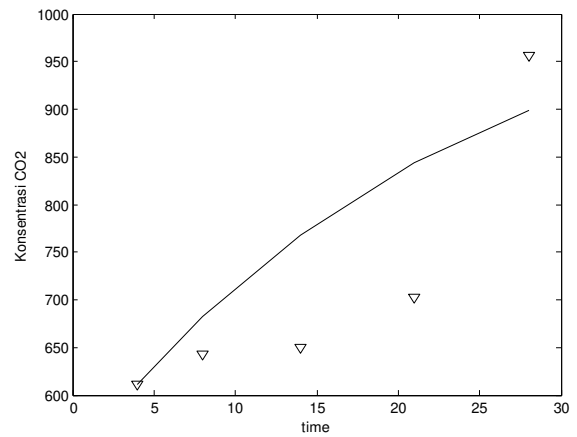
Gambar 27. Hubungan konsentrasi VS terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 50:50 pada TS 4%



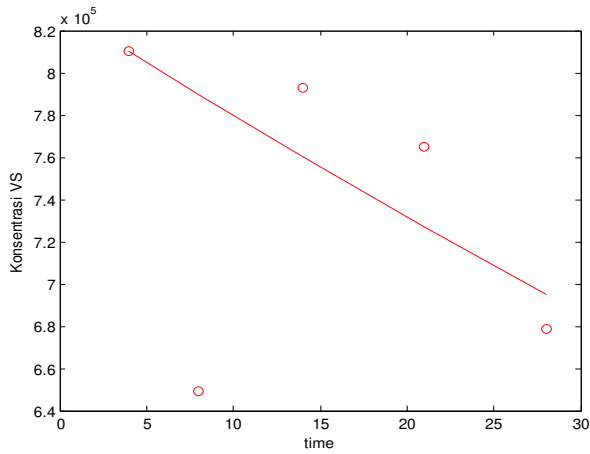
Gambar 28. Hubungan konsentrasi VFA terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 50:50 pada TS 4%



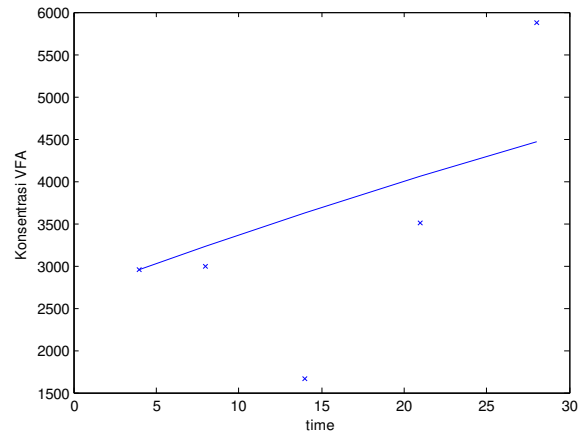
Gambar 29. Hubungan konsentrasi CH<sub>4</sub> terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 50:50 pada TS 4%



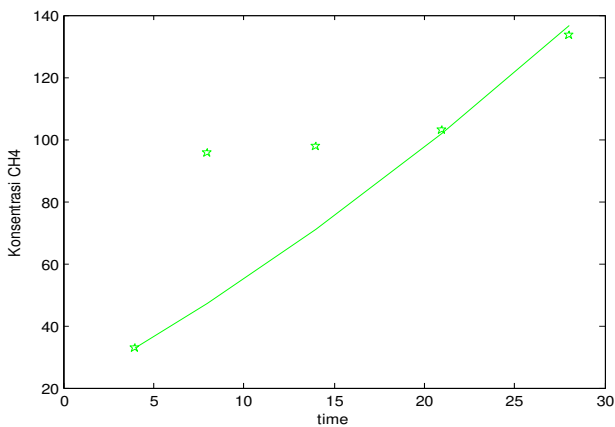
Gambar 30. Hubungan konsentrasi CO<sub>2</sub> terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 50:50 pada TS 4%



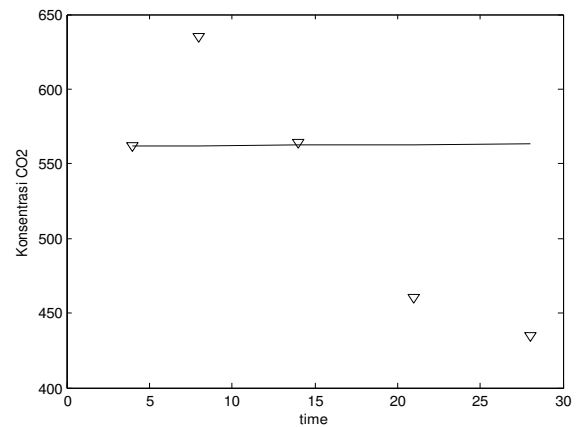
Gambar 31. Hubungan konsentrasi VS terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 50:50 pada TS 5%



Gambar 32. Hubungan konsentrasi VFA terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 50:50 pada TS 5%



Gambar 33. Hubungan konsentrasi CH<sub>4</sub> terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 50:50 pada TS 5%



Gambar 34. Hubungan konsentrasi CO<sub>2</sub> terhadap waktu pada digester yang berisi kotoran sapi:ampas tahu = 50:50 pada TS 5%

Berdasarkan Gambar 31-34 terlihat bahwa fitting model sangat bagus. Kesemua digester mengandung kotoran sapi sehingga bisa menyeimbangkan sifat asam dari limbah ampas tahu. Sehingga bisa dikatakan bahwa kotoran sapi bisa menjadi *buffer* pada sistem, menyebabkan pH berada pada kisaran yang aman dalam proses pembentukan metan.

### 5. KESIMPULAN

1. Pendekatan kinetika dengan orde reaksi satu dapat digunakan dalam menghitung kecepatan reaksi
2. Pada komposisi yang mengandung lebih banyak ampas tahu menghasilkan kecepatan perubahan massa VS, VFA, CH<sub>4</sub>, dan CO<sub>2</sub> yang juga kurang bagus apabila dibandingkan dengan komposisi yang berisi kotoran sapi.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Anhuradha, 2007, "Kinetic Studies and Anaerobic Co-digestion of Vegetable Market Waste and Sewage Sludge", *Clean Journal*, 35 (2), 197-199.
- Clarke, A. G., 2008, Laboratory Scale Anaerobic Digestion of Fruit and Vegetable Solid Waste, *Biomass* 5, (1984), 245-259.
- Deublein, D. Steinhäuser, A., 2008, "Biogas from Waste and Renewable Resources", Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Fry, L. J., 1974, "Practical Building of Methane Power Plant For Rural Energy Independence, 2nd edition, Chapel River Press, Hampshire-Great Britain.
- Gaudy, A., Gaudy, E., 1981, "Microbiology For Environmental Scientist and Engineers", McGraw-Hill, Inc.
- Gautam, U., 1996, "Biogas Technology", A Training Manual for Extension Consolidated Management Services-Nepal (P) Ltd, Nepal.
- Gerardi, M. H., 2003, "The Microbiology of Anaerobic Digesters", 1st ed., John Wiley and Sons, Inc., New Jersey.
- Metcalf dan Eddy, 2004, "Wastewater Engineering Treatment and Reuse", 4<sup>th</sup> ed. McGraw Hill, New York.
- Miah M.S, Tada.C, Yingnan Yang, Shigeki., 2005, "Aerobic Thermophilic Bacteria Enhance Biogas Production", *J Mater Cycles Waste Manag*, 7:48-54.
- Nimah, L., Kusairi, A.S., 2014, "Biogas Dari Campuran Limbah Ampas Tahu Dan Kotoran Sapi: Efek Volatil Solid", *Prosiding Seminar Nasional Industri Kimia dan Sumber Daya Alam*, ISBN 978-602-70195-0-8, Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- Nimah, L., 2014, "Biogas From Solid Waste of Tofu Production and Cow Manure Mixture: Composition Effect", *Jurnal Teknik Kimia Chemica*, Volume 1 Nomor 1, Juni 2014, ISSN 2355-8766, Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
- Nijaguna, B.T, 2002, "Biogas Technology", New Age International Publisher, New Delhi.
- Palmisano, A.C., Barlaz, M.A., 1996, *Microbiology of Solid Waste*, CRC Press, Inc, United State of America.
- Ritmann, B. E., McCarty, P. L., 2001, "Environmental Biotechnology : Principles and Applications", McGraw-Hill Higher Education, McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Shuler, M.L., Kargi, F., 2002. "Bioprocess Engineering, Basic Concepts", Prentice Hall International Series PTR, edisi 2, United State of America.
- Solihin, L., 2009, "Produksi Biogas dari Campuran Air Limbah Usaha Tahu dengan Kotoran Ternak", *MST UGM*, Yogyakarta.
- Speece, R.E, 1996, "Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewater", Archae press: USA.
- Sjafruddin R., 2011, "Strategi Start-Up Produksi Biogas Dari Campuran Sampah Buah Dengan Menggunakan Starter Kotoran Sapi : Hasil Percobaan Menggunakan Campuran Sampah Buah Sampai Dengan 10 Persen" Program Studi S2 Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Verm a, S., 2002, "Anaerobic Digestion of Biodegradable Organic in Municipal Solid Waste", Thesis Report, Columbia University, US.