

LAMPIRAN B PERHITUNGAN

1. Perhitungan Design

Komposisi biogas proses anaerobik yang terjadi:

Komponen	%V	mol	Bm	Bm Campuran
CH ₄	65	0,65	16	10,4
CO ₂	30	0,3	44	13,2
N ₂	0,3	0,003	28	0,084
H ₂	2,6	0,042	2	0,052
H ₂ S	2	0,02	34	0,68
O ₂	0,1	0,001	32	0,32
Total	100	1		24,448

Sumber :Renewble Energy Biomass

Bm rata-rata campuran = 24,448 mol

$$\begin{aligned}
 \text{Mol biogas} &= \text{Target biogas} / \text{Bm campuran} \\
 &= 75 \text{ kg} / 24,448 \text{ mol} \\
 &= 3,067 \text{ kmol} = 3.067
 \end{aligned}$$

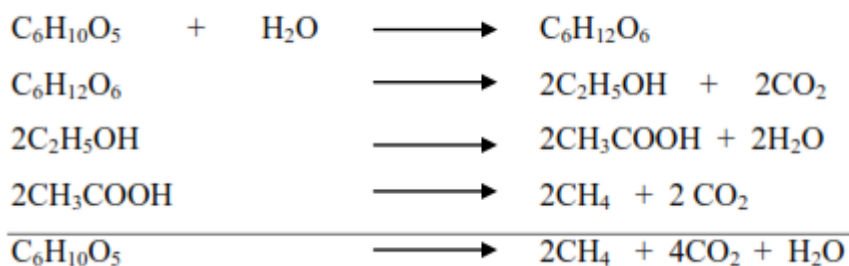
a. Menghitung biogas yang dihasilkan secara teoritis.

$$\text{Target biogas} = 75 \text{ kg}$$

$$\text{Bm campuran} = 24,448 \text{ mol}$$

$$\text{Mol biogas} = 3067 \text{ mol}$$

Reaksi pembentukkan biogas :



$$\begin{aligned}
 \text{Kandungan CH}_4 \text{ dalam biogas} &= 65\% \text{ Vol.} \\
 \text{CH}_4 \text{ yang dibutuhkan} &= 0,65 \times 3067 \text{ mol} \\
 &= 1993,55 \text{ mol} \\
 \text{Maka C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 \text{ yang harus disediakan} &= \frac{1}{2} \times \text{CH}_4 \text{ yang dibutuhkan} \\
 &= \frac{1}{2} \times 1993,55 \text{ mol} \\
 &= 996,77 \text{ mol} \times 162 \text{ kg/mol} \\
 &= \frac{161.476,74}{1000} = 161,47 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dalam biomassa terdapat 30 % kandungan $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$, maka biomassa yang dibutuhkan adalah $= 100/30 \times 161,47 \text{ kg}$
 $= 538,23 \text{ kg}$

b. Menghitung Kapasitas Biomassa yang di butuhkan.

$$\begin{aligned}
 \text{Target biomassa} &= 75 \text{ kg} \\
 \text{Perbandingan biomassa dan air} &= 1: 1 \\
 \text{Untuk biomassa} = 1 \text{ ton} &= 1000 \text{ kg} \\
 \text{Untuk air} &= 1000 \text{ liter}
 \end{aligned}$$

ρ biomassa campuran $= 187,5 \text{ Kg/m}^3$ (Mamet, Pusat penelitian fisika LIPI.2007)

Maka untuk menghitung Volume kapasitas biomassa adalah :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Massa biomassa} + \text{Massa air}}{\rho \text{ biomassa campuran}} \\
 &= \frac{2000 \text{ Kg}}{187,5 \text{ Kg/m}^3} = 1,78 \text{ m}^3 = 2 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Menentukan Kapasitas Hidrolisis Asidogenesis Reactor

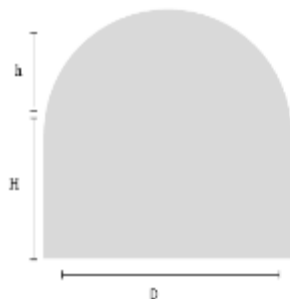
Dari volume biomassa $= 2 \text{ m}^3$

Didapat dimensi tangki berbentuk persegi empat :

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi} &= 2 \text{ meter} \\
 \text{Lebar} &= 1 \text{ meter} \\
 \text{Panjang} &= 1 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

2. Menghitung Kapasitas Metanogenesis Reactor

Ditentukan bentuk : Tangki silinder tegak dengan tutup elipsoidal head



Dari volume biomassa = 2 m^3

Faktor Keamanan 20 %, Jadi Volume Total = $1,2 \times$ Volume Biomassa

$$= 1,2 \times 2 \text{ m}^3$$

$$= 2,40 \text{ m}^3$$

$$= 84,75 \text{ Ft}^3$$

a. Menghitung diameter tangki (D)

$$D = \frac{7 \times V_t}{\pi} \quad (\text{Pherry's Chemical Engineering Handbook, p 6-108})$$

$$= \frac{(7 \times 84,75 \text{ Ft}^3)^{\frac{1}{3}}}{3,14}$$

$$= 5,64 \text{ Ft} = 171,87 \text{ cm}$$

b. Menghitung tinggi silinder tangki (H)

$$H = 1,0 \times D \quad (\text{Pherry's Chemical Engineering Handbook, p 6-108})$$

$$= 1,0 \times 5,64 \text{ ft}$$

$$= 5,64 \text{ ft} = 171,87 \text{ cm}$$

c. Menghitung tinggi elipsoidal (h)

$$h = 0,25 \times D \quad (\text{Pherry's Chemical Engineering Handbook})$$

$$= 0,25 \times 5,64 \text{ ft}$$

$$= 1,41 \text{ ft} = 42,97 \text{ cm}$$

d. Menghitung tinggi tangki (Ht)

$$\begin{aligned} H_t &= h + H \\ &= 1,41 \text{ ft} + 5,64 \text{ ft} \\ &= 7,049 \text{ ft} = 2,148 \text{ m} \end{aligned}$$

e. Menghitung tebal dinding tangki (t)

$$t = \frac{P \times R}{(S \times E) - 0,6 P} + C \quad (\text{Plant Design and Economics for Chemical Engineers, p 570})$$

Dimana :

$$P = \text{Tekanan design} = 1,50 \text{ atm} = 1,55 \text{ Kg/cm}$$

$$R = \text{Jari-jari Tangki} = 85,94 \text{ cm}$$

$$S = \text{Allowable Stress} = 731,97 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E = \text{Efisiensi tangki} = 85\%$$

$$C = \text{Allowable Corrosion} = 0,318 \text{ cm}$$

(Pherry's Chemical Engineering HandBook, tabel 23.2 ed 5)

$$\begin{aligned} t &= \frac{1,55 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} \times 85,94 \text{ cm}}{\left(731,97 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \times 0,85\right) - 0,6 \left(\frac{1,55 \text{ Kg}}{\text{cm}}\right)} + 0,318 \text{ cm} \\ &= 0,532 \text{ cm} \end{aligned}$$

3. Menghitung Jumlah Partisi

Diketahui Hidrolisis Asidogenesis Reactor :

$$\text{Tinggi} = 2 \text{ meter}$$

$$\text{Lebar} = 1 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang} = 1 \text{ meter}$$

$$\text{Volume} = p \times l \times t = 2 \times 1 \times 1 = 2 \text{ m}^3$$

$$\text{Partisi yang tersedia dengan ukuran} = \text{Tinggi } 0,66 \text{ meter}$$

$$\text{Lebar } 0,5 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang } 0,33 \text{ meter}$$

$$\text{Volume satu buah partisi} = p \times l \times t = 0,66 \times 0,5 \times 0,33$$

$$= 0,11 \text{ m}^3$$

$$\text{Maka jumlah partisi} = 2 \text{ m}^3 / 0,11 \text{ m}^3$$

= 18,18 buah

Dibulatkan menjadi 18 buah.

Dengan ukuran partisi tersebut, partisi disusun menjadi 3 tingkat dengan masing – masing tingkat berjumlah 6 partisi. Panjang dan lebar Hidrolisis Asidogenesis Reactor beserta partisi dapat dilihat pada gambar.

1 meter

0,33 m	0,33 m	0,33 m
		0,5 m
		0,5 m

1 meter

(Tampak Atas)

		0,6 m
		0,6 m
		0,6 m

2 meter

(Tampak Samping)

4. Menghitung Efisiensi Kinerja Alat

Volume hasil produksi Biogas dihitung berdasarkan persamaan gas ideal dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

Persamaan umum gas ideal : $PV = nRT$

Dimana,

P = Tekanan Gas (atm)

V = Volume Gas (liter)

n = mol Biogas (mol)

R = tetapan gas universal (0,0821 L.atm/mol.K)

T = Temperatur (K)

Tabel Kondisi Operasi Reaktor Metagenesis

No.	Hari ke-	Suhu (°C)	P (atm)	CH ₄ (%mol)
1	8	37	1.1	8.9515
2	9	38	1.1	16.352
3	10	35	1.2	35.847
4	11	36	1.2	44.651
5	12	37	1.2	69.833
6	13	35	1.2	67.257

Mol biogas pada hari ke-13 :

Diketahui,

$P = 1,2$ atm

$T = 308$ K

$$n = \frac{67.257}{100} \times 3067$$

$$= 2059,7 \text{ mol}$$

$$R = 0,0821$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$V = \frac{2059,7 \times 0,0821 \times 308}{1,2}$$

$$V = 43.402,68 \text{ liter}$$

$$V = 43,4 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Massa biogas} &= 43,4 \text{ m}^3 \times 0,641 \text{ kg / m}^3 \\ &= 27,82 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Efisiensi Alat} &= \frac{27,82 \text{ kg}}{75 \text{ kg}} \times 100 \\ &= 37,09 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Rendemen Biogas} &= \frac{43,4 \text{ m}^3 \times 1,18 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg}} \times 100\% \\ &= 5,12 \end{aligned}$$

5. Perhitungan Kinetika Reaksi

Adapun reaksi yang terjadi pada pembuatan biogas menggunakan reaktor biogas tipe partition yaitu antara lain :

- $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)$ (reaksi tahap pertama = hidrolisis)
Karbohidrat air glukosa
- $(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \longrightarrow 2(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$ (reaksi tahap kedua = asidogenesis)
glukosa etanol karbohidrat
- $2(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) \longrightarrow 2(\text{CH}_3\text{COOH})(\text{aq}) + \text{CH}_4(\text{g})$
Etanol karbondioksida asam asetat metana
- $2(\text{CH}_3\text{COOH}) \longrightarrow 2 \text{CH}_4(\text{g}) + 2 \text{CO}_2(\text{g})$ (reaksi tahap ketiga = metanogenesis)
Asam asetat metana karbondioksida
- $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{CH}_4(\text{g}) + 3\text{CO}_2(\text{g})$ (reaksi keseluruhan)
Karbohidrat air metana karbondioksida

Untuk mengetahui orde reaksi pembentukan biogas tersebut maka harus terlebih dahulu mencoba orde reaksi nol dan seterusnya sehingga didapat grafik

yang memiliki harga k yang mendekati konstan.

5.1 Perhitungan Konsentrasi Produk [CH₄]

Diketahui : Volume biogas = 43402,68 L

R = 0,0821 L atm/mol K

P = Sesuai pada Kondisi terlihat pada Tabel 7. (atm)

T = Sesuai pada Kondisi terlihat pada Tabel 7. (K)

Ditanya : Konsentrasi Produk [CH₄] mol/L

Penyelesaian : $pV = nRT$

$$n = \frac{pV}{RT}$$

Perhitungan Konsentrasi produk ditabulasikan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Konsentrasi Produk [CH₄] mol/L (F=15 L/menit)

Hari ke-	Tekanan (atm)	Temperatur (oC)	K	mol Biogas	CH ₄ (%mol)	mol CH ₄	[CH ₄] (mol/L)
8	1	37	310	1705,3428	5,49	93,6233	0,0022
9	1	38	311	1699,8594	13,51	229,6510	0,0053
10	1,1	35	308	1888,0581	29,63	559,4316	0,0129
11	1,1	36	309	1881,9479	40,59	763,8827	0,0176
12	1,2	37	310	2046,4114	63,48	1299,0619	0,0299
13	1,2	35	308	2059,6998	64,67	1332,0078	0,0307

Tabel 8. Hasil Perhitungan Konsentrasi Produk [CH₄] mol/L (F=20 L/menit)

Hari ke-	Tekanan (atm)	Temperatur (oC)	K	mol Biogas	CH ₄ (%mol)	mol CH ₄	[CH ₄] (mol/L)
8	1,1	36	309	1881,9479	8,95	168,4343	0,0039
9	1,1	37	310	1875,8771	16,35	306,7059	0,0071
10	1,2	38	311	2039,8313	35,85	731,2795	0,0168
11	1,2	36	309	2053,0341	44,65	916,6797	0,0211
12	1,2	35	308	2059,6998	69,83	1438,2883	0,0331
13	1,2	35	308	2059,6998	67,26	1385,3541	0,0319

5.2 Perhitungan Orde Reaksi Nol

Suatu reaksi disebut orde ke nol terhadap suatu pereaksi jika laju reaksi tidak dipengaruhi oleh konsentrasi pereaksi tersebut. Jika $[CH_4]$ adalah konsentrasi produk dan $[CH_4]_0$ adalah konsentrasi produk pada saat $t = 0$, maka :

$$+ \frac{d [CH_4]}{dt} = k$$

Dan hasil integralnya menjadi : $[CH_4] - [CH_4]_0 = kt$

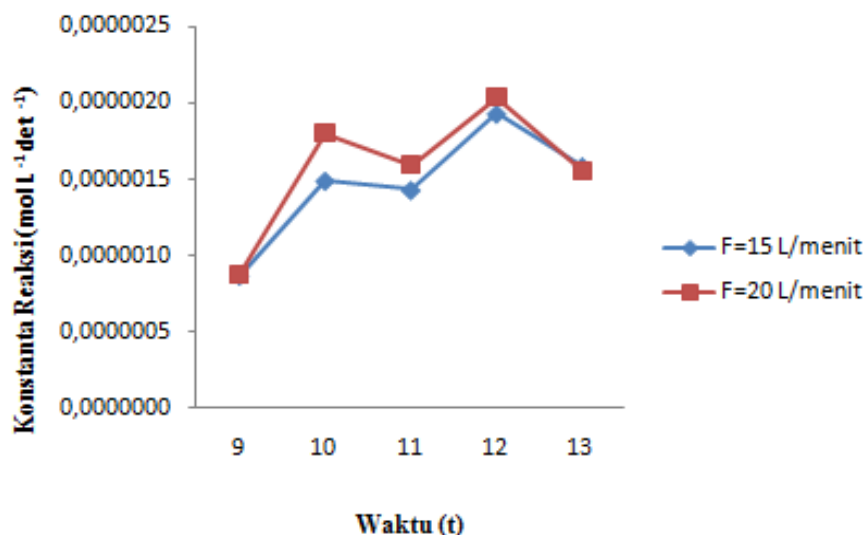
Sehingga hasil perhitungannya nilai konstanta reaksi ($\text{mol L}^{-1} \text{det}^{-1}$) dapat dilihat pada Tabel 9 ($F=15 \text{ L/menit}$) dan Tabel 10 ($F=20 \text{ L/menit}$) serta menghasilkan grafik hubungan antara nilai konstanta reaksi terhadap waktu yang dapat dilihat pada Gambar 12.

Tabel 9. Hasil Perhitungan nilai Konstanta Reaksi Orde nol ($F=15 \text{ L/menit}$)

Hari ke-	[CH4] mol/L	[CH4] mol/L	[CH4]0 mol/L	[CH4]-[CH4]0 mol/L	k mol L ⁻¹ det ⁻¹
8	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0000000
9	0,0053	0,0053	0,0022	0,0031	0,0000009
10	0,0129	0,0129	0,0022	0,0107	0,0000015
11	0,0176	0,0176	0,0022	0,0154	0,0000014
12	0,0299	0,0299	0,0022	0,0278	0,0000019
13	0,0307	0,0307	0,0022	0,0285	0,0000016
k rata-rata					0,0000015

Tabel 10. Hasil Perhitungan nilai Konstanta Reaksi Orde nol ($F=20 \text{ L/menit}$)

Hari ke-	[CH4] mol/L	[CH4] mol/L	[CH4]0 mol/L	[CH4]-[CH4]0 mol/L	k mol L ⁻¹ det ⁻¹
8	0,0039	0,0039	0,0039	0,0000	0,0000000
9	0,0071	0,0071	0,0039	0,0032	0,0000009
10	0,0168	0,0168	0,0039	0,0130	0,0000018
11	0,0211	0,0211	0,0039	0,0172	0,0000016
12	0,0331	0,0331	0,0039	0,0293	0,0000020
13	0,0319	0,0319	0,0039	0,0280	0,0000016
k rata-rata					0,0000016



Gambar 12. Grafik Hubungan antara Konstanta Reaksi ($\text{mol L}^{-1} \text{det}^{-1}$) terhadap Waktu (t) pada Orde Reaksi Nol

5.3 Perhitungan Orde Reaksi Satu

Jika $[\text{CH}_4]$ adalah konsentrasi produk dan $[\text{CH}_4]_0$ adalah konsentrasi produk pada saat $t = 0$, Suatu reaksi orde satu dapat dinyatakan dengan :

$$+ \frac{d [\text{CH}_4]}{dt} = k [\text{CH}_4]$$

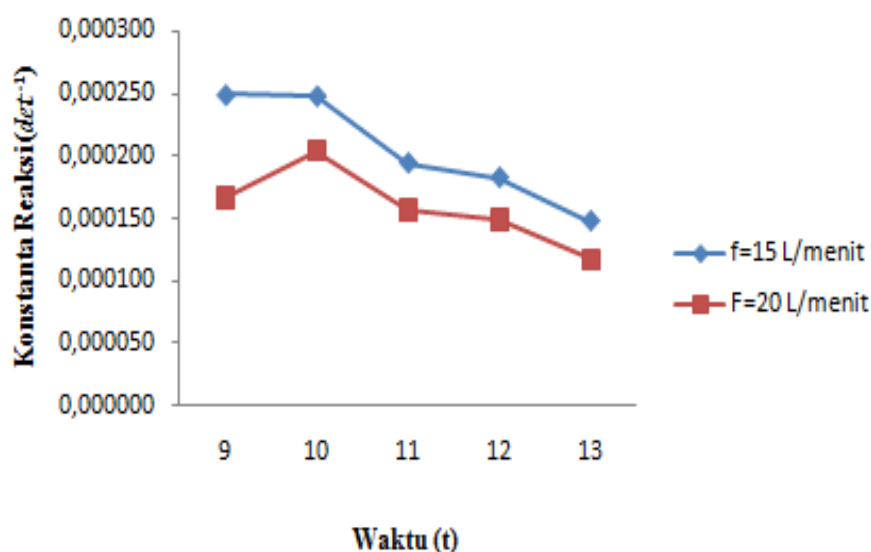
Dan hasil integralnya menjadi : $\text{Ln} [\text{CH}_4] - \text{Ln} [\text{CH}_4]_0 = kt$, sehingga hasil perhitungannya nilai konstanta reaksi (det^{-1}) dapat dilihat pada Tabel 11 (F=15 L/menit) dan Tabel 12 (F=20 L/menit) serta menghasilkan grafik hubungan antara nilai konstanta reaksi terhadap waktu yang dapat dilihat pada Gambar 13.

Tabel 11. Hasil Perhitungan nilai Konstanta Reaksi Orde Satu (F=15 L/menit)

Hari ke-	[CH ₄] mol/L	Ln [CH ₄] mol/L	Ln[CH ₄] ₀ mol/L	Ln[CH ₄]-Ln[CH ₄] ₀ mol/L	k det ⁻¹
8	0,0022	-6,1390	-6,1390	0,0000	0,000000
9	0,0053	-5,2417	-6,1390	0,8973	0,000249
10	0,0129	-4,3514	-6,1390	1,7876	0,000248
11	0,0176	-4,0399	-6,1390	2,0991	0,000194
12	0,0299	-3,5089	-6,1390	2,6301	0,000183
13	0,0307	-3,4838	-6,1390	2,6552	0,000148
k rata-rata					0,000204

**Tabel 12. Hasil Perhitungan nilai Konstanta Reaksi Orde Satu
(F=20 L/menit)**

Hari ke-	[CH ₄] mol/L	Ln [CH ₄] mol/L	Ln[CH ₄] ₀ mol/L	Ln[CH ₄]-Ln[CH ₄] ₀ mol/L	k det ⁻¹
8	0,0039	-5,5517	-5,5517	0,0000	0,000000
9	0,0071	-4,9524	-5,5517	0,5993	0,000166
10	0,0168	-4,0835	-5,5517	1,4682	0,000204
11	0,0211	-3,8575	-5,5517	1,6942	0,000157
12	0,0331	-3,4071	-5,5517	2,1447	0,000149
13	0,0319	-3,4446	-5,5517	2,1072	0,000117
k rata-rata					0,000159



Gambar 13. Grafik Hubungan antara Konstanta Reaksi (det⁻¹) terhadap Waktu (t) pada Orde Reaksi Satu

5.4 Perhitungan Orde Reaksi Dua

Jika [CH₄] adalah konsentrasi produk dan [CH₄]₀ adalah konsentrasi produk pada saat t = 0, Suatu reaksi orde satu dapat dinyatakan dengan :

$$+ \frac{d [CH_4]}{dt} = k [CH_4]^2$$

Dan hasil integralnya menjadi : $1/[CH_4]_0 - 1/[CH_4] = kt$, sehingga hasil perhitungannya nilai konstanta reaksi (L mol⁻¹ det⁻¹) dapat dilihat pada Tabel 13

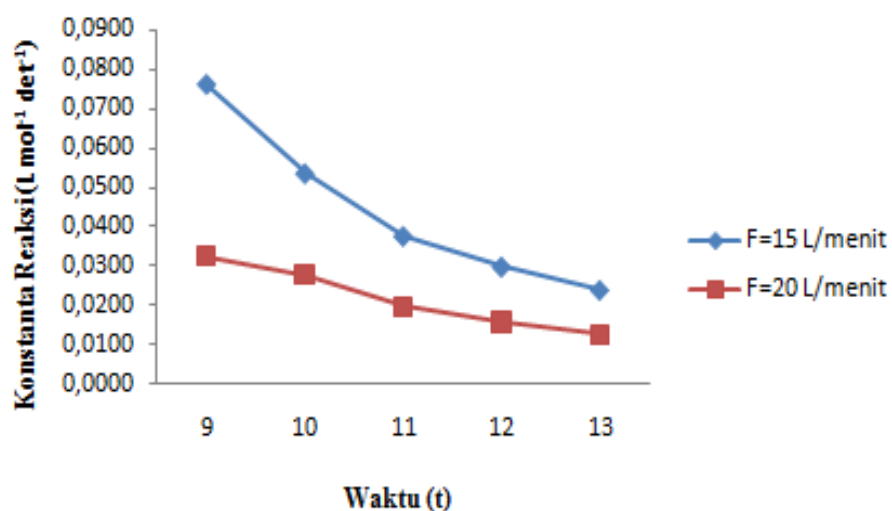
($F=15$ L/menit) dan Tabel 14 ($F=20$ L/menit) serta menghasilkan grafik hubungan antara nilai konstanta reaksi terhadap waktu yang dapat dilihat pada Gambar 14.

Tabel 13. Hasil Perhitungan nilai Konstanta Reaksi Orde Dua ($F=15$ L/menit)

Hari ke-	[CH ₄] mol/L	1/[CH ₄] mol/L	1/[CH ₄] ₀ mol/L	1/[CH ₄] ₀ -1/[CH ₄] mol/L	k L mol ⁻¹ det ⁻¹
8	0,0022	463,5883	463,5883	0,0000	0,0000
9	0,0053	188,9941	463,5883	274,5943	0,0763
10	0,0129	77,5835	463,5883	386,0048	0,0536
11	0,0176	56,8185	463,5883	406,7698	0,0377
12	0,0299	33,4108	463,5883	430,1776	0,0299
13	0,0307	32,5844	463,5883	431,0039	0,0239
k rata-rata					0,0443

Tabel 12. Hasil Perhitungan nilai Konstanta Reaksi Orde Dua ($F=20$ L/menit)

Hari ke-	[CH ₄] mol/L	1/[CH ₄] mol/L	1/[CH ₄] ₀ mol/L	1/[CH ₄] ₀ -1/[CH ₄] mol/L	k L mol ⁻¹ det ⁻¹
8	0,0039	257,6831	257,6831	0,0000	0,0000
9	0,0071	141,5124	257,6831	116,1707	0,0323
10	0,0168	59,3517	257,6831	198,3314	0,0275
11	0,0211	47,3477	257,6831	210,3354	0,0195
12	0,0331	30,1766	257,6831	227,5065	0,0158
13	0,0319	31,3297	257,6831	226,3534	0,0126
k rata-rata					0,0215



Gambar 14. Grafik Hubungan antara Konstanta Reaksi ($L mol^{-1} det^{-1}$) terhadap Waktu (t) pada Orde Reaksi Dua

5.5 Perhitungan Orde Reaksi Tiga

Jika $[CH_4]$ adalah konsentrasi produk dan $[CH_4]_0$ adalah konsentrasi produk pada saat $t = 0$, Suatu reaksi orde satu dapat dinyatakan dengan :

$$+ \frac{d [CH_4]}{dt} = k [CH_4]^3$$

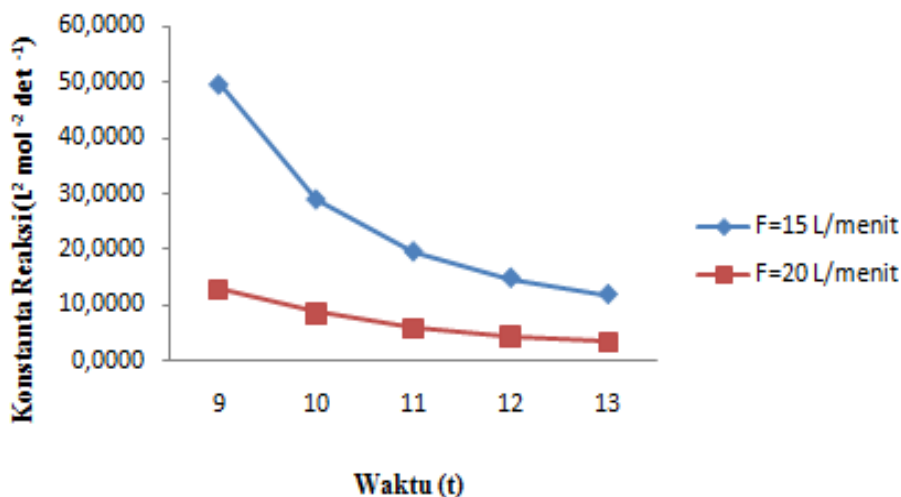
Dan hasil integralnya menjadi : $(1/[CH_4]_0)^2 - (1/[CH_4])^2 = kt$, sehingga hasil perhitungannya nilai konstanta reaksi ($L^2 \text{ mol}^{-2} \text{ det}^{-1}$) dapat dilihat pada Tabel 15 ($F=15 \text{ L/menit}$) dan Tabel 16 ($F=20 \text{ L/menit}$) serta menghasilkan grafik hubungan antara nilai konstanta reaksi terhadap waktu yang dapat dilihat pada Gambar 15.

**Tabel 15. Hasil Perhitungan nilai Konstanta Reaksi Orde Tiga
($F=15 \text{ L/menit}$)**

Hari ke-	$[CH_4]$ mol/L	$(1/[CH_4])^2$ mol/L	$(1/[CH_4]_0)^2$ mol/L	$(1/[CH_4]_0)^2 - (1/[CH_4])^2$ mol/L	k $L^2 \text{ mol}^{-2} \text{ det}^{-1}$
8	0,0022	214914,1512	214914,1512	0,0000	0,0000
9	0,0053	35718,7617	214914,1512	179195,3896	49,7765
10	0,0129	6019,2042	214914,1512	208894,9471	29,0132
11	0,0176	3228,3440	214914,1512	211685,8073	19,6005
12	0,0299	1116,2806	214914,1512	213797,8707	14,8471
13	0,0307	1061,7433	214914,1512	213852,4079	11,8807
k rata-rata					25,0236

**Tabel 16. Hasil Perhitungan nilai Konstanta Reaksi Orde Tiga
($F=20 \text{ L/menit}$)**

Hari ke-	$[CH_4]$ mol/L	$(1/[CH_4])^2$ mol/L	$(1/[CH_4]_0)^2$ mol/L	$(1/[CH_4]_0)^2 - (1/[CH_4])^2$ mol/L	k $L^2 \text{ mol}^{-2} \text{ det}^{-1}$
8	0,0039	66400,5738	66400,5738	0,0000	0,0000
9	0,0071	20025,7513	66400,5738	46374,8225	12,8819
10	0,0168	3522,6239	66400,5738	62877,9498	8,7330
11	0,0211	2241,8051	66400,5738	64158,7687	5,9406
12	0,0331	910,6284	66400,5738	65489,9454	4,5479
13	0,0319	981,5480	66400,5738	65419,0258	3,6344
k rata-rata					7,1476



Gambar 15. Grafik Hubungan antara Konstanta Reaksi ($L^2 \text{ mol}^{-2} \text{ det}^{-1}$) terhadap Waktu (t) pada Orde Reaksi Tiga

5.6 Perhitungan Orde Reaksi Empat

Jika $[CH_4]$ adalah konsentrasi produk dan $[CH_4]_0$ adalah konsentrasi produk pada saat $t = 0$, Suatu reaksi orde satu dapat dinyatakan dengan :

$$+ \frac{d [CH_4]}{dt} = k [CH_4]^4$$

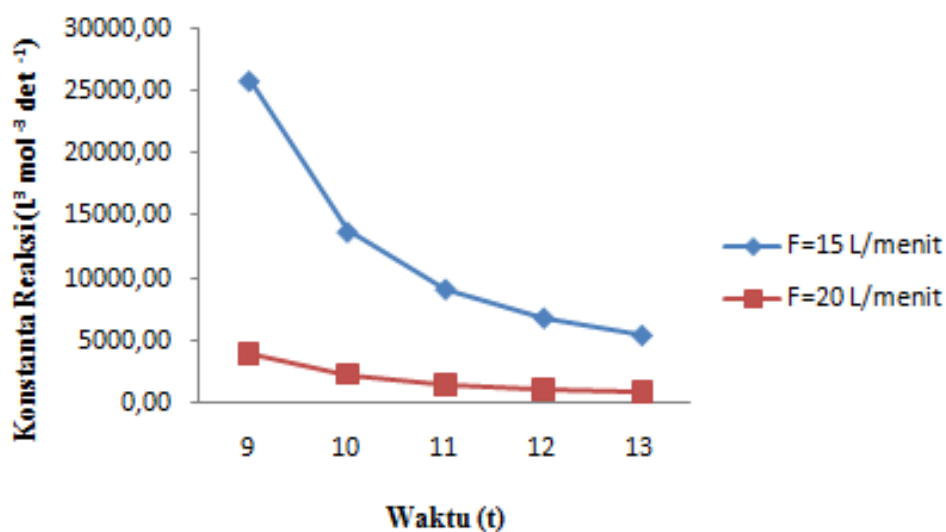
Dan hasil integralnya menjadi : $(1/[CH_4])^3 - (1/[CH_4]_0)^3 = kt$, sehingga hasil perhitungannya nilai konstanta reaksi ($L^3 \text{ mol}^{-3} \text{ det}^{-1}$) dapat dilihat pada Tabel 17 (F=15 L/menit) dan Tabel 18 (F=20 L/menit) serta menghasilkan grafik hubungan antara nilai konstanta reaksi terhadap waktu yang dapat dilihat pada Gambar 16.

Tabel 17. Hasil Perhitungan nilai Konstanta Reaksi Orde Empat (F=15 L/menit)

Hari ke-	[CH ₄] mol/L	(1/[CH ₄]) ³ mol/L	(1/[CH ₄] ₀) ³ mol/L	(1/[CH ₄] ₀) ³ - (1/[CH ₄]) ³ mol/L	k L ³ mol ⁻³ det ⁻¹
8	0,0022	99631695,1437	99631695,1437	0,0000	0,00
9	0,0053	6750634,4499	99631695,1437	92881060,6937	25800,29
10	0,0129	466991,1077	99631695,1437	99164704,0360	13772,88
11	0,0176	183429,7188	99631695,1437	99448265,4249	9208,17
12	0,0299	37295,8114	99631695,1437	99594399,3322	6916,28
13	0,0307	34596,2718	99631695,1437	99597098,8719	5533,17
k rata-rata					12246,16

**Tabel 18. Hasil Perhitungan nilai Konstanta Reaksi Orde Empat
(F=20 L/menit)**

Hari ke-	[CH4] mol/L	$(1/[CH4])^2$ mol/L	$(1/[CH4]_0)^2$ mol/L	$(1/[CH4]_0)^2 - (1/[CH4])^2$ mol/L	k $L^3 \text{ mol}^{-3} \text{ det}^{-1}$
8	0,0039	17110304,8849	66400,5738	0,0000	0,0000
9	0,0071	2833891,5510	66400,5738	46374,8225	3965,67
10	0,0168	209073,7073	66400,5738	62877,9498	2347,39
11	0,0211	106144,3255	66400,5738	64158,7687	1574,46
12	0,0331	27479,6854	66400,5738	65489,9454	1186,31
13	0,0319	30751,5700	66400,5738	65419,0258	948,86
k rata-rata					2004,54



Gambar 16. Grafik Hubungan antara Konstanta Reaksi ($L^3 \text{ mol}^{-3} \text{ det}^{-1}$) terhadap Waktu (t) pada Orde Reaksi Empat