

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Data didapatkan dengan melakukan pengujian sesuai dengan variasi temperatur *cooling bath* yang telah ditentukan, yaitu pembentukan gas hidrat propana butana pada temperatur 271 K, 273 K dan 275 K. Data yang didapatkan berupa tekanan (bar) dan temperatur (°C).

4.1.1 Data Hasil Penelitian Laju Pembentukan Hidrat

Pembentukan gas hidrat propana butana dilakukan selama 10 jam dengan temperatur *cooling bath* dijaga konstan, sesuai dengan variasinya masing-masing. Tekanan awal pembentukan yaitu sebesar 4 bar.

Tabel 4.1 Laju Pembentukan Gas Hidrat Propana Butana

Variasi Temperatur Cooling Bath (K)	T_{0p} (K)	P_{0p} (bar)	T_{1p} (K)	P_{1p} (bar)
271	277	4	273	2,14
273	277	4	275	2,01
275	277	4	277	1,90

Keterangan :

T_{0p} : Temperatur awal sistem pada saat pembentukan gas hidrat propana butana (K)

T_{1p} : Temperatur akhir sistem pada saat pembentukan gas hidrat propana butana (K)

P_{0p} : Tekanan awal gas pada saat pembentukan gas hidrat propana butana pada *crystallizer* (bar)

P_{1p} : Tekanan akhir gas pada saat pembentukan gas hidrat propana butana pada *crystallizer* (bar)

4.1.2 Data Stabilitas Hidrat

Stabilitas gas hidrat propana butana dilakukan selama 5 jam dengan suhu $\pm 5^\circ\text{C}$ sesuai dengan diagram kesetimbangan tiga fasa gas hidrat.

Tabel 4.2 Stabilitas Gas Hidrat Propana Butana

Variasi Temperatur <i>Cooling Bath</i> (K)	T _s (°C)	P _{0s} (bar)	P _{1s} (bar)
271	-5	0	0,03
273	-5	0	0,04
275	-5	0	0,05

Keterangan :

- T_s : Temperatur sistem pada saat stabilitas gas hidrat propana butana (K)
P_{0s} : Tekanan awal gas pada saat stabilitas gas hidrat propana butana (bar)
P_{1s} : Tekanan akhir gas pada saat stabilitas gas hidrat propana butana (bar)

4.1.3 Data Kapasitas Penyimpanan Hidrat

Dari stabilitas dilanjutkan dengan kapasitas penyimpanan gas hidrat propana butana dengan membiarkan sistem terdekomposisi dalam suhu ruangan (27 °C).

Tabel 4.3 Kapasitas Penyimpanan Gas Hidrat Propana Butana

Variasi Temperatur <i>Cooling Bath</i> (K)	t _k (sekon)	P (bar)
271	24,86	2,14
273	27,2	2,01
275	28,65	1,9

Keterangan :

- t_k : Waktu yang dibutuhkan untuk mengeluarkan gas yang terjebak pada hidrat propana butana dari dalam *crystallizer* (sekon)
P : Tekanan gas pada saat kapasitas penyimpanan gas hidrat propana butana (bar)

4.1.4 Data Validasi Konsumsi Gas (mol) Pembentukan Hidrat

Dari Kapasitas penyimpanan dilanjutkan dengan validasi, kita mencatat waktu yang dibutuhkan *flowmeter* ketika awal gas masuk ke dalam *crystallizer* sampai 4 bar dan setelah kapasitas penyimpanan kita mencatat juga waktu yang dibutuhkan *flowmeter* untuk mengeluarkan gas yang terjebak pada hidrat propane butana dari dalam *crystallizer*

Tabel 4.3 Kapasitas Penyimpanan Gas Hidrat Propana Butana

Kapasitas Penyimpanan Gas Hidrat Propana Butana		
Variasi Temperatur	t_0	t_1
Cooling Bath (K)	(sekon)	(sekon)
271	55	24,86
273	55	27,2
275	55	28,65

Keterangan :

- t_1 : Waktu yang dibutuhkan *flowmeter* untuk mengeluarkan gas yang terjebak pada hidrat propana butana dari dalam *crystallizer* (sekon)
- t_0 : Waktu yang dibutuhkan *flowmeter* untuk memasukkan gas ke dalam *crystallizer* sampai tekanan 4 bar (sekon)

4.2 Perhitungan Data Hasil Penelitian

4.2.1 Perbandingan Laju Konsumsi Gas (mol) Pembentukan Hidrat antara *Vessel tank* dan *Stirrer tank*

Contoh perhitungan diambil dari variasi temperatur *cooling bath* 271 K pada laju pembentukan gas hidrat propana butana saat menit ke 585. Laju pembentukan gas hidrat dihitung nilai mol dari gas yang terbentuk pada hidrat.

a) Perhitungan Faktor Kompresibilitas

Tekanan kritis Gas Propana ($P_{c, \text{Propana}}$) = 4,26 MPa

Tekanan kritis Gas n-Butana ($P_{c, \text{n-Butana}}$) = 3,8 MPa

Temperatur kritis Gas Propana ($T_{c, \text{Propana}}$) = 370 K

Temperatur kritis Gas n-Butana ($P_{c, \text{n-Butana}}$) = 425 K

Tekanan di dalam *crystallizer* pada saat menit 585 ($p_{t=585}$) = 2,14 bar = 0,214 Mpa

Temperatur di dalam *crystallizer* pada saat menit 585 ($T_{t=585}$) = 273 K

a) Nilai P_c

$$\begin{aligned} p_c &= \frac{P_{c,\text{Propana}} + P_{c,\text{n-Butana}}}{2} \\ &= \frac{4,26 + 3,8}{2} \\ &= 4,025 \text{ MPa} \end{aligned}$$

b) Nilai P_r

$$\begin{aligned} p_r &= \frac{p_{t=585}}{p_c} \\ &= \frac{0,251}{4,025} \\ &= 0,05317 \end{aligned}$$

c) Nilai T_{cr}

$$\begin{aligned} T_c &= \frac{T_{c,\text{propana}} + T_{c,\text{n-butana}}}{2} \\ &= \frac{370 + 425}{2} \\ &= 397,5 \text{ K} \end{aligned}$$

d) Nilai T_r

$$\begin{aligned} T_r &= \frac{T_{t=585}}{T_c} \\ &= \frac{273}{397,5} \\ &= 0,68662 \end{aligned}$$

e) Faktor asentrik (ω)

$$\begin{aligned} \omega &= -1 - \log p_r \\ &= -1 - \log 0,05317 \\ &= 0,027435 \end{aligned}$$

f) Koefisien yang dipengaruhi P_r dan T_r (α)

$$\alpha = \{1 + (0,37464 + 1,54226\omega - 0,2699\omega^2)(1 - T_r^{0,5})\}^2$$

$$= \{1 + (0,37464 + 1,54226 \cdot 0,027432 - 0,2699 \cdot 0,027432^2)(1 - 0,68662^{0.5})\}^2$$

$$= 1,28422$$

g) Konstanta Persamaan keadaan Peng Robinson

$$A = \frac{\Omega_a \alpha p_r}{T_r^2}; \Omega_a = 0,45724$$

$$= \frac{0,45724 \times 1,28422 \times 0,0317}{0,68679^2}$$

$$= 0,06622$$

$$B = \frac{\Omega_b p_r}{T_r}; \Omega_b = 0,07779$$

$$= \frac{0,07779 \times 0,05317}{0,68679}$$

$$= 0,00602$$

$$c_2 = B - 1$$

$$= 0,00602 - 1$$

$$= -0,99398$$

$$c_1 = A - 2B - 3B^2$$

$$= 0,0662 - 2 \times 0,00602 - 3 \times 0,00602^2$$

$$= 0,05407$$

$$c_0 = AB - B^2 - B^3$$

$$= 0,0622 \times 0,00602 - 0,00602^2 - 0,00602^3$$

$$= 0,00036$$

h) Determinan persamaan keadaan Peng Robinson

$$K = \frac{3c_2 - c_1^2}{3}$$

$$= \frac{3 \times (-0,99398) - 0,05407^2}{3}$$

$$= -0,99495$$

$$L = \frac{2c_2^3 - 9c_2c_1 + 27c_0}{27}$$

$$= \frac{2(-0,99398)^3 - 9(-0,99398)(0,05407) + 27(0,00036)}{27}$$

$$= 0,09146$$

$$D = \frac{K^3}{27} + \frac{L^2}{4}$$

$$= \frac{-0,99495^3}{27} + \frac{0,09146^2}{4}$$

$$= -0,03439$$

i) Faktor kompresibilitas (Z)

$$\Phi = \cos^{-1} \left(- \sqrt{\frac{L^2/4}{K^3/27}} \right)$$

$$= 1,32902$$

$$Z_1 = 2 \sqrt{\frac{-K}{3}} \cos \Phi - \frac{C_2}{3}$$

$$= 0,60710$$

$$Z_2 = 2 \sqrt{\frac{-K}{3}} \cos (\Phi + 120) - \frac{C_2}{3}$$

$$= -0,09343$$

$$Z_3 = 2 \sqrt{\frac{-K}{3}} \cos (\Phi + 240) - \frac{C_2}{3}$$

$$= -0,63611$$

Jadi, faktor kompresibilitas yang digunakan untuk menghitung jumlah mol gas pada menit ke-585 dengan temperatur *cooling bath* 271K adalah 0,60710. Untuk nilai faktor kompresibilitas data pada setiap 15 menit hanya mengganti nilai $p_{t=585}$ dengan p pada waktu tersebut.

j) Perhitungan Jumlah Volume Gas

$$\begin{aligned} y_{p=585} &= (5,2338x + 81,615)/1000000 \\ &= (5,2338.2,14 + 81,615)/1000000 \\ &= 0,000092815 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

k) Perhitungan Jumlah Mol Gas

$$\begin{aligned} n_{t=585} &= \frac{P_{t=585} \cdot V}{Z \cdot R \cdot T} \\ &= \frac{0,214 \times 10^6 \times 0,000092815}{0,60710 \times 8,31447 \times 273} \\ &= 0,01441 \text{ mol} \end{aligned}$$

l) Perhitungan Konsumsi Gas Pada Hidrat

Konsumsi gas merupakan hasil pengurangan dari jumlah mol gas pada $t=0$ dengan jumlah mol gas ketika $t \neq 0$. Contoh perhitungan ketika $t=585$ adalah :

$$\begin{aligned} N_{t=585} &= n_{t=0} - n_{t=585} \\ &= 0,02644 - 0,01441 \\ &= 0,01203 \text{ mol} \end{aligned}$$

4.2.2 Perbandingan Stabilitas Hidrat antara *Vessel tank* dan *Stirrer tank*

Penelitian stabilitas dilakukan pada saat hidrat telah terbentuk, kemudian dibiarkan pada temperatur *cooling bath* sebesar 268 K tanpa menyalakan motor pengaduk selama 5 jam. Kemudian jumlah mol yang didapatkan adalah jumlah gas yang terurai dari hidrat yang sudah terbentuk. Contoh perhitungan diambil dari variasi temperatur *cooling bath* 271 K pada stabilitas gas hidrat propana butana saat menit ke 300.

a) Perhitungan Faktor Kompresibilitas

Diketahui :

Tekanan kritis Gas Propana ($P_{c, \text{Propana}}$) = 4,26 MPa

Tekanan kritis Gas n-Butana ($P_{c, \text{n-Butana}}$) = 3,8 MPa

Temperatur kritis Gas Propana ($T_{c, \text{Propana}} = 370 \text{ K}$)

Temperatur kritis Gas n-Butana ($P_{c, \text{n-Butana}} = 425 \text{ K}$)

Tekanan disosiasi hidrat pada $t = 300$ ($p_{t=300} = 0,3 \text{ bar} = 0.03 \text{ Mpa}$)

Temperatur dalam *cryztallizer* pada saat $t = 300$ ($T_{t=300} = 271 \text{ K}$)

a) Nilai P_c

$$\begin{aligned} p_c &= \frac{P_{c, \text{Propana}} + P_{c, \text{n-Butana}}}{2} \\ &= \frac{4,26 + 3,8}{2} \\ &= 4,025 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

b) Nilai P_r

$$\begin{aligned} p_r &= \frac{p_{t=300}}{p_c} \\ &= \frac{0,03 \times 10^5}{4.025} \\ &= 0,00075 \end{aligned}$$

c) Nilai T_{cr}

$$\begin{aligned} T_c &= \frac{T_{c, \text{propana}} + T_{c, \text{n-butana}}}{2} \\ &= \frac{370 + 425}{2} \\ &= 397,5 \text{ K} \end{aligned}$$

d) Nilai T_r

$$T_r = \frac{T_{t=300}}{T_c}$$

$$= \frac{271}{397,5}$$

$$= 0,68159$$

e) Faktor asentrik (ω)

$$\omega = -1 - \log p_r$$

$$= -1 - \log 0,00075$$

$$= 2,12764$$

f) Koefisien yang dipengaruhi Pr dan Tr (α)

$$\alpha = \{1 + (0,37464 + 1,54226\omega - 0,2699\omega^2)(1 - T_r^{0.5})\}^2$$

$$= \{1 + (0,37464 + 1,54226 \cdot 2,12764 - 0,2699 \cdot 2,21764^2)(1 - 0,68159^{0.5})\}^2$$

$$= 2,02939$$

g) Konstanta Persamaan keadaan Peng Robinson

$$A = \frac{\Omega_a \alpha p_r}{T_r^2}; \Omega_a = 0,45724$$

$$= \frac{0,45724 \times 2,02939 \times 0,00075}{0,68159^2}$$

$$= 0,00149$$

$$B = \frac{\Omega_b p_r}{T_r}; \Omega_b = 0,07779$$

$$= \frac{0,07779 \times 0,00075}{0,68159}$$

$$= 0,00009$$

$$c_2 = B - 1$$

$$= 0,00009 - 1$$

$$= -0,99991$$

$$\begin{aligned}
 c_1 &= A - 2B - 3B^2 \\
 &= 0,00149 - 2 \times 0,00009 - 3 \times 0,00009^2 \\
 &= 0,00132
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c_0 &= AB - B^2 - B^3 \\
 &= 0,00149 \times 0,00009 - 0,00009^2 - 0,00009^3 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

h) Determinan persamaan keadaan Peng Robinson

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{3c_2 - c_1^2}{3} \\
 &= \frac{3 \times (-0,99991) - 0,00132^2}{3} \\
 &= -0,99992
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{2c_2^3 - 9c_2c_1 + 27c_0}{27} \\
 &= \frac{2(-0,99991)^3 - 9(-0,99991)(0,00132) + 27(0)}{27} \\
 &= 0,07450
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= \frac{K^3}{27} + \frac{L^2}{4} \\
 &= \frac{-0,99992^3}{27} + \frac{0,07450^2}{4} \\
 &= -0,03564
 \end{aligned}$$

i) Faktor kompresibilitas (Z)

$$\Phi = \cos^{-1} \left(- \sqrt{\frac{L^2/4}{K^3/27}} \right)$$

$$= 1,37598$$

$$Z_1 = 2 \sqrt{\frac{-K}{3}} \cos \Phi - \frac{C_2}{3}$$

$$= 0,55683$$

$$Z_2 = 2 \sqrt{\frac{-K}{3}} \cos (\Phi + 120) - \frac{C_2}{3}$$

$$= -0,14243$$

$$Z_3 = 2 \sqrt{\frac{-K}{3}} \cos (\Phi + 240) - \frac{C_2}{3}$$

$$= -0,66489$$

Jadi, faktor kompressibilitas yang digunakan untuk menghitung mol gas terurai pada menit ke-300 temperatur *cooling bath* 271 K adalah 0,55683. Untuk nilai faktor kompresibilitas data pada setiap 15 menit hanya mengganti nilai $p_{t=300}$ dengan p pada waktu tersebut.

j) Perhitungan Jumlah Volume Gas

$$\begin{aligned} y_{p=300} &= (5,2338x + 81,615)/1000000 \\ &= (5,2338 \cdot 0,03 + 81,615)/1000000 \\ &= 0,00008177 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

k) Perhitungan Jumlah Mol Gas

$$\begin{aligned} n_{t=300} &= \frac{P_{t=300} \cdot V}{Z \cdot R \cdot T} \\ &= \frac{0,03 \times 10^6 \times 0,00008188}{0,55683 \times 8,31447 \times 271} \\ &= 0,00020 \text{ mol} \end{aligned}$$

4.2.3 Perbandingan Kapasitas Penyimpanan Hidrat antara *Vessel tank* dan *Stirrer tank*

Penelitian kapasitas penyimpanan hidrat dilakukan setelah selesai melakukan pengujian stabilitas hidrat, dengan cara mendinginkan *cryztallizer* hingga temperatur di dalamnya mencapai temperatur ruang 300 K. Contoh perhitungan diambil dari variasi *cooling bath*

temperatur 271 K pada kapasitas penyimpanan gas hidrat propana butana yang mencapai temperatur 300 K dengan waktu 188 menit. Kapasitas penyimpanan hidrat yang dihitung adalah volume gas yang terdekomposisi hingga temperatur ruangan dengan volume gas hidrat secara teoritis dengan volume air 50 cm^3 .

- Perhitungan massa air

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\begin{aligned} m_{H_2O} &= 1 \text{ gr/cm}^3 \times 50 \text{ cm}^3 \\ &= 50 \text{ gr} \end{aligned}$$

- Perhitungan jumlah mol air (H_2O)

$$\begin{aligned} n_{H_2O} &= \frac{m}{Mr(H_2O)} \\ &= \frac{50}{18} \\ &= 2.78 \text{ mol} \end{aligned}$$

- Perhitungan massa dari gas propana butana yang dapat menjadi hidrat secara teoritis menggunakan massa air sebesar 50 gr

$$\begin{aligned} m_{gas} &= m \times 15.5 \% \\ &= 50 \text{ gr} \times 0.155 \\ &= 7.75 \text{ gr} \end{aligned}$$

- Perhitungan mol gas dari gas propana butana yang bias menjadi hidrat secara teoritis menggunakan massa air seberat 50 gr

$$\begin{aligned} n_{gas,teoritis} &= \frac{m_{gas}}{M_r(LPG)} \\ &= \frac{m_{gas}}{M_r(LPG)} \\ &= \frac{7.75}{102} \\ &= 0.07598 \text{ mol} \end{aligned}$$

- Perhitungan volume gas hidrat propana butana secara teoritis

$$\begin{aligned} V_{teoritis} &= \frac{n_{gas,teoritis}}{P_{atm}} \\ &= \frac{0.07598}{1.01325} \\ &= 0.07498 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

- Perhitungan volume gas hidrat propana butana secara aktual menggunakan persamaan gas nyata

$$PV = n Z R T$$

Dapat diasumsikan bahwa nilai Z, R dan T gas hidrat propana butana baik aktual maupun teoritis dalam keadaan standar yaitu tekanan 1 atm dan temperatur 27 °C teoritis adalah sama.

$$\begin{aligned} V_{aktual,1} &= \frac{n_{aktual}}{P} \\ &= \frac{0,01203}{0,214} \\ &= 0,0562149 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

- Perhitungan kapasitas penyimpanan teoritis gas hidrat propana butana

$$\begin{aligned} KP_{teoritis} &= \frac{V_{aktual,1}}{V_{teoritis}} \\ &= \frac{0,0562149}{0,07498} \\ &= 0,7496627 \text{ V/V} \end{aligned}$$

- Perhitungan volume gas hidrat propana butana secara aktual

Volume gas yang digunakan yaitu yang mengalir pada *flowmeter* saat mengeluarkan gas dari *crystallizer*. Didapatkan volume gas yang mengalir pada *flowmeter* menggunakan debit 1,2 L/Min sebesar 24,86 detik. Maka volume aktualnya adalah :

$$\begin{aligned} V_{aktual,2} &= \frac{t}{60} \times 1,2 \frac{L}{min} \\ &= \frac{24,86}{60} \times 1,2 \frac{L}{min} \\ &= 0,05535 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

- Perhitungan kapasitas penyimpanan gas hidrat propana butana aktual menggunakan *flowmeter*

$$\begin{aligned} KP_{aktual} &= \frac{V_{aktual,2}}{V_{teoritis}} \\ &= \frac{0,05535}{0,07498} \\ &= 0,738138 \text{ V/V} \end{aligned}$$

4.2.4 Analisis Validasi Perbandingan antara Konsumsi Gas Teoritis dan Konsumsi Gas Aktual pada Laju Pembentukan Hidrat

Validasi adalah proses membuktikan sejauh mana data yang dihasilkan akurat, validasi dilakukan setelah semua proses pembentukan selesai dengan cara menggunakan perhitungan eksponensial yang didapat dari penelitian raka, *et al* (2014) agar bisa mengetahui konsumsi gas aktual pada setiap waktu.

- Perhitungan pada nt_{15}

$$\frac{dn}{dt} = k \frac{(nt - n_0)}{(n_{max} - n_0)}$$

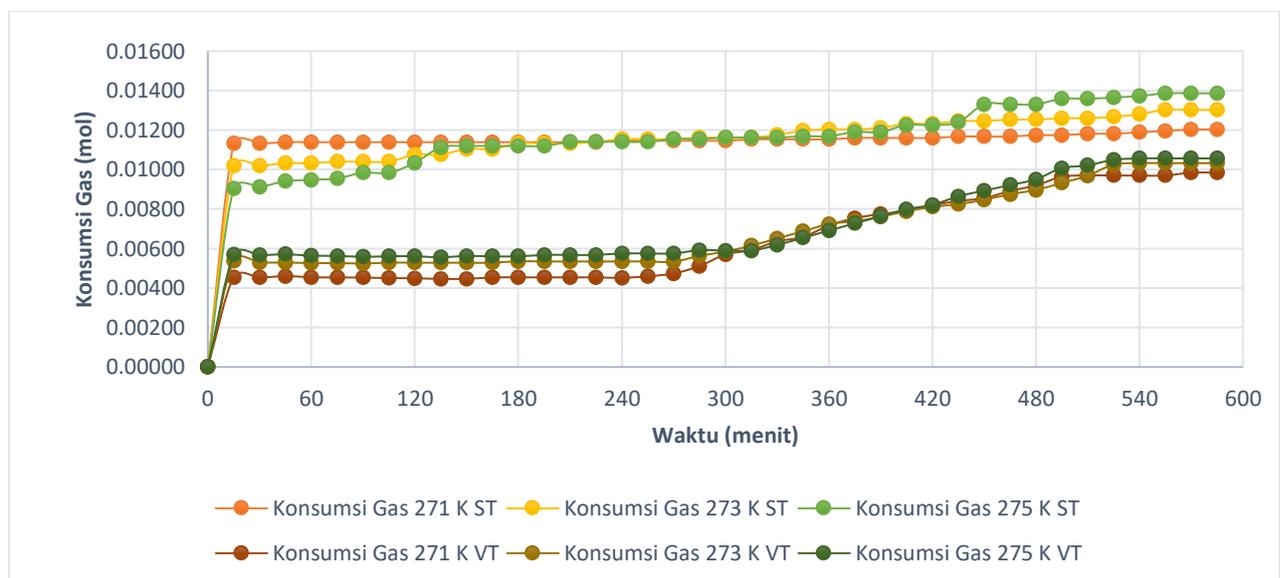
$$\frac{nt-0}{0} = 0,00004455 \frac{(nt-0)}{(0,012029-0)}$$

Mol aktual yang terkonsumsi pada nt_{15} adalah 0.0131738 mol

4.3 Pembahasan

4.3.1 Laju Pembentukan Hidrat

Analisa perbandingan grafik hubungan antara jumlah konsumsi gas terhadap waktu pembentukan hidrat propana butana



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Jumlah Konsumsi Gas terhadap Waktu Pembentukan Hidrat Propana Butana pada *Vessel tank* dan *Stirrer tank*

Pada gambar 4.1 di atas menunjukkan grafik hubungan antara jumlah konsumsi gas propana butana pada alat *vessel tank* dan *stirrer tank* terhadap waktu pembentukan hidrat dengan variasi temperatur sebesar 271 K, 273 K dan 275 K. Jumlah konsumsi gas dalam

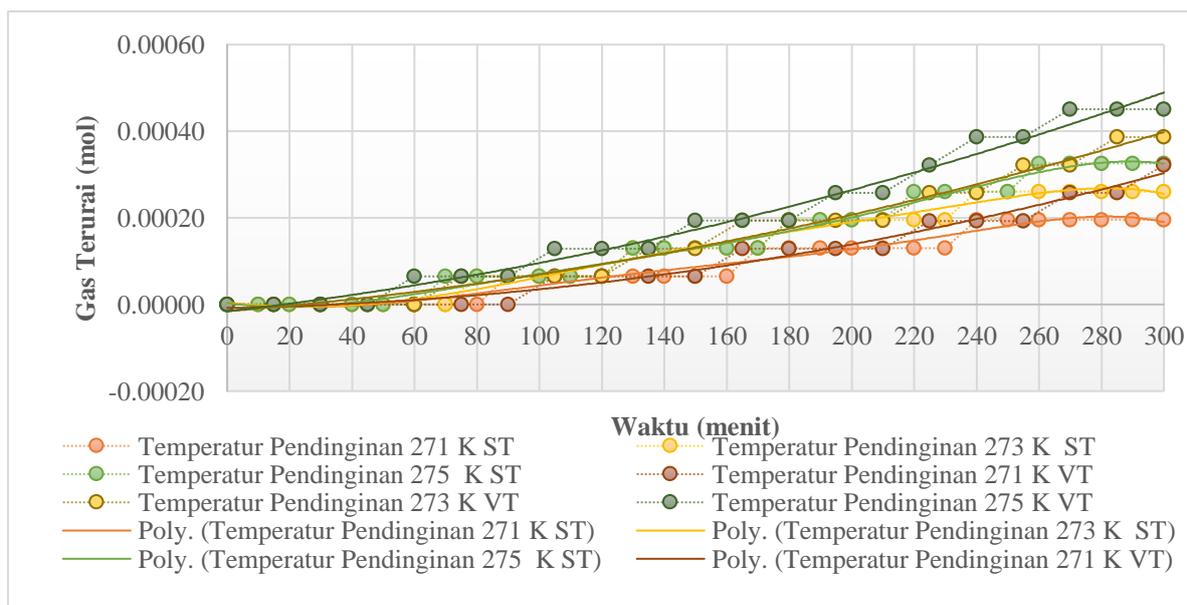
bentuk mol menunjukkan banyaknya gas yang dikonsumsi menjadi hidrat. Jumlah konsumsi paling besar ditunjukkan oleh variasi temperatur *cooling bath* 275 K pada alat *stirrer tank*.

Hal ini dikarenakan pada suhu temperatur pendinginan paling rendah 271 K air lebih cepat menjadi es dari pada hidrat sehingga waktu menarik gas propana butana ke inti hidrat atau ke rongga molekul H₂O dari permukaan lebih pendek daripada waktu variasi temperatur *cooling bath* 275 K. Oleh karena itu pada variasi suhu pendinginan 275 K konsumsi gasnya lebih banyak.

Proses pembentukan hidrat pertumbuhannya dipengaruhi oleh 3 fenomena yaitu kinetik, perpindahan panas dan perpindahan massa gas. Dari gambar 4.1 terlihat bahwa jumlah konsumsi gas pada waktu dan variasi temperatur yang sama pada instalasi alat *stirred tank* konsumsi gasnya lebih besar dikarenakan adanya pengaduk yang menyebabkan terjadinya tingkat agitasi lebih tinggi sehingga mempercepat tingkat perpindahan panas dan massa, dalam sistem pengadukan percampuran antara gas dan airnya lebih efektif sehingga dapat meningkatkan laju pembentukan hidrat secara efektif.

4.3.2 Stabilitas Hidrat

Analisa perbandingan grafik hubungan antara jumlah gas terurai terhadap waktu Stabilitas Hidrat propana butana



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Jumlah Gas Terurai terhadap Waktu Stabilitas Hidrat Propana Butana Pada Instalasi *Stirrer tank* dan *Vessel tank*

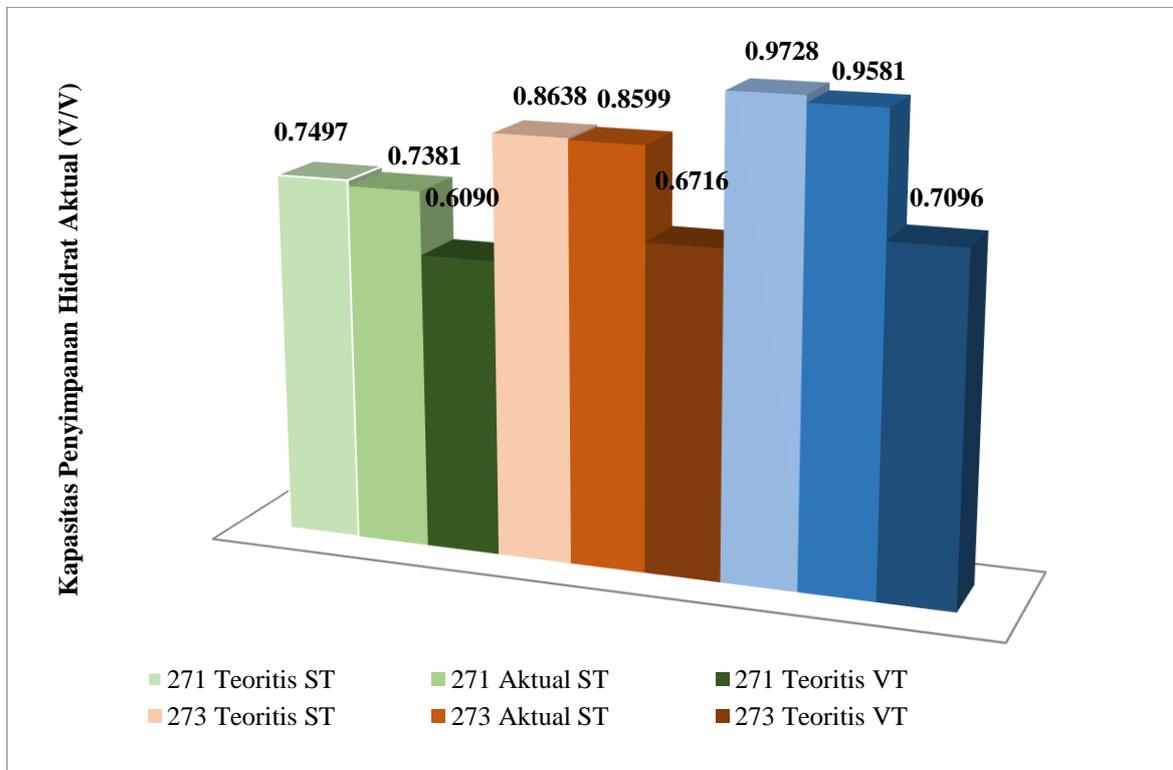
Pada gambar 4.2 menunjukkan grafik hubungan antara jumlah gas terurai hidrat propana butana terhadap waktu pada alat *stirrer tank* dan *vessel tank*. Stabilitas hidrat sendiri adalah kemampuan hidrat untuk mempertahankan struktur hidrat itu sendiri agar tidak terdisosiasi menjadi molekul gas dan air, semakin sedikit gas yang terurai menandakan hidrat tersebut stabil. Stabilitas paling baik ditunjukkan pada variasi temperatur *cooling bath* 271 K pada instalasi alat *stirrer tank*.

Pada gambar 4.2 terlihat bahwa gas yang paling sedikit terurai terjadi pada hidrat dengan pembentukan temperatur *cooling bath* 271 K hal itu dikarenakan pada temperatur pembentukan tersebut lapisan es yang mengelilingi inti hidrat mempunyai temperatur yang lebih rendah daripada variasi temperatur *cooling bath* lainnya sehingga lapisan esnya lebih susah terurai.

Pada gambar 4.2 terlihat bahwa pada Instalasi alat *stirrer tank* memiliki stabilitas yang lebih baik hal ini dikarenakan pada sistem pengadukan permukaan kontak gas air secara terus menerus diperbarui sehingga perpindahan panas yang lebih cepat dan merata menyebabkan tebal dan suhu lapisan es yang terbentuk pada hidratnya lebih merata sehingga lebih susah terdisosiasi dari pada pembentukan hidrat di instalasi alat *vessel tank*

4.3.3 Kapasitas Penyimpanan Hidrat

Analisa Perbandingan diagram kapasitas hidrat teoritis dan aktual pada instalasi alat *Stirrer tank* dan *vessel tank*



Gambar 4.3 Diagram Kapasitas Penyimpanan Hidrat Teoritis dan Aktual Pada *Stirrer tank* dan Penyimpanan hidrat teoritis pada *Vessel tank* dan *Stirrer tank*

Gambar 4.3 menunjukkan diagram kapasitas hidrat propana butana teoritis dan aktual pada variasi *cooling bath* 271 K, 273 K, 275 K. Kapasitas sendiri adalah kemampuan untuk menyimpan molekul gas tamu menjadi hidrat, kapasitas penyimpanan hidrat berbanding lurus dengan konsumsi gas pada saat laju pembentaran hidrat. Kapasitas hidrat tertinggi ada pada variasi *cooling bath* 275 K pada instalasi alat *stirrer tank*.

Pada kapasitas penyimpanan hidrat teoritis yang digunakan adalah perbandingan antara volume dari gas campuran propana butana yang terdekomposisi dari tekanan gas yang terdekomposisi hingga temperatur 27°C dengan volume gas campuran propana butana yang diperoleh dari 15% H₂O (50 cm³) yang akan ditempati oleh hidrat. Pada kapasitas penyimpanan hidrat aktual yang digunakan adalah perbandingan antara volume dari gas campuran propana butana yang terdekomposisi hingga temperatur 27°C pada

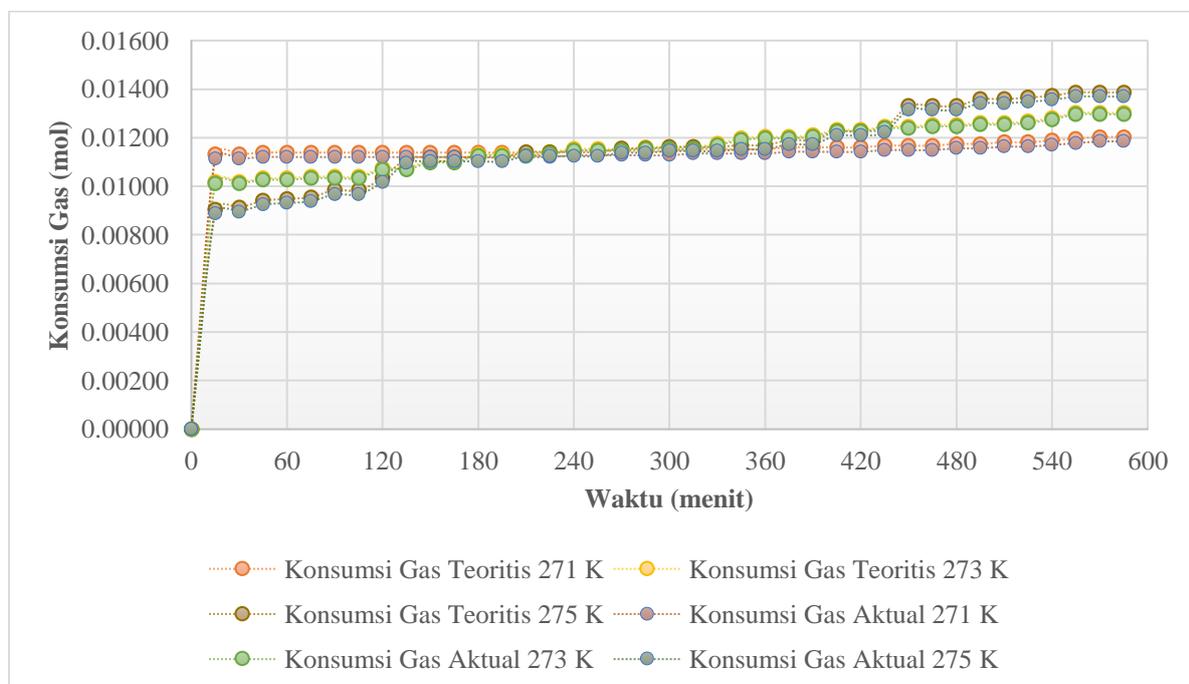
pengukuran *flowmeter* dengan volume gas campuran propana butana yang diperoleh dari 15% H₂O (50 cm³) yang akan ditempati oleh hidrat.

Pada gambar 4.3 dapat disimpulkan bahwa temperatur *cooling bath* paling tinggi 275 K memiliki kapasitas penyimpanan hidrat paling tinggi dengan nilai 0,972800 V/V hal itu sesuai dengan konsumsi gas pada saat temperatur *cooling bath* 275 K yang paling besar daripada yang lain sehingga gas yang tersimpan pada hidrat juga lebih banyak. Pada grafik tersebut juga terlihat adanya perbedaan nilai kapasitas penyimpanan hidrat antara aktual dan teoritis, nilai kapasitas penyimpanan teoritis memiliki nilai yang hamper sama dengan nilai kapasitas penyimpanan aktual.

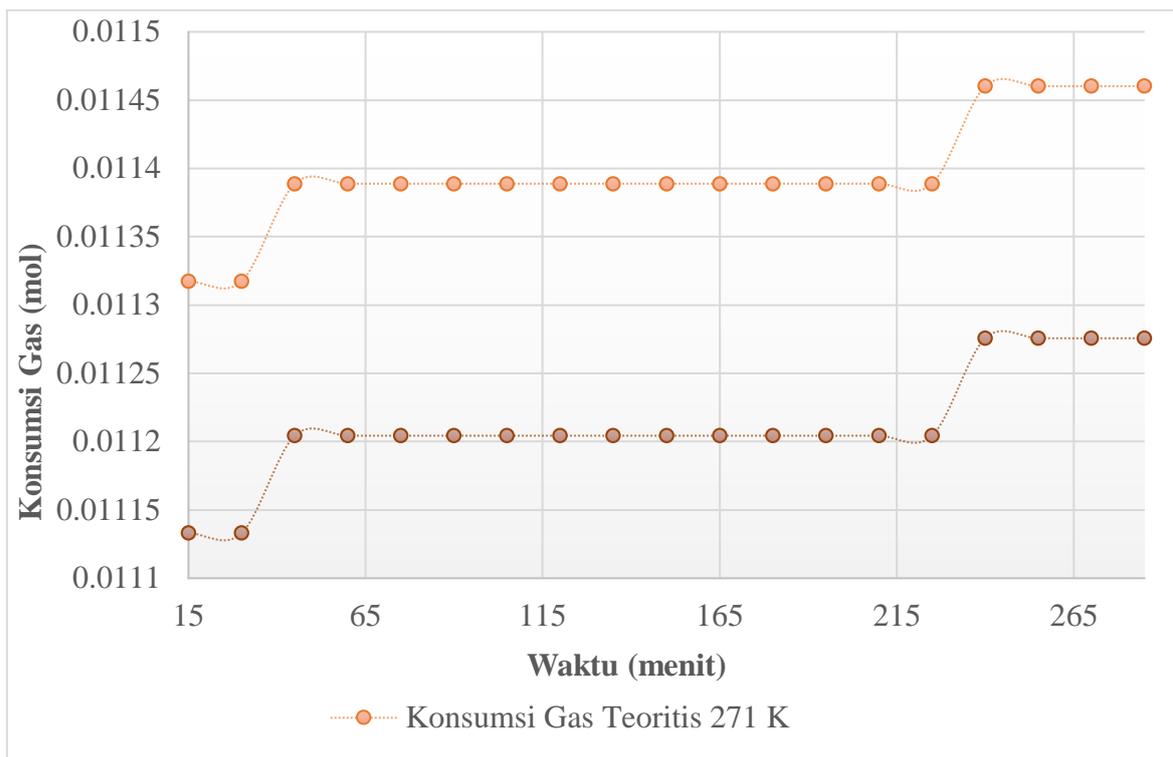
Perbandingan kapasitas penyimpanan hidrat antara *vessel tank* dan *stirrer tank*, *stirrer tank* selalu memiliki kapasitas penyimpanan hidrat lebih besar daripada kapasitas penyimpanan hidrat pada *vessel tank* hal ini sesuai dengan konsumsi gas *stirrer tank* yang selalu lebih besar dari pada konsumsi gas *vessel tank* pada saat pembentukan hidrat.

4.3.4 Validasi Konsumsi Gas Teoritis dan Aktual

Analisis Validasi Perbandingan antara Konsumsi Gas Teoritis Menggunakan Perhitungan dan Konsumsi Gas Aktual Hidrat Menggunakan Pengukuran Terhadap Waktu pada Laju Pembentukan Hidrat Gas Campuran Propana Butana

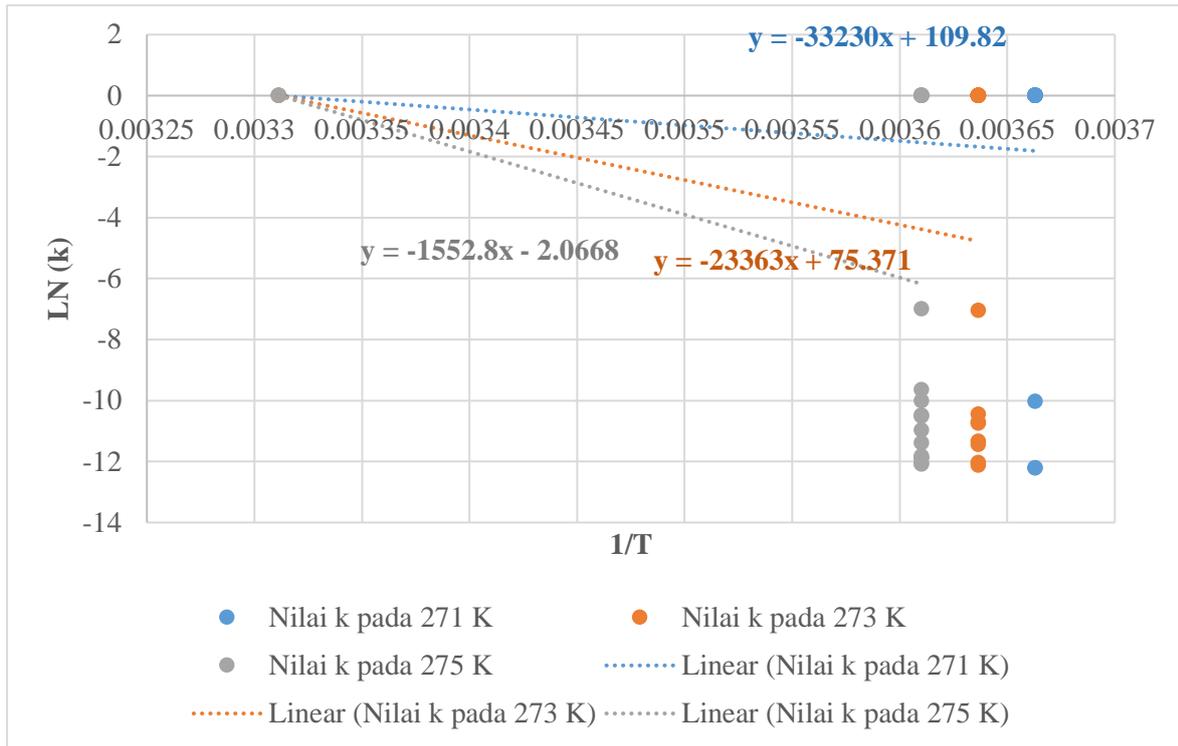


Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Konsumsi Gas Teoritis dan Konsumsi Gas Aktual Terhadap Waktu Pembentukan Hidrat Gas Campuran Propana Butana

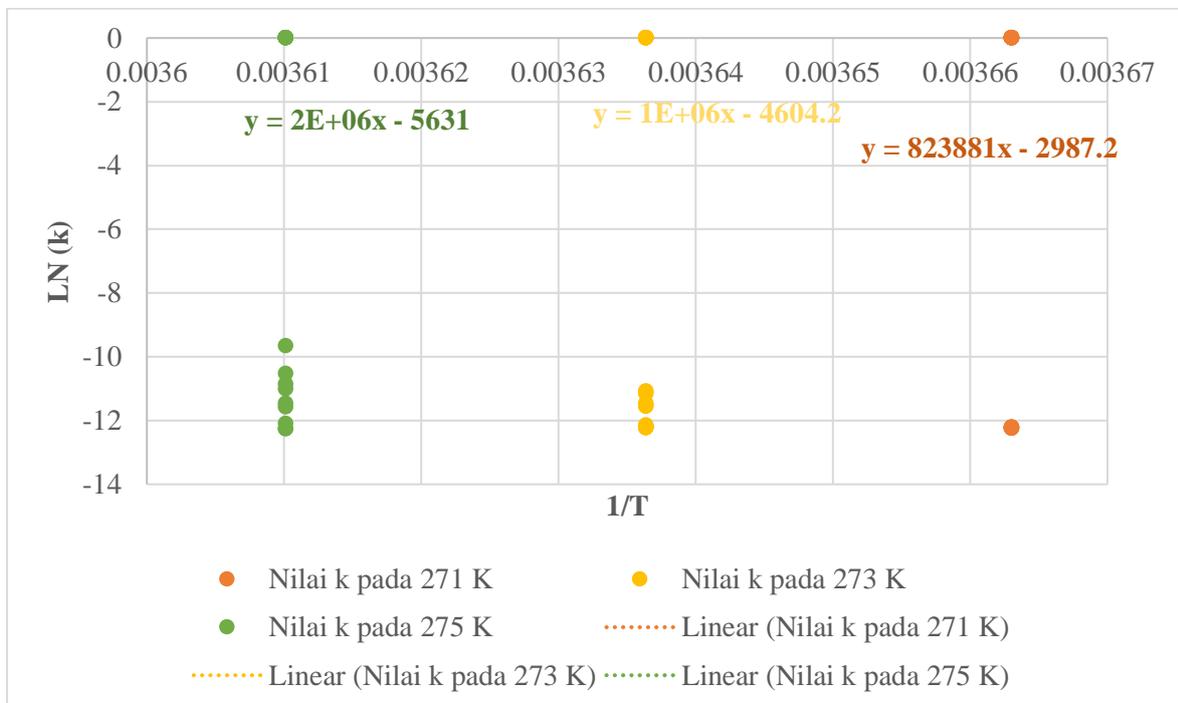


Gambar 4.5 Perbesaran Grafik Hubungan Antara Konsumsi Gas Teoritis dan Konsumsi Gas Aktual Terhadap Waktu Pembentukan Hidrat Gas Campuran Propana Butana Pada Temperatur *Cooling Bath* 271 K

Gambar 4.5 merupakan grafik hubungan antara konsumsi gas teoritis dan konsumsi gas aktual terhadap waktu pembentukan hidrat gas propana butana pada masing-masing variasi temperatur *cooling bath*. Jumlah konsumsi gas teoritis diperoleh melalui perhitungan menggunakan rumus persamaan gas nyata, sedangkan untuk jumlah konsumsi gas aktual diperoleh melalui jumlah gas yang terurai pada kapasitas penyimpanan hidrat. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai konsumsi gas teoritis dan konsumsi gas aktual memiliki nilai yang hampir sama, konsumsi gas teoritis lebih besar daripada aktual hal ini dikarenakan adanya faktor K, Faktor K merupakan konstanta pembentukan hidrat gas, factor k tidak hanya waktu saja akan tetapi juga meliputi factor lainnya seperti tekanan dan temperatur. Nilai k dapat dilihat pada gambar 4.6 dan 4.7.



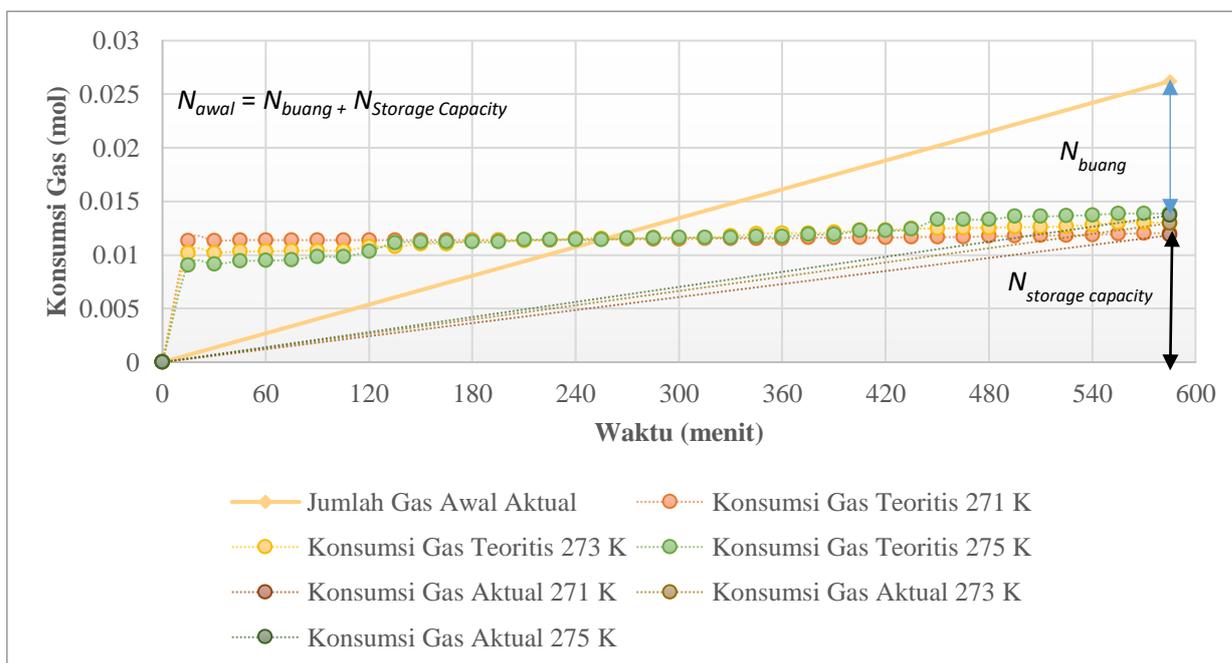
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Nilai Konstanta Laju Pembentukan (k) Terhadap Temperatur Pada Fase Pertama



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Nilai Konstanta Laju Pembentukan (k) Terhadap Temperatur Pada Fase Kedua

Dengan membuat grafik hubungan antara $\ln(k)$ terhadap $\frac{1}{T}$, kemudian grafik yang terbentuk dicari persamaan garis lurus nya dari regresi linear. Sehingga didapatkan grafik seperti di atas, yang menunjukkan bahwa pada fase pertama dan kedua nilai k pada masing-masing variasi temperatur pembentukan berbeda-beda.

Nilai k dibedakan menjadi dua, hal ini disebabkan proses yang terjadi pada laju pembentukan hidrat gas terdiri dari dua fase. Fase yang pertama merupakan waktu induksi dimana wujudnya masih berupa uap dan air. Sedangkan untuk fase kedua merupakan fase pertumbuhan hidrat, dimana wujudnya sudah berupa uap dan es.



Gambar 4.8 Grafik Hubungan Antara Jumlah Konsumsi Gas terhadap Waktu Pembentukan Hidrat Propana Butana pada *Stirrer tank*

Gambar 4.8 yang menjelaskan hubungan antara jumlah konsumsi gas terhadap waktu pada laju pembentukan hidrat gas terdapat pula jumlah gas pada kondisi awal saat laju pembentukan hidrat. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan sebuah rumus yaitu :

$$N_{\text{awal}} = N_{\text{buang}} + N_{\text{Storage Capacity}} \dots\dots\dots (4.2)$$

dengan :

N_{Awal} = Jumlah gas pada kondisi awal (mol)

N_{Buang} = Jumlah gas yang tidak terbentuk menjadi hidrat, sehingga dibuang pada saat pengambilan data stabilitas hidrat (mol)

$N_{\text{Storage Capacity}}$ = Jumlah gas yang menjadi hidrat, sehingga merupakan jumlah kapasitas penyimpanan hidrat (mol)

Dari persamaan 4.2 dapat disimpulkan bahwa jumlah gas pada kondisi awal sebelum dilakukan penelitian laju pembentukan hidrat adalah sama dengan selisih antara jumlah gas yang tidak terbentuk hidrat yang dibuang ketika penelitian stabilitas hidrat dengan jumlah gas pada kapasitas penyimpanan. Jumlah konsumsi gas secara teoritis adalah sebagai berikut: pada temperatur pembentukan 271 K sebesar 0,01203 mol, pada temperatur pembentukan 273 K sebesar 0,01302 mol dan pada temperatur pembentukan 275 K sebesar 0,01386 mol. Sedangkan untuk jumlah konsumsi gas aktualnya adalah sebagai berikut: pada temperatur pembentukan 271 K sebesar 0,01184 mol, pada temperatur pembentukan 273 K sebesar 0,01296 mol dan pada temperatur pembentukan 275 K sebesar 0,013693 mol.

Dengan menggunakan persamaan 4.2 dan mengacu pada hasil yang didapatkan pada gambar 4.3 yaitu diagram kapasitas penyimpanan hidrat teoritis dan aktual didapatkan bahwa hasil dari jumlah gas yang dikonsumsi pada saat laju pembentukan sama dengan jumlah gas pada kapasitas penyimpanan hidrat.