

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTAR TERHADAP  
KARAKTERISTIK GAS HIDRAT CAMPURAN PROPANA-BUTANA  
PADA *STIRRER TANK***

**ARTIKEL ILMIAH  
TEKNIK MESIN KONSENTRASI KONVERSI ENERGI**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
Memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**DONY RIZAL MUZAKKI  
NIM. 125060200111047**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2016**

# Pengaruh Variasi Kecepatan Putar terhadap Karakteristik Gas Hidrat Campuran Propana Butana pada *Stirrer Tank*

Dony Rizal Muzakki, Widya Wijayanti, Purnami

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Jl. MT. Haryono no. 167 Malang, 65145, Indonesia

Email: Donyrizal90@gmail.com

## ABSTRAK

*Hidrat gas alam (Natural Gas Hydrate) adalah kristal padat yang berbentuk es terdiri dari air dan gas pada kondisi tekanan yang tinggi dan temperatur yang rendah. Molekul air memiliki ikatan hidrogen membentuk sebuah kerangka yang memiliki rongga. Di dalam rongga antar molekul air terdapat molekul gas yang terjebak pada berbagai macam bentuk dan ukuran. Banyak penelitian telah dilakukan tentang penyimpanan gas hidrat karena hidrat sudah dianggap hal penting dalam media penyimpanan dan transportasi dalam industri petrolium. Karakteristik gas hidrat meliputi laju pembentukan, stabilitas dan kapasitas penyimpanan. Dalam penelitian ini pengaruh kecepatan putar stirrer dapat mempengaruhi laju pembentukan, stabilitas serta kapasitas penyimpanan gas hidrat. Variabel bebas pada penelitian ini adalah putaran stirrer 200 rpm, 300 rpm dan 400 rpm. Variable terikatnya adalah laju pembentukan, stabilitas dan kapasitas penyimpanan. Variable terkontrolnya adalah volume air demin 50 ml, temperatur pembentukan dan stabilitas yaitu 273 K dan 268 K. Tekanan yang digunakan pada setiap variasi kecepatan sebesar 0.2 MPa. Dan didapatkan kecepatan putar stirrer 400 rpm memiliki laju pembentukan hidrat, stabilitas dan kapasitas tertinggi dibandingkan dengan kecepatan putar stirrer 300 rpm dan 200 rpm. Sedangkan laju pembentukan, stabilitas dan kapasitas hidrat paling rendah terjadi pada kecepatan putaran 200 rpm.*

**Kata kunci:** *Hidrat gas, Laju pembentukan, Kecepatan putar stirrer atau pengaduk*

## Pendahuluan

*Natural Gas Hydrate* merupakan gas alam padat yang terjadi ketika partikel dari gas alam seperti metana, etana, propana dan butana menstabilkan ikatan hidrogen dengan air untuk membentuk struktur rongga 3 dimensi dengan molekul gas alam terjebak dalam rongga tersebut. Sebuah rongga yang terbuat dari beberapa molekul air yang terikat oleh ikatan hidrogen. Tipe ini dikenal dengan nama *clathrates*. *Clathrates* adalah gas yang mengisi hidrat. Gas alam padat atau biasanya disebut *Clathrate Hydrate* akan menjadi media baru untuk penyimpanan dan transportasi gas, karena memiliki stabilitas yang tinggi pada suhu dibawah 0°C pada tekanan atmosfer. Kestabilan tersebut disebabkan karena lapisan es menutupi hidrat dan mencegah penguraian lebih lanjut.

Pembentukan hidrat terjadi ketika sistem pada temperatur rendah dan tekanan yang tinggi, terdapat klatrat sebagai pengisi hidrat, terdapat air yang cukup (tidak terlalu banyak dan tidak terlalu sedikit) serta gaya yang menyebabkan gas alam terlarut dalam air.

Hidrat gas merupakan salah satu metode distribusi gas alam yang saat ini masih dikembangkan oleh para ilmuwan dan industri *petroleum*. Hidrat gas merupakan kristal padat berbentuk es terdiri dari air dan gas pada tekanan dan temperatur tertentu. Molekul air yang memiliki ikatan hidrogen membentuk sebuah kerangka yang memiliki rongga. Di dalam rongga antar molekul terdapat molekul gas yang terjebak pada berbagai macam bentuk dan ukuran [1]. Struktur pada hidrat dibagi menjadi 3 yaitu struktur

kubus I, struktur kubus II dan struktur heksagonal.

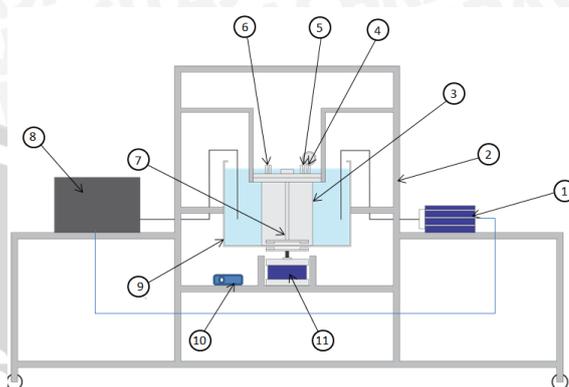
Penelitian tentang stabilitas hidrat yang memungkinkan hidrat untuk tetap stabil pada tekanan atmosfer dan beberapa derajat di bawah titik es, para ilmuwan telah tertarik untuk mempelajari penyimpanan dan transportasi gas dalam bentuk hidrat. Pada pembentukan hidrat, tingkat konsumsi gas merupakan tingkat pembentukan hidrat yang dapat dikendalikan dengan perpindahan panas. Hidrat memiliki sifat tidak stabil pada tekanan atmosfer dan temperatur beberapa derajat di bawah titik beku es. Sifat yang metastabil mencegah hidrat terbentuk pada titik kesetimbangan hidrat. Penguraian hidrat merupakan proses endotermik dengan panas yang bersumber dari luar sistem untuk memecah ikatan hidrogen antara molekul air untuk menguraikan hidrat menjadi air dan gas [2].

Banyak penelitian tentang gas hidrat salah satunya yaitu Ganji *et al.* [1] dalam penelitiannya yaitu tentang pengaruh dari surfaktan anion, kation dan non-ion pada laju pembentukan, stabilitas dan kapasitas penyimpanan dari hidrat metana. Namun penelitian tersebut gas metana sebagai klatrat sedangkan di Indonesia masih jarang digunakan dalam kegiatan industri maupun rumah tangga. Gas yang sering digunakan yaitu LPG (*liquid protelium gas*). LPG sendiri terdiri dari propana dan butana

Pada penelitian ini, laju pembentukan, stabilitas dan kapasitas penyimpanan dari hidrat campuran propana dan butana yang merupakan komposisi dari LPG akan diteliti dengan menggunakan air demineral. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan putar terhadap karakteristik gas hidrat campuran propana dan butana pada *stirrer tank* dari masing-masing variasi kecepatan putar *stirrer*.

## Metode Penelitian

### 1. Alat



Gambar 1. Instalasi alat penelitian

Keterangan:

1. Pompa Air
2. *Frame*
3. *Crystallizer*
4. Katup gas
5. *Pressure sensor*
6. *Thermocouple*
7. *stirrer*
8. *freezer box*
9. *Cooling bath*
10. Potensiometer
11. Motor DC

Instalasi alat pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. Alat ini terdiri dari pompa air sebagai sirkulasi pendinginan dari *freezer box* ke *cooling bath*. *Crystallizer* dengan diameter dalam 7 cm, tinggi 12 cm dan total volume 300 cm<sup>3</sup>. *Crystallizer* memiliki katup yang berfungsi untuk memasukkan dan mengeluarkan gas. *Stirrer* adalah pengaduk didalam *crystallizer*. *Pressure sensor* sebagai alat ukur tekanan didalam *crystallizer*. *Thermocouple* sebagai alat ukur temperatur di dalam *crystallizer*. Motor listrik dan potensiometer digunakan untuk mengatur kecepatan putar *stirrer*.

## 2. Bahan

Gas yang digunakan adalah campuran propana dan butana dengan komposisi masing-masing 50% dan air demineral digunakan untuk pembentukan hidrat. Es dan garam yang digunakan untuk bahan *cooling bath* ketika stabilitas hidrat.

### Prosedur Penelitian

#### 1. Pembentukan hidrat

Pada saat pengujian pembentukan hidrat, tabung *crystallizer* dibersihkan dari kotoran menggunakan air bersih dan kemudian dibersihkan menggunakan *tissue* dari sisa air. Memasukkan air demineral ke dalam *crystallizer* sebanyak 50 cm<sup>3</sup>. *Crystallizer* tersebut dibuat dalam keadaan vakum. Memasang selang gas pada katub gas di *crystallizer*. Kemudian memasukkan gas campuran propana dan butana ke dalam *crystallizer* sampai tekanan dalam tabung sebesar 0.2 MPa pada temperatur 300 K. *Crystallizer* dimasukkan ke dalam *cooling bath* dalam kondisi center diatas motor DC yang sudah terpasang baling – baling disertai magnet untuk memutar *stirrer* atau pengaduk didalam *crystallizer*. setelah sistem mencapai kesetimbangan, *cooling bath* yang disirkulasi dari *freezer box* dengan menggunakan pompa air yang temperturnya sudah diatur sesuai dengan temperatur pembentukan hidrat (273 K) dan kecepatan putaran *crystallizer* diatur sebesar 400 rpm. Data temperatur, tekanan dan waktu selama pembentukan hidrat dicatat tiap 15 menit selama 10 jam. Jumlah gas yang dikonsumsi selama pembentukan hidrat ditunjukkan pada Persamaan 1.

$$n = \frac{PV}{ZRT} \quad (1)$$

P, V dan T adalah tekanan, volume dan temperatur gas. R adalah konstanta gas dan Z adalah faktor kompresibilitas dari persamaan keadaan Peng Robinson.

## 2. Pengujian Stabilitas

Pada pengujian stabilitas hidrat dilakukan setelah pembentukan hidrat selama 10 jam. Temperatur pada *cooling bath* diturunkan menjadi 268 K. Kemudian katub gas dibuka untuk membuang gas yang tidak terbentuk hidrat dan kemudian ditutup kembali untuk pengujian stabilitas. Setelah gas yang tidak menjadi hidrat dibuang, sistem didiamkan selama 5 jam untuk mengetahui dekomposisi yang terjadi pada temperatur 268 K. Kemudian Data temperatur, tekanan dan waktu dicatat setiap 15 menit selama 5 jam dan perhitungan gas yang terdekomposisi menggunakan Persamaan 1.

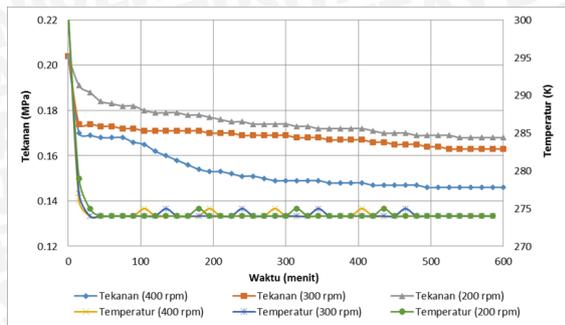
## 3. Pengujian Kapasitas Penyimpanan

Setelah pengujian stabilitas dengan sistem didiamkan selama 5 jam, kemudian *crystallizer* didiamkan pada temperatur ruang sehingga hidrat akan terdekomposisi seluruhnya dan melepas gas propana dan butana yang terperangkap dalam rongga molekul air. Setelah temperatur didalam *crystallizer* mencapai temperatur ruang (300K), data tekanan dicatat. Jumlah kapasitas penyimpanan hidrat berdasarkan besarnya tekanan maksimal di dalam *crystallizer* pada saat mencapai temperatur ruang. Gas Propana dan butana yang terperangkap dihitung dalam volume pada keadaan standar dibandingkan dengan volume ketika di dalam *crystallizer*.

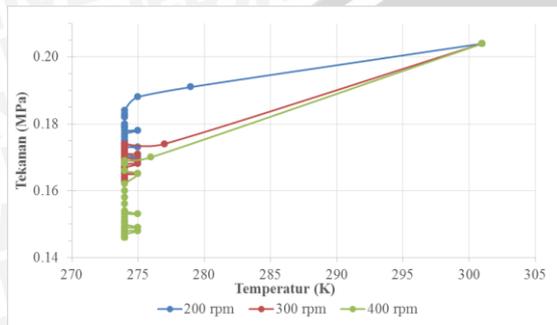
### Hasil dan Pembahasan

#### 1. Laju Pembentukan Hidrat

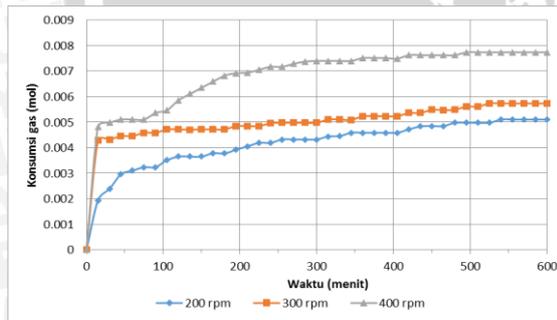
Pada Gambar 1. Pembentukan hidrat ditandai ada adanya penurunan tekanan tanpa perubahan temperatur. Penurunan temperatur sampai menit ke 30 belum terjadi pembentukan hidrat dikarenakan masih dalam kondisi metastabil (kemampuan suatu sistem *non-equilibrium* untuk bertahan dalam jangka waktu yang panjang).



Gambar 1. Grafik Hubungan antara Tekanan dan Temperatur terhadap Waktu Pembentukan Gas Hidrat Propana Butana



Gambar 2. Grafik Hubungan antara Tekanan dengan Temperatur pada Pembentukan Gas Hidrat Propana Butana



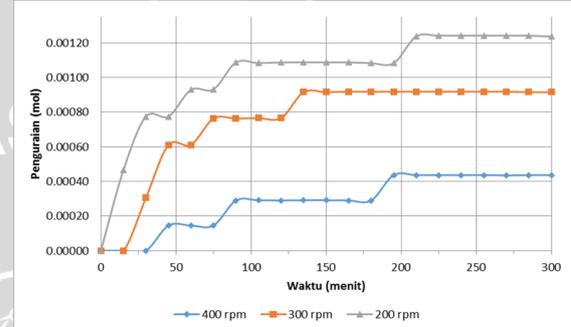
Gambar 3. Grafik Hubungan antara Konsumsi Gas Propana dan Butana terhadap Waktu Pembentukan Gas Hidrat

Pada gambar 2. Penurunan tekanan paling tinggi terjadi pada kecepatan putar *stirrer* 400 rpm. Sedangkan penurunan tekanan paling rendah terjadi pada kecepatan putar *stirrer* 200 rpm. Pada Gambar 3. Menunjukkan konsumsi gas paling tinggi pada kecepatan putar *stirrer* 400 rpm dan terendah pada 200 rpm. Hal ini disebabkan karena semakin besar kecepatan putar *stirrer*, perpindahan massa gas ke dalam rongga molekul air semakin cepat dan laju perpindahan panas dari sistem

menuju lingkungan (*cooling bath*) juga akan semakin besar karena perbedaan temperatur antara sistem dan lingkungan semakin tinggi serta bidang kontak antara sistem dengan dinding *crystallizer* semakin besar sehingga hidrat lebih cepat terbentuk

## 2. Stabilitas Gas Hidrat

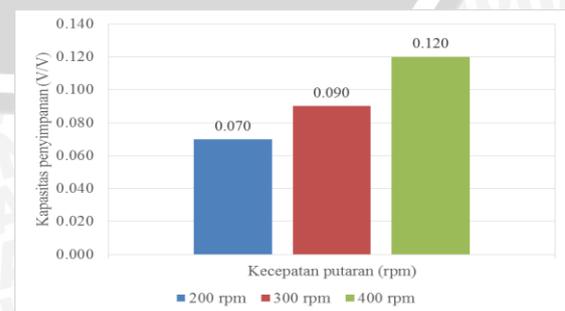
Pada Gambar 3. menunjukkan laju penguraian hidrat campuran propana dan butana pada temperatur 268 K.



Gambar 4. Grafik laju penguraian hidrat campuran propana dan butana pada temperatur 268 K

Penguraian tercepat terjadi pada kecepatan putar *stirrer* 200 rpm yaitu pada menit ke 15 diikuti kecepatan putar *stirrer* 300 rpm hidrat terurai pada menit ke 30, sedangkan penguraian terlama pada kecepatan putar *stirrer* 400 rpm yaitu pada menit ke 45. Jika hidrat semakin mudah mengurai, maka hidrat tersebut memiliki stabilitas yang rendah. Sebaliknya, jika hidrat semakin sulit mengurai, maka hidrat tersebut memiliki stabilitas yang tinggi.

## 3. Kapasitas Penyimpanan Gas Hidrat Propana Butana



Gambar 6. Kapasitas Penyimpanan Gas Hidrat Propana Butana

Gambar 6 menunjukkan kapasitas penyimpanan gas hidrat propana butana dengan membandingkan antara volume gas tersebut pada keadaan standar (tekanan 1 atm dan temperatur 27 °C) dengan volume gas dari hidrat yang terurai di dalam *crystallizer* pada putaran *stirrer* 200, 300 dan 400 rpm. Kapasitas penyimpanan gas hidrat campuran propana dan butana tertinggi terjadi pada putaran *stirrer* 400 rpm sebesar 0.120 V/V diikuti putaran 300 rpm yaitu sebesar 0.090 V/V serta kapasitas penyimpanan terendah terjadi pada putaran *stirrer* 200 rpm yaitu sebesar 0.070 V/V. Hal tersebut dikarenakan semakin tinggi putaran *stirrer* didalam *crystallizer* maka konsumsi gas atau gas yang menjadi hidrat semakin besar karena semakin cepat putaran *stirrer* maka perpindahan massa gas ke dalam molekul air semakin cepat yang mengakibatkan laju pembentukan hidrat semakin cepat. Tingkat konsumsi gas yang semakin tinggi menyebabkan kapasitas penyimpanan gas propana dan butana semakin tinggi. Tingkat konsumsi gas yang terendah pada hidrat dengan kecepatan putaran 200 rpm yang menyebabkan kapasitas penyimpanannya paling rendah.

#### KESIMPULAN

1. Semakin besar kecepatan putar *stirrer* atau pendaduk yang diberikan maka semakin cepat laju pembentukan hidrat dan stabilitas hidrat dalam waktu yang lebih lama serta semakin besar kapasitas penyimpanan hidrat yang disebabkan karena semakin cepat putaran *stirrer* mengakibatkan adanya gaya sentrifugal yang mengakibatkan terjadinya agitasi ( kavitasi atau turbulensi) dalam sistem semakin besar sehingga perpindahan massa gas ke dalam rongga molekul air dan perpindahan panas dari *cooling bath* ke sistem semakin cepat.
2. Penyimpanan gas hidrat yang meliputi laju pembentukan, stabilitas dan kapasitasgas hidrat campuran propana butana tertinggi pada pembentukan

hidrat selama 10 jam adalah variasi kecepatan putar *stirrer* sebesar 400 rpm, diikuti 300 rpm serta yang terendah 200 rpm. Dengan konsumsi gas pada laju pembentukan masing - masing yaitu 400 rpm sebesar 0.007737522 mol, 300 rpm sebesar 0.005736149 mol serta 200 rpm sebesar 0.005105097.

#### SARAN

1. Penelitian tentang penyimpanan gas hidrat propana butana dapat di variasikan dengan jumlah air yang akan dijadikan hidrat dengan menggunakan gas hidrokarbon lainnya sebagai gas hidrat.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh massa gas campuran propana butana dalam pembentukan hidrat, stabilitas dan kapasitas penyimpanan hidrat.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh temperatur pada pembentukan hidrat campuran propana butana pada *stirrtank*.
4. Tingkat stabilitas gas hidrat divariasikan dalam beberapa temperatur, selama temperatur tersebut masih dalam daerah kesetimbangan fasa hidrat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ganji, H., Manteghian, M., Zadeh, Sadaghiani, K., Omiddkhah, R.M. & Mofrad, Rahimi, H. 2005. *Effect of Different Surfactants on Methane Hydrate Formation Rate, Stability and Storage Capacity*. Iran.
- [2] Carroll, John. 2009. *Natural Gas Hydrate A Guide for Engineers*. Second Edition. British Library, USA.
- [3] Cengel, Y. A. dan Boles, M. A. 2006. *Thermodynamics: An Engineering Approach* 5th edition. New York: Mc Graw-Hill Book.
- [4] Almatsany, A. Syairul Alim. 2015. *Pengaruh Kecepatan Putaran crystallizer terhadap Laju Pembentukan, Stabilitas dan Kapasitas Penyimpanan Hidrat*

*Campuran Propana dan Butana.*  
Indonesia.

- [5] Sloan, E. D. dan Koh, C. A. 2008. *Clathrate Hydrates of Natural Gas: Third Edition*. New York: CRC Press.
- [5] Prahesti, O. Ika. 2015. *Pengaruh Variasi Tekanan Terhadap Karakteristik Pembentukan Gas Hidrat Propana Butana*

