

KARAKTERISTIK GAS PADA PERFORMASI GAS HIDRAT

Widya Wijayanti
Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya
Jl. MT Haryono 167, Malang
E-mail: widya_dinata@ub.ac.id

Abstract

Gas hidrat termasuk senyawa kimia yang tersusun atas senyawa dengan komposisi tetap pada tekanan dan temperatur tertentu. Hidrat terbentuk karena adanya gaya tarik menarik pada molekul sehingga molekul air membentuk ikatan hidrogen yang akhirnya menjadi rangka dengan rongga. Pada rongga antar molekul tersebut terdapat molekul gas yang terjebak dengan berbagai macam bentuk dan ukuran. Adapun salah satu kegunaan hidrat adalah sebagai media distribusi dan penyimpanan gas.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk melihat karakteristik jenis gas terhadap performasi gas hidrat yang meliputi laju pembentukan, stabilitas dan kapasitas penyimpanannya. Jenis gas yang digunakan pada penelitian ini adalah gas butana, metana dan campuran propane-butana. Adapun tekanan dan temperatur yang digunakan untuk melihat performasinya adalah sama pada setiap jenis gas dengan tekanan sebesar 2 bar dengan temperatur pembentukan 273 K. Sedangkan temperatur stabilitasnya adalah sebesar 268 K. Penelitian dilakukan pada jenis crystallizer yang menggunakan stirrer tank.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju pembentukan paling cepat, stabilitas paling kuat, dan kapasitas terbesar dicapai oleh butana. Sedangkan metana pada penelitian ini tidak berhasil membentuk hidrat karena tekanan pembentukan yang diberikan pada crystallizer tidak mencapai diagram kesetimbangan perubahan fasenya.

Keywords: karakteristik, gas, performasi, hidrat

PENDAHULUAN

Salah satu masalah krusial dalam proses pendistribusian bahan bakar gas adalah metode penyimpanannya. Saat ini, metode yang digunakan salah satunya adalah penyimpanan gas dalam hidrat. Hidrat gas adalah kristal padat dengan bentuk menyerupai es yang tersusun atas gas alam dan air yang terbentuk pada tekanan dan temperatur tertentu [1]. Gas yang mengisi rongga pada hidrat tersebut dinamakan klatrat.

Dalam beberapa tahun terakhir, gas hidrat mulai banyak diteliti karena potensi gas hidrat dapat memecahkan masalah krisis energi, yaitu untuk mengatasi masalah penyimpanan dan distribusi. Awalnya, sering ditemukan jebakan gas pada molekul air yang membeku pada pipa penyaluran di industri petroleum sehingga mengganggu proses distribusinya. Ternyata, mulai disadari bahwa hidrat ini memiliki potensi. Sebab struktur hidrat yang mirip dengan es berongga ini dapat menyimpan gas sehingga dapat

digunakan sebagai media penyimpanan gas yang baik.

Untuk mengetahui potensi gas hidrat ini, maka perlu diamati karakteristiknya. Karakteristik gas hidrat ini sangat penting untuk diketahui karena dapat memaksimalkan potensi gas hidrat sebagai media tempat penyimpanan gas serta dapat pula memecahkan masalah-masalah yang ditimbulkan oleh gas hidrat itu sendiri. Karakteristik gas hidrat yang diteliti mulai dari pembentukan, kestabilan, hingga penguraian.

Salah satu penelitian sebelumnya Ganji et al [1] meneliti tentang karakteristik hidrat yang meliputi laju pembentukan, stabilitas dan kapasitas penyimpanan dari hidrat dengan menggunakan gas metana yang dipengaruhi oleh surfaktan anion, kation dan non-ion.

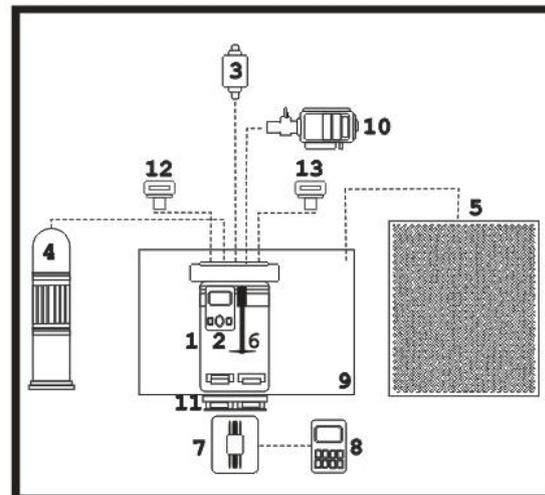
Selain dipengaruhi oleh tekanan dan temperaturnya, karakteristik gas hidrat sangat tergantung pada jenis gas yang akan diikat oleh molekul airnya. Penelitian sebelumnya [2] menjelaskan bahwa jenis gas sangat mempengaruhi struktur dari hidratnya. Seperti

yang sudah dijelaskan sebelumnya hidrat mempunyai rongga yang terbentuk dari ikatan hidrogen yang tersusun atas molekul air. Molekul air ini tersusun dengan berbagai struktur. Hidrat diklasifikasikan berdasarkan molekul air yang membentuk kristal es [2]. Hidrat gas alam umumnya diklasifikasikan menjadi 3 jenis menurut struktur kristalnya yaitu struktur kubus I (sI), struktur kubus II (sII) dan struktur heksagonal (sH). Pada umumnya jenis struktur ini bergantung pada variasi jenis gas yang digunakan.

Sayangnya, penelitian tersebut belum menjelaskan karakteristik dari masing-masing gas itu sendiri, terutama pada stabilitas dan kapasitas penyimpanannya. Oleh karena itu, penelitian kali ini akan meneliti bagaimana efek dari masing-masing jenis gas pada karakteristik gas hidratnya. Karakteristik gas hidrat yang diteliti meliputi dari laju pembentukan, stabilitas dan juga kapasitas penyimpanan. Pada penelitian ini digunakan variasi jenis gas metana, butana dan campuran propana-butana. Penelitian ini menggunakan lama waktu pembentukan selama 10 jam, sedangkan untuk menguji kestabilan hidratnya diambil waktu selama 5 jam.

METODOLOGI PENELITIAN

Pada gambar 1 dijelaskan skema instalasi alat penelitian gas hidrat. Alat ini terdiri atas *crystallizer* sebagai media tempat hidrat terbentuk dan *stirrer* yang melekat di atas magnet yang berfungsi sebagai pengaduk gas-air di dalam *crystallizer*. Selanjutnya untuk mengkondisikan *crystallizer* sesuai dengan temperatur yang diinginkan (273 K untuk proses pembentukan dan 268 K untuk proses stabilisasi) digunakan *refrigerator* dan pompa sebagai alat untuk mensirkulasi air pendingin yang akan digunakan untuk menurunkan serta menjaga suhu dalam *Cooling bath* agar tetap konstan. *Cooling bath* sendiri digunakan sebagai sistem tempat *crystallizer* serta tempat air bersirkulasi. Di dalam *crystallizer* dan *cooling bath* dipasang *thermocouple* yang berguna untuk mengukur suhu selama proses pengamatan karakteristik gas hidrat. Sedangkan tekanan di dalam *crystallizer* diukur dengan menggunakan *pressure sensor*. Adapun magnet dibangkitkan oleh motor listrik untuk menggerakkan *stirrer*.



Gambar 1. Instalasi alat penelitian

Keterangan gambar :

1. *Crystallizer*
2. *Thermocouple*
3. *Pressure transducer*
4. Tabung gas
5. *Refrigerator*
6. *Stirrer*
7. Motor DC
8. *Speed meter*
9. *Cooling bath*
10. Pompa
11. *Magnet Stirrer*
12. *Thermocouple Display*
13. *Pressure Gauge*.

Pada penelitian ini, ada 3 macam gas yang digunakan; butane, metana, campuran propana-butana. Air yang digunakan untuk hidrat ini adalah air demineral.

Prosedur Penelitian

Ada 3 macam pengujian untuk melihat karakteristik hidrat, yaitu pembentukan hidrat, pengujian stabilitas, dan pengujian kapasitas penyimpanan. Adapun prosedur penelitian masing-masing pengujian adalah sebagai berikut :

1. *Pembentukan hidrat*

Pengujian pembentukan hidrat ini diawali dengan membersihkan tabung *crystallizer* dari kotoran kotoran dan air yang tersisa. Langkah selanjutnya masukan air demineral sebanyak 50 cm³ ke dalam *crystallizer* dan kemudian ditutup. Kemudian gas yang ingin diuji

dimasukkan dengan menggunakan selang pada katup di *crystallizer* sampai tekanan mencapai 2 bar. *Crystallizer* dimasukkan ke dalam *cooling bath* yang sudah terisi air bersuhu 273 K dengan menggunakan pompa air. Pompa air akan mengisi air dari *refrigerator* ke *cooling bath*, setelah itu air tersebut disirkulasikan ke dalam *cooling bath* untuk menjaga suhu tetap konstan. Kemudian proses pembentukan hidrat dimulai dengan mengatur putaran *stirrer* magnet pada putaran 200 rpm. Perubahan temperature dan tekanan selama proses pembentukan diamati selama 10 jam dengan pencatatan setiap 15 menit sekali. Jumlah gas yang dikonsumsi untuk proses pembentukan gas selama 10 jam tersebut akan dihitung menggunakan persamaan :

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

Dimana:

- P = Tekanan gas
- V = Volume gas
- T = Temperatur gas
- Z = Faktor kompresibilitas

2. Pengujian Stabilitas

Setelah proses pembentukan hidrat selesai diamati, selanjutnya dilakukan pengujian stabilitas hidrat. Mula-mula katup gas pada *crystallizer* dibuka untuk membuang gas yang tersisa karena tidak terbentuk menjadi hidrat pada proses pembentukan tadi. Setelah gas selesai dibuang, katup *crystallizer* di tutup kembali. Kemudian suhu *cooling bath* diturunkan sampai 268 K. Setelah mencapai suhu 268 K, *cystallizer* dидiamkan kembali di *cooling bath* selama 5 jam untuk dilihat stabilitas hidratnya. Pengujian stabilitas ini diamati selama 5 jam dan tiap 15 menit data tekanan dan temperatur dicatat dan didapatkan grafik dekomposisi gas pada pengujian stabilitas ini juga dengan menggunakan persamaan 1.

3. Pengujian Kapasitas Penyimpanan

Pengujian kapasitas penyimpanan dimulai setelah pengujian stabilitas hidrat selesai. Langkah yang dilakukan adalah dengan mengeluarkan *crystallizer* dari *cooling bath* dan kemudian dibiarkan pada temperatur ruangan (300 K) agar hidrat terurai kembali

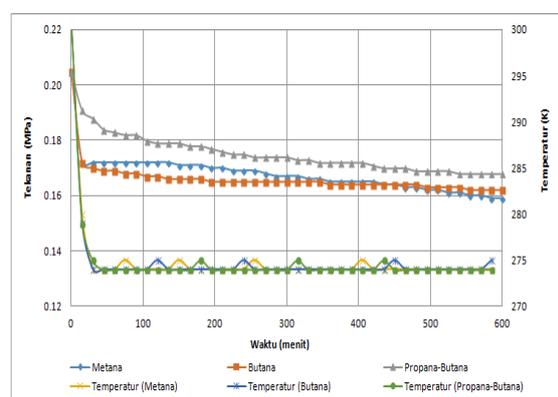
dan melepas gas yang sudah menjadi hidrat. Data tekanan akan diambil setelah temperatur di dalam *crystallizer* kembali menjadi temperatur ruangan. Volume gas yang terperangkap akan dihitung dengan cara membandingkan volume gas ketika didalam *crystallizer* dengan volume saat keadaan standar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini adalah diketahuinya karakteristik gas hidrat yang meliputi; laju pembentukan hidrat, stabilitas hidrat, dan kapasitas penyimpanan hidrat. Selanjutnya, hasil tersebut dianalisa sebagai berikut :

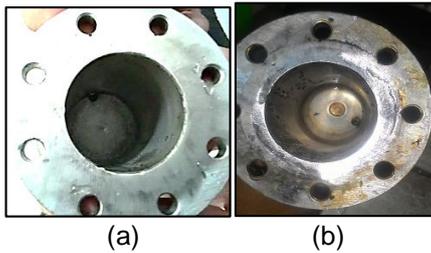
1. Laju Pembentukan Hidrat

Gambar 2 menunjukkan hubungan antara tekanan dan temperatur dengan waktu pembentukan hidrat. Dalam pembentukan hidrat ini terdapat 2 proses yang terjadi. Proses pertama adalah kondisi hidrat dalam kesetimbangan tekanan dan temperatur sampai fase terbentuk hidrat dan fase kedua adalah saat hidrat sudah mulai terbentuk. Waktu dalam 2 fase tersebut dinamakan dengan waktu hidrat. Adapun pembentukan hidrat ditandai dengan adanya penurunan tekanan dan temperature yang sangat ekstrim. Apabila tekanan dan temperatur sudah mulai konstan, maka itu menunjukkan tanda tanda hidrat terbentuk.



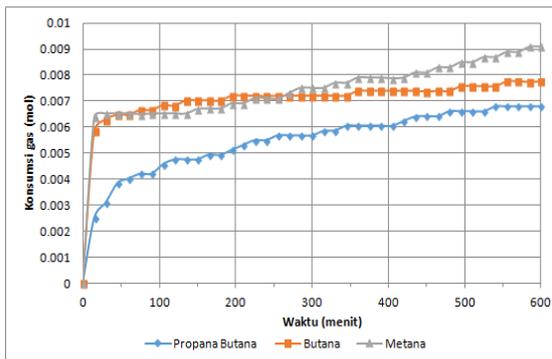
Gambar 2. Grafik Hubungan antara Tekanan dan Temperatur terhadap Waktu Pembentukan Gas Hidrat Propana Butana

Penurunan tekanan terjadi paling cepat pada gas Butana kemudian Metana dan yang terakhir adalah Propana-Butana. Namun perlu kita lihat yang terjadi pada grafik tersebut bahwa penurunan gas Metana ini terus turun dan tidak dapat konstan. Disini dapat diketahui bahwa hidrat tidak terbentuk. Hasil yang menunjukkan bahwa hidrat metana tidak terbentuk dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Hidrat yang (a) terbentuk dan (b) tidak terbentuk.

Setelah dianalisa, hidrat Metana dalam penelitian ini tidak terbentuk karena tekanan yang dibutuhkan oleh gas metana untuk membentuk hidrat adalah sekitar 20 bar [4] sehingga tekanan pembentukan yang diberikan terlalu kecil. Oleh karena itu, tekanan dan temperature terus menurun tanpa mencapai kondisi setimbang. Kemudian dari penelitian ini terlihat bahwa Butana mencapai titik kestabilan paling cepat kemudian berikutnya adalah campuran Propana Butana



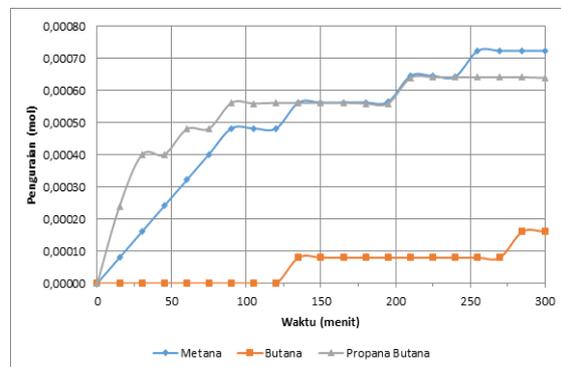
Gambar 4. Grafik Hubungan antara Konsumsi Gas Propana dan Butana terhadap Waktu Pembentukan Gas Hidrat

Selanjutnya, untuk menghitung seberapa besar gas yang diserap oleh molekul air dapat dilihat pada gambar 4. Grafik tersebut

menjelaskan jumlah gas yang mengisi rongga molekul air. Untuk Metana, menurut perhitungan mempunyai konsumsi gas yang paling tinggi. Tetapi, dapat dilihat pada gambar 3, bahwa gas Metana untuk tekanan pada penelitian ini tidak dapat menjadi hidrat. Oleh karena itu, bila dihubungkan dengan gambar 5 berikutnya, maka gas Metana adalah gas yang paling tidak stabil. Artinya, dari pengamatan tersebut, secara teori, gas Metana terus menerus keluar dari rongga-rongga air. Pada kenyataannya, yang terjadi pada kondisi itu bukanlah metana yang keluar dari rongga air secara terus menerus, melainkan memang metana tidak dapat menempati rongga-rongga air. Sehingga apabila dilakukan proses stabilisasi berupa pengeluaran gas yang terurai dari hidrat, maka Metana akan langsung keluar tanpa ada 1 mol gas pun yang tertahan pada rongga-rongga air.

2. Stabilitas Gas Hidrat

Stabilitas hidrat dapat dilihat pada Gambar 5 yang menjelaskan tentang laju penguraian hidrat pada temperatur 268 K. Stabilitas hidrat adalah kemampuan suatu hidrat untuk mempertahankan bentuknya maka stabilitas berbanding terbalik dengan penguraiannya.



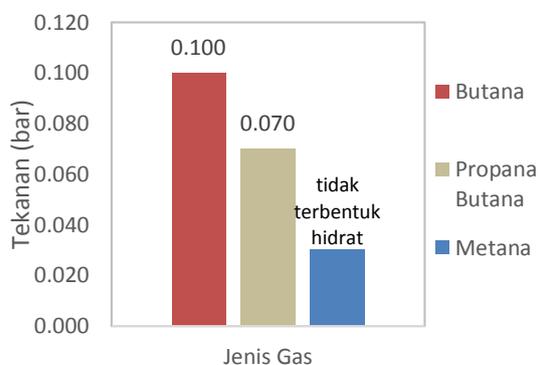
Gambar 5. Grafik laju penguraian hidrat campuran propana dan butana pada temperatur 268 K

Pada grafik tersebut, penguraian hidrat ditandai dengan naiknya tekanan yang menunjukkan gas yang keluar dari rongga-rongga molekul air. Semakin cepat laju dan besar tekanan, maka semakin tidak stabil hidrat tersebut. Pada penguraian ini dapat kita lihat bahwa penguraian terjadi paling cepat pada Metana dan paling lambat terjadi pada

gas butana. Hidrat yang memiliki stabilitas paling tinggi adalah Butana kemudian Propana-Butana dan terakhir adalah Metana. Seperti telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya mengapa Metana mempunyai kecenderungan seperti itu, karena memang molekul air tidak dapat mengikat gas Metana. Metana mempunyai penguraian terbesar karena adanya gas yang terurai secara ekstrim akibat tidak terbentuknya hidrat sehingga membuat metana melepas semua gas yang dimasukkan ke dalam *crystallizer*.

3. Kapasitas Penyimpanan Gas Hidrat Propana Butana

Selanjutnya untuk melihat seberapa besarnya gas yang dapat disimpan dalam hidrat, maka kapasitas penyimpanan dapat dihitung dari Volume gas yang terperangkap dalam hidrat dengan cara membandingkan volume gas ketika didalam *crystallizer* dengan volume saat keadaan standar. Volume gas yang terperangkap dapat dihitung dengan menggunakan rumus 1 dengan memasukkan tekanan dan temperatur akhir proses penguraian, kemudian dibandingkan dengan keadaan standard (STP).



Gambar 6. Kapasitas Penyimpanan Gas Hidrat

Kapasitas penyimpanan hidrat ditunjukkan oleh Gambar 6 yang membandingkan antara kapasitas hidrat gas Butana, Propana-Butana dan Metana dari hidrat yang terurai di dalam *crystallizer* dengan volume gas tersebut pada kondisi STP (tekanan 1 atm dan temperature 300 °K). Kapasitas penyimpanan gas hidrat dari gas yang digunakan terlihat pada gambar tersebut

bahwa Butana memiliki kapasitas penyimpanan yang paling banyak di susul oleh propana butana dan metana. Mengapa kapasitas penyimpanan gas Butana>Propana-Butana>Metana karena bahwa kapasitas penyimpanan gas hidrat akan berbanding lurus dengan ukuran molekul di mana semakin besar molekul maka kapasitas penyimpanannya juga akan semakin besar. Ukuran molekul Butana>Propana-Butana>Metana [2]. Alasan inilah juga yang mengungkap bahwa ternyata Metana memerlukan tekanan pembentukan yang besar karena ukuran molekulnya yang kecil, sehingga diperlukan tekanan yang besar untuk membentuknya menjadi hidrat. Sebaliknya, gas Butana mempunyai kapasitas penyimpanan yang besar serta laju pembentukan tercepat dan stabilitas tertinggi. Hal ini disebabkan karena semakin besar ukuran molekul gas maka semakin cepat rongga pada gas hidrat mudah terisi dan menjadi hidrat serta dengan ukuran molekul gas yang besar membuat hidrat lebih stabil karena tidak mudah keluar dari rongga.

KESIMPULAN

Dari penelitian tentang karakteristik gas pada performasi gas hidrat **ini** maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik gas hidrat yang meliputi laju pembentukan, stabilitas dan kapasitas gas hidrat tercepat, tertinggi dan terbesar terjadi pada gas Butana karena semakin besar ukuran dari molekul gas yang masukkan ke dalam rongga molekul air, maka semakin cepat pula laju pembentukan hidrat dan stabilitas hidrat dalam waktu yang lebih lama serta semakin besar kapasitas penyimpanan.
2. Gas Metana pada tekanan pembentukan 2 bar tidak dapat terjadi hidrat karena kesetimbangan 3 fase Metana berada di atas tekanan pada penelitian kali ini.

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] [3] Cengel, Y. A. dan Boles, M. A. 2006. *Thermodynamics: An Engineering Approach* 5th edition. New York: Mc Graw-Hill Book.
- [4] [4] Sloan, E. D. dan Koh, C. A. 2008. *Clathrate Hydrates of Natural Gas: Third Edition*. New York: CRC Press.