

**PERBANDINGAN DAN VALIDASI MOL HIDRAT PADA *STIRRER*  
DAN *VESSEL TANK* PADA TEKANAN 4 BAR**

**SKRIPSI**

**TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**AGA DESTHA RAMA**

**NIM. 135060207111027**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2018**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PERBANDINGAN DAN VALIDASI MOL HIDRAT PADA *STIRRER***  
**DAN *VESSEL TANK* PADA TEKANAN 4 BAR**

**SKRIPSI**

**TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**AGA DESTHA RAMA**  
**NIM. 135060207111027**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada  
tanggal 19 Januari 2018

Dosen pembimbing I

Dosen pembimbing II

Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT.  
NIP. 19750802 199903 2 002

Francisca Gayuh Utami Dewi, ST., MT.  
NIP. 201103 820919 2 001

Mengetahui,  
Ketua Program Studi S1

Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT.  
NIP. 19750802 199903 2 002

## JUDUL SKRIPSI:

Perbandingan dan Validasi Mol Hidrat Pada *Stirrer* dan *Vessel Tank* Pada Tekanan 4 bar

Nama Mahasiswa : Aga Destha Rama

NIM : 135060207111027

Program Studi : Teknik Mesin

Minat : Teknik Mesin

## KOMISI PEMBIMBING

Dosen Pembimbing 1 : Dr.Eng Widya Wijayanti, ST., MT.

Dosen Pembimbing 2 : Francisca Gayuh Utami Dewi, ST., MT.

## TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Wahyono Suprpto, Ir.,MT.Met.,Dr.

Dosen Penguji 2 : Ari Wahjudi, Ir.,MT.

Dosen Penguji 3 : Lilis Yuliati, ST.,MT.,Dr.Eng.

Tanggal Ujian : 16 Januari 2018

SK Penguji : 129/UN10.F07/SK/2018

## **PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 19 Januari 2018

Mahasiswa

Aga Destha Rama

NIM. 135060207111027

**TURNITIN**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM SARJANA**



## **SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI**

Nomor : 033/UN10.F07.12.21/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

**AGA DESTHA RAMA**

Dengan Judul Skripsi :

**PERBANDINGAN DAN VALIDASI MOL HIDRAT PADA STIRRER DAN VESSEL TANK  
PADA TEKANAN 4 BAR**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi  $\leq 20\%$ , dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 1 FEBRUARI 2018



Ketua Jurusan Teknik Mesin

**Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D**  
NIP. 19670518 199412 1 001

Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin

**Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT.**  
NIP. 19750802 199903 2 002

## RINGKASAN

**Aga Destha Rama**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Januari 2018, Perbandingan Dan Validasi Mol Hidrat Pada *Stirrer Tank* Dan *Vessel tank* Pada Tekanan 4 bar , Dosen Pembimbing: Dr.Eng Widya Wijayanti, ST., MT. dan Francisca Gayuh Utami Dewi, ST., MT.

Pada alam bebas terdapat gas alam yang berbentuk *Natural Gas Hydrate* (NGH). *Natural Gas Hydrate* (NGH) terbentuk dari campuran antara gas alam dan air pada tekanan tinggi dan suhu mendekati titik beku air. Gas alam yang terdapat pada hidrat akan dieksplorasi untuk mengambil gas yang terjebak pada hidrat. Ternyata menariknya hidrat juga bisa digunakan sebagai metode baru untuk penyimpanan gas. Banyak penelitian telah dilakukan untuk melihat beberapa karakteristik dari gas hidrat itu sendiri. Salah satunya adalah pengaruh instalasi alat yang digunakan dalam pembentukan terhadap karakteristik gas hidrat campuran propana butana. Karakteristik ini meliputi laju pembentukan, stabilitas hidrat dan kapasitas penyimpanan hidrat. Pentingnya validasi untuk membuktikan bahwa data tersebut benar. Karena pentingnya karakteristik hidrat sebagai metode baru penyimpanan gas dan pentingnya validasi konsumsi gas (mol) teoritis dan aktual. Maka diperlukan penelitian lebih lanjut tentang karakteristik pembentukan hidrat. Alat yang akan digunakan adalah *stirred tank* dalam pembentukannya dan menggunakan variasi temperatur *cooling bath* 271 K, 273 K dan 275 K.

Pembentukan hidrat dilakukan selama 10 jam dengan variasi temperatur *cooling bath*, setelah itu di uji stabilitas dengan didiamkan pada suhu 268 K, uji kapasitas dilakukan setelah stabilitas *criztalyzer* didiamkan sampai mencapai suhu ruangan 298 K setelah itu gas yang terurai dihitung sebagai gas yang tersimpan.

Perbandingan laju pembentukan hidrat dinyatakan dalam bentuk banyaknya konsumsi gas hidrat propana butana. Konsumsi gas (mol) paling banyak terjadi pada suhu *cooling bath* yang sama 271 K pada alat *stirred tank* daripada *vessel tank* sebesar 0.01203 mol berbanding 0.00984. Perbandingan stabilitas gas hidrat propana butana dinyatakan dalam banyaknya mol gas yang terurai. Tingkat stabilitas hidrat terbesar pada suhu *cooling bath* yang sama 271 K terjadi pada Instalasi alat *stirred tank* dengan jumlah gas yang terurai sebesar 0.0002 mol. Kapasitas penyimpanan hidrat teoritis tertinggi pada suhu *cooling bath* yang sama 271 K ada pada instalasi alat *stirred tank* dengan nilai sebesar 0,749662652 V/V. Validasi nilai konsumsi gas (mol) aktual dan teoritis menunjukkan kecenderungan yang sama namun pada nilai teoritis memiliki nilai lebih tinggi daripada nilai aktual dengan selisih nilai yang sangat kecil sekali.

**Kata Kunci** : Gas hidrat, Gas Propana Butana, Laju Pembentukan, Stabilitas, Kapasitas Penyimpanan, *Stirred tank*

## SUMMARY

**Aga Destha Rama**, *Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya , January 2018, Comparison And Validation Of Mol Hydrate On Stirrer Tanks And Vessel Tanks at 4 Bar Pressure, Academic Supervisor: Dr.Eng Widya Wijayanti, ST., MT. and Francisca Gayuh Utami Dewi, ST., MT.*

In the wild there is natural gas in the form of Natural Gas Hydrate (NGH). Natural Gas Hydrate (NGH) is formed from a mixture of natural gas and water at high pressure and temperatures near the freezing point of water. Natural gas contained in hydrate will be explored to extract the gas trapped in hydrate. Apparently interesting hydrate can also be used as a new method for gas storage. Much research has been done to look at some of the characteristics of the hydrate gas itself. One of them is the effect of the installation of the tool used in the formation of the gas hydrate character of propane butane mixture. These characteristics include the rate of formation, hydrate stability and hydrate storage capacity. The importance of validation to verify that the data is correct. Due to the importance of hydrate characteristics as a new method of gas storage and the importance of validation of the theoretical and actual gas (mol) consumption. Further research is needed on the characteristics of hydrate formation. The instrument to be used is stirred tank in its formation and using temperature variation of cooling bath 271 K, 273 K and 275 K.

The hydrate formation was carried out for 10 hours with cooling bath temperature variation, after which the stability test was sterilized at 268 K, the capacity test was performed after the criztalyzer stability was allowed to stand at room temperature of 298 K after which the decomposed gas was calculated as the stored gas.

The ratio of hydrate formation rate is expressed in the form of consumption of propane butane hydrate gas. The consumption of gas (mol) occurs most at the same cooling bath temperature of 271 K on stirred tank rather than vessel tank 0.01203 mol versus 0.00984. Comparison of hydrogen stability of propane butane gas is expressed in the number of moles of decomposed gases. The highest level of hydrate stability at the same cooling bath temperature of 271 K occurs in the installation of stirred tank equipment with the amount of gas decomposed by 0.0002 mol. The highest theoretical hydrate storage capacity at the same cooling bath temperature of 271 K is in the installation of a stirred tank tool with a value of 0.749662652 V / V. The actual and theoretical validity value of gas (mol) consumption shows the same tendency but at the theoretical value has a value higher than the actual value with very small value difference.

**Keywords:** *Gas hydrate, Butane Propane Gas, Rate of Establishment, Stability, Storage Capacity, Stirred tank*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat berkah dan hidayahnya-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul **“Perbandingan dan Validasi Mol Hidrat Pada *Stirrer* dan *Vessel Tank* Pada Tekanan 4 Bar”**, yang diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Pada kesempatan ini, Penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr.Eng Widya Wijayanti, ST., MT. selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan, masukan, saran serta bimbingan selama penulisan skripsi ini
2. Ibu Francisca Gayuh Utami Dewi, ST., MT. selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan dan saran yang sangat membantu dalam penulisan skripsi ini. .
3. Bapak Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
4. Bapak Purnami, ST., MT. selaku sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
5. Ibu Francisca Gayuh Utami Dewi, ST., MT. selaku ketua Kelompok Konsentrasi Teknik Konversi Energi Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
6. Kedua orang tua tercinta, yaitu Ibu Sri wahyuni dan Bapak Tjahyono Heru yang telah memberikan doa,dukungan yang luar biasa,semangat tak terhingga dan segala yang terbaik untuk penulis
7. Seluruh staf pengajar dan administrasi Jurusan Teknik Mesin.
8. Rekan penelitian, Afif Yanto Mutu Hariadi, Harits Afif , dan Nur Iman Santoso yang selalu menjalin koordinasi yang baik sehingga penulis bisa menyelesaikan tulisan ini.
9. Seluruh Keluarga Besar Mahasiswa Mesin Universitas Brawijaya yang telah secara langsung maupun tidak langsung ikut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Saudara-saudaraku M13 yang sangat berharga bagi penulis.
11. Valencia yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini
12. Asisten Laboratorium Fenomenda Dasar Mesin yang selalu membantu ketika penelitian untuk menyelesaikan skripsi ini.
13. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini, yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.



Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna baik dari isi maupun format penulisan. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak agar kedepannya menjadi lebih baik. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, memunculkan ide baru dan dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya.

Malang, Januari 2018

Penulis

# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>SUMMARY</b> .....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Sebelumnya .....	5
2.2 Hidrat Gas Alam.....	6
2.3 Ikatan Hidrogen .....	8
2.4 Pembentukan Hidrat .....	9
2.5 Pertumbuhan Hidrat .....	11
2.6 Penguruaian Hidrat.....	12
2.7 Perbedaan Struktur Hidrat Gas dengan Es .....	13
2.8 Sifat Mekanik .....	14
2.9 Sifat Termal.....	14
2.10 Agitasi .....	14
2.11 Efek Pengadukan Selama Proses Pembentukan Hidrat.....	15
2.12 Gas Alam.....	15
2.12.1 Gas Propana.....	17
2.12.2 Gas Butana.....	17
2.12.3 <i>Liquified Petroleum Gas (LPG)</i> .....	18
2.13 Perbedaan <i>Stirred Tank</i> dan <i>Vessel Tank</i> .....	18
2.14 Persamaan Keadaan.....	19
2.14.1 Persamaan Gas Nyata.....	19

2.15 Perpindahan Panas.....	23
2.16 Campuran Zat.....	25
2.17 Validasi.....	26
2.18 Hipotesa.....	27

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Metodologi Penelitian .....	29
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	29
3.3 Variabel Penelitian .....	29
3.4 Alat dan Bahan Penelitian .....	30
3.4.1 Bahan Penelitian.....	30
3.4.2 Alat Penelitian .....	31
3.5 Instalasi Alat Penelitian.....	41
3.6 Prosedur Penelitian.....	42
3.6.1 Persiapan Penelitian .....	42
3.6.2 Pengambilan Data.....	42
3.6.3 Pengolahan Data.....	43
3.7 Diagram Alir Penelitian.....	44

### **BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN**

4.1 Data Hasil Penelitian .....	47
4.1.1 Data Hasil Penelitian Laju Pembentukan Hidrat.....	47
4.1.2 Data Stabilitas Hidrat .....	48
4.1.3 Data Kapasitas Penyimpanan Hidrat .....	48
4.1.4 Data Validasi Konsumsi gas (mol) Pembentukan Hidrat.....	49
4.2 Perhitungan Data Hasil Penelitian .....	49
4.2.1 Perbandingan Laju Konsumsi Gas (mol) Pembentukan Hidrat antara <i>Vessel tank</i> dan <i>Stirred Tank</i> .....	49
4.2.2 Perbandingan Stabilitas Hidrat antara <i>Vessel Tank</i> dan <i>Stirred Tank</i> .....	53
4.2.3 Perbandingan Kapasitas Penyimpanan Hidrat antara <i>Vessel tank</i> dan <i>Stirred Tank</i> .....	58
4.2.4 Analisis Validasi Perbandingan antara Konsumsi Gas Teoritis dan Konsumsi Gas Aktual Pada Laju Pembentukan Hidrat .....	60
4.3 Pembahasan.....	60
4.3.1 Laju Pembentukan Hidrat.....	60
4.3.2 Stabilitas Hidrat.....	61

4.3.3 Kapasitas Penyimpanan Hidrat .....	62
4.3.4 Validasi Konsumsi Gas Teoritis dan Aktual .....	64

## **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran.....	69

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Properti Es dengan Struktur Kubus I dan II .....	15
Tabel 2.2 Komposisi dari Gas Alam .....	18
Tabel 2.3 Karakteristik umum dari gas alam.....	19
Tabel 4.1 Laju Pembentukan Gas Hidrat Propana Butana .....	39
Tabel 4.2 Stabilitas Gas Hidrat Propana Butana .....	40
Tabel 4.3 Kapasitas Penyimpanan Gas Hidrat Propana Butana.....	40
Tabel 4.4 Kapasitas Penyimpanan Gas Hidrat Propana Butana Aktual.....	41

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta Dunia yang menunjukkan persebaran hidrat .....	7
Gambar 2.2	Diagram Fase Beberapa Gas Alam Hidrokarbon yang Membentuk Hidrat ..	8
Gambar 2.3	Ikatan Hidrogen Antara Dua Molekul .....	9
Gambar 2.4	Ikatan Hidrogen Antara Empat Molekul .....	10
Gambar 2.5	Pengaruh Waktu Terhadap Konsumsi Gas Pada Pembentukan Hidrat .....	11
Gambar 2.6	Garis Hubungan Tekanan dan Temperatur Pada Hidrat Metana Sederhana.	12
Gambar 2.7	(a) Disosiasi Radial (b) Disosiasi Aksial .....	13
Gambar 2.8	Perbedaan Struktur Es dan Hidrat, (a) Struktur Kristal Es, (b) Struktur Kristal Hidrat .....	14
Gambar 2.9	Permukaan Kontak Gas Dengan Air.....	17
Gambar 2.10	(a) <i>Vessel tank</i> (b) <i>Stirrer tank</i> .....	19
Gambar 2.11	Skema Dari Konduksi di Dalam Gas.....	24
Gambar 2.12	Perpindahan Panas Konveksi dari Permukaan Panas Ke Udara dan Mendinginkan Telur Rebus Dengan Konveksi Paksa dan Konveksi Natural.....	25
Gambar 2.13	Perpindahan Panas Secara Radiasi.....	26
Gambar 2.14	Campuran Gas Dengan Gas .....	27
Gambar 3.1	Garam.....	30
Gambar 3.2	Aquades.....	31
Gambar 3.3	Gas Lpg Campuran .....	31
Gambar 3.4	<i>Crystallizer</i> .....	32
Gambar 3.5	Motor DC .....	32
Gambar 3.6	Dimmer .....	33
Gambar 3.7	Gelas Ukur .....	33
Gambar 3.8	Katup.....	34
Gambar 3.9	Regulator Gas.....	34
Gambar 3.10	<i>Flowmeter Gas</i> .....	35
Gambar 3.11	<i>Thermocouple</i> .....	35
Gambar 3.12	<i>Pressure Sensor</i> .....	36
Gambar 3.13	<i>Styrofoam Box</i> .....	36

Gambar 3.14	Mesin Pendingin .....	37
Gambar 3.15	Pompa air .....	38
Gambar 3.16	<i>Thermocouple</i> .....	38
Gambar 3.17	Magnet Neodymium .....	39
Gambar 3.18	Selang Air .....	39
Gambar 3.19	Selang Gas .....	40
Gambar 3.20	<i>Tachometer</i> .....	40
Gambar 3.21	Instalasi <i>Stirrer tank</i> .....	41
Gambar 3.22	Instalasi Alat Penelitian .....	41
Gambar 3.23	Diagram Alir Penelitian .....	46
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Antara Jumlah Konsumsi Gas terhadap Waktu Pembentukan Hidrat Propana Butana pada <i>Vessel tank</i> dan <i>Stirred tank</i> ..	61
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Antara Jumlah Gas Terurai terhadap Waktu Stabilitas Hidrat Propana Butana Pada Instalasi <i>Stirred tank</i> dan <i>Vessel tank</i> .....	62
Gambar 4.3	Diagram Kapasitas Penyimpanan Hidrat Teoritis dan Aktual Pada <i>Stirred tank</i> dan Penyimpanan hidrat teoritis pada <i>Vessel tank</i> dan <i>Stirred tank</i> .....	63
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Antara Konsumsi Gas Teoritis dan Konsumsi Gas Aktual Terhadap Waktu Pembentukan Hidrat Gas Campuran Propana Butana .....	64
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Antara Konsumsi Gas Teoritis dan Konsumsi Gas Aktual Terhadap Waktu Pembentukan Hidrat Gas Campuran Propana Butana Pada Temperatur <i>Cooling Bath</i> 271 K.....	65
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Nilai Konstanta Laju Pembentukan (k) Terhadap Temperatur Pada Fase Pertama.....	66
Gambar 4.7	Grafik Hubungan Nilai Konstanta Laju Pembentukan (k) Terhadap Temperatur Pada Fase Kedua .....	66
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Antara Jumlah Konsumsi Gas terhadap Waktu Pembentukan Hidrat Propana Butana pada <i>Stirrer tank</i> .....	67

## **DAFTAR LAMPIRAN**

**Lampiran 1** Data Hasil Laju Pembentukan Hidrat

**Lampiran 2** Data Hasil Stabilitas Hidrat

**Lampiran 3** Data Hasil Perhitungan Laju Pembentukan Hidrat

**Lampiran 4** Data Hasil Perhitungan Stabilitas Hidrat

**Lampiran 5** Data Hasil Perhitungan Laju Pembentukan Hidrat Aktual

**Lampiran 6** Komposisi *Liquified Petroleum Gas* (LPG)

**Lampiran 7** Data Kalibrasi *Flowmeter*