

Pencegahan Terbentuknya Hidrat Dengan Insulasi Pada Operasional Pipa Gas Alam

Anggarana Setia Aji^{1*}, Projek Priyonggo S. L.², Endah Wismawati³

D-IV Teknik Perpipaan, Teknik Pemesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1*23}

Email: anggaranasetia@student.ppns.ac.id^{1*}; projek.priyonggo@ppns.ac.id^{2*}; endahw@ppns.ac.id^{3*};

Abstract - The raw gas content does not from within a natural gas industry process have properties that can cause hydrate potential in the piping system under certain temperature and pressure conditions. This can change the production process and prevent it because the pipe can prevent clogging, corrosion or even solve repairs not prevented. Maintaining the condition of the temperature and pressure of the pipe operation to remain stable one way so that the fluid conditions are not suitable in the conditions of hydrate formation. The simulation results using the Aspen Hysys software produce hydrate formation when the flow temperature conditions is 21.16 °C with the type of hydrate formed is type II consisting of 136 water molecules and occurs at the point where the pipe is located 280 m from wellhead. Installation of insulation is an alternative way to install piping operating systems. Therefore it is necessary to calculate engineering thickness of insulation to find out the best insulation material that can consider the safety of pipeline operations and prevent hydrate formation. Using materials that are widely used in companies, namely Rockwool and Cellular Glass. Calculation of thickness is done with a thickness of 50 mm, 75 mm, and 100 mm adjusted to full in the field. After determining pipe insulation, this final project also analyzes the suitability of insulation according to its standards. From the calculation, the lowest heat loss value is 100 mm thick cellerglass with a value of 20.77 Watt / m and a temperature loss of 0.49 °C. For standard classification, according to classes 1 and 4 based on the Norwegian Institute of Technology Standards (Norsok Standards).

Keyword: Heatloss, Aspen Hysys, Hydrate, Rockwool, Cellular Glass.

Nomenclature

k	konduktifitas termal (W/m°C)
Pr	Prandtl Number
Nu	Nusselt Number
Rad	Reyleigh Number
h	Laju perpindahan panas (W/m ² °C)
A	Luas perpindahan panas (m ²)
To	Temperatur fluida (°C)
T_∞	Temperatur lingkungan (°C)
μ	Visikositas kinematik Fluida (kg/ms)
g	Percepatan gravitas (m/s ²)
β	Expansion thermal (°C-1)
ε	Emissivitas material
σ	Konstanta Stefan Boltzman (W/m ² -K)
P	Tekanan internal operasi kerja (kPa)
L	Panjang pipa (m)
Le	Panjang Entrance region pipa (m)
Rcr	Tebal kritis insulasi (mm)
R1	Jarak pusat pipa ke diameter dalam (mm)
R2	Jarak pusat pipa ke diameter luar (mm)
R3	Jarak pusat pipa ke diameter insulasi (mm)
R4	Jarak pusat pipa ke diameter cladding (mm)
Qtot	Perpindahan panas total (W)
$\frac{Qtot}{m}$	Perpindahan panas total per meter (W/m)

1. PENDAHULUAN

Sumber energi minyak dan gas bumi masih sangat dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari. Ketergantungan akan gas alam (natural gas) terutama untuk kepentingan industri diperkirakan akan terus meningkat di masa yang akan datang. Sebelum dapat ditransportasikan dan bisa digunakan, gas alam mentah (raw natural gas) yang berasal dari dalam sumur gas harus diproses terlebih dahulu supaya memenuhi spesifikasi, spesifikasi ini disebut sebagai pipeline gas specification. Menurut Ari Susandy Sanjaya dikutip dari Kidnay dan Parish, 2006, salah satu syarat pipeline gas specification adalah kadar airnya berkisar di bawah 4 – 7 lb/mmscf. Keberadaan natural gas (gas alam) di dalam perut bumi tidak dapat terpisahkan dari air. Umumnya gas alam yang baru keluar dari perut bumi kandungan uap airnya tinggi atau dalam kondisi saturated (jenuh). Air bebas dan gas alam dapat membentuk padatan, yang biasanya disebut dengan “bunga es” atau disebut dengan hidrat gas. Adanya endapan hidrat dapat menghambat aliran fluida dari lubang sumur maupun pada pipa-pipa di permukaan terutama flow line bahkan dapat menghentikan produksi lapangan atau produksi sumur gas. Hal tersebut juga membahayakan karena bisa menyebabkan pipa pecah jika alat pengaman pipa tidak bekerja dengan baik atau alat tidak mampu mengatasi tekanan dari fluida reservoir. Sehingga sangatlah

penting pembentukan hidrat harus dicegah serendah mungkin atau bahkan dihilangkan.

Temperatur pembentukan hidrat gas pada tekanan 100 psia sebesar 0.7005°C, sedangkan pada tekanan 1000 psia sebesar 17.4766 °C (Ary Susandy Sanjaya, Ary Nofendy, 2017). Menurunkan kandungan air dalam gas akan meningkatkan nilai kalori dari gas dan mencegah terbentuknya hidrat. Pengetahuan akan temperatur dan tekanan dari suatu aliran gas di downstream adalah penting sekali untuk menentukan apakah hidrat gas akan terbentuk saat gas mengalami ekspansi di upstream ketika gas berada di flow line (jalur pipa). Temperatur fluida di sepanjang pipa bisa saja mengalami perubahan ketika adanya pengaruh dari suhu lingkungan.

Adanya gas alam, air serta dalam kondisi tekanan dan temperature tertentu sangat berpengaruh dalam pembentukan hidrat. Pembentukan hidrat dapat dicegah dengan menjaga suhu dalam pipa agar tidak mengalami penurunan hingga melebihi dew pointnya. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara memasang insulasi pada bagian pipa yang berpotensi dan dapat dengan mudah terjadi pembentukan hidrat di dalamnya. Suhu fluida dalam pipa harus tetap stabil agar tidak ada molekul air yang terbentuk dan mengikat molekul gas sehingga tidak akan ada hidrat yang terbentuk dan tidak ada masalah dalam sistem perpipaannya.

2. METODOLOGI

2.1 Prosedure Penelitian

Metode simulasi menggunakan software hysys bertujuan untuk menganalisa kandungan raw gas untuk mengetahui keadaan terbentuknya hidrat dalam suatu operasional pipa gas alam saat beroperasi. Setelah melakukan simulasi maka akan didapatkan keadaan temperature dan pressure pembentukan hidrat dalam pipa. Untuk mencegah terjadinya pembekuan maka perlu dilakukan langkah pencegahan dengan salah satunya insulasi. Insulasi bertujuan untuk menjaga suhu operasi agar tetap stabil dan mengalami penurunan temperature hingga mencapai temperature pembentukan hidrat. Panjang dan letak insulasi diperoleh berdasarkan perhitungan dan analisis menggunakan ANSYS.

2.2 Perpindahan Panas

Untuk mendapatkan nilai tebal insulasi dan mengetahui potensi letak terjadinya hidrat dapat dihitung dengan metode perpindahan panas sebagai berikut.

2.2.1 Heat Losses

$$R_{ktot} = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{k_A 2 \pi L} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{k_B 2 \pi L} \quad (1)$$

$$Q = \frac{\Delta T}{R_{ktot}} \quad (2)$$

Persamaan (1 dan 2) menunjukkan perhitungan heatloss. Dimana KA, KB, merupakan konduktivitas termal material, r merupakan jari-jari silinder (m). L panjang bidang (m), T1 Temperatur dalam silinder (°C), T2 temperatur luar silinder (°C).

2.2.2 Internal Forced Convection

$$Q = \dot{m} c_p (T_e - T_i)$$

$$Q = h A_s \Delta T_{average}$$

$$Q = h \pi D L \left(T_s - \frac{(T_i + T_e)}{2} \right) \quad (3)$$

Persamaan (3) menunjukkan perhitungan internal forced convection dimana Ti dan Te adalah temperatur fluida rata-rata di inlet dan exit dari pipa, Ts adalah temperature luar pipa, h adalah koefisien perpindahan panas, dan Q adalah laju perpindahan panas ke atau dari fluida.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Simulasi

Hasil simulasi berikut adalah hasil simulasi menggunakan software aspen hysys:

1. Hasil kondisi pressure dan temperature saat terjadinya dew point pada aliran fluida. Dew point adalah kondisi dimana suatu campuran/fluida pertama kali mengembun atau terbentuk sebuah butiran cairan. Titik embun (dew point) adalah suhu di mana uap air di udara pada tekanan udara konstan mengembun menjadi air cair pada tingkat yang sama di mana ia menguap. Air kental disebut embun ketika terbentuk pada permukaan padat. Titik embun adalah suhu saturasi air-to-air. Titik embun dikaitkan dengan kelembaban relatif. Sebuah kelembaban relatif yang tinggi menunjukkan bahwa titik embun lebih dekat dengan suhu udara saat ini. Kelembaban relatif 100% menunjukkan titik embun adalah sama dengan suhu saat ini dan bahwa udara yang maksimal jenuh dengan air. Ketika kadar air tetap konstan dan peningkatan suhu, kelembaban relatif menurun.

Tabel 3.1 kondisi pressure dan temperature saat terjadinya dew point pada aliran fluida

No	Pressure (kPa)	Temperature (°C)
1.	429	1.983
2.	891.9	8.156
3.	1805	14.09
4.	3497	19.23
5.	5608	22.26

6.	6268	22.85
7.	9162	24.44
8.	9574	24.58
9.	10400	24.82

2. Hasil simulasi kondisi pembentukan hidrat pada pipa menggunakan software Aspen Hysys.

Tabel 3.2 kondisi pembentukan hidrat pada pipa

No	Pressure (kPa)	Temperature (°C)
1.	202.7	-29.28
2.	429	-17.09
3.	891.9	-4.315
4.	1805	8.08
5.	3497	17.94
6.	5608	21.17
7.	6268	20.90
8.	9579	10.02
9.	10400	1.91
10.	10730	-6.41
11.	10760	-9.67
12.	10710	-14.32
13.	10450	-21.50
14.	10060	-27.81
15.	9614	-33.26
16.	9375	-35.82

Berdasarkan data tabel 4.8 hasil simulasi menggunakan software Aspen Hysys diatas dapat disimpulkan bahwa pembentukan hidrat dapat terjadi pada beberapa kondisi tersebut. Maka harus ada langkah untuk pencegahannya. Agar tidak ada kendala dalam operasional pipa sehingga proses distribusinya tetap berjalan dengan baik dan kebutuhan untuk produksinya tetap terpenuhi.

3.2 Hasil Perhitungan Insulasi

Berdasarkan standart insulasi *Norwegian Technology Standards Institution (Norsk Standard)* kelas insulasi untuk konservasi panas dibedakan menjadi beberapa kelas. Kelas pertama adalah bertujuan untuk mengurangi kehilangan panas dan mempertahankan suhu untuk operasi proses yang efisien. Kelas kedua adalah bertujuan untuk konservasi dingin menengah atau mempertahankan suhu rendah dan mengontrol input panas ke proses. Kelas insulasi ketiga adalah bertujuan untuk menjaga permukaan dengan suhu pengoperasian di bawah -10 °C atau diatas 70 °C dan terbatas pada jarak tertentu tidak lebih dari 2.1 m secara vertikal dan 0.8 m secara horizontal jauh dari jalan setapak dan area kerja normal. Kelas keempat bertujuan untuk insulasi/pelacakan panas untuk mencegah pembekuan, pematatan dan kondensasi. Kelas

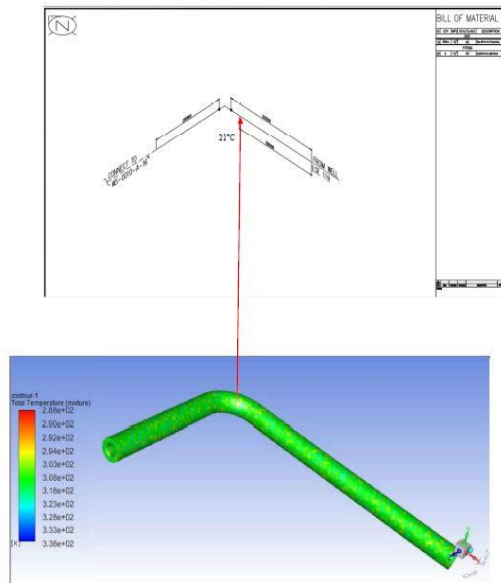
kelima tujuannya adalah untuk mengurangi input panas dan membatasi suhu hingga 400 °C pada pipa, bejana dan peralatan pada dalam situasi kebakaran hidrokarbon yang berlangsung selama 30 menit sesuai dengan ISO 834. Insulasi kelas 6, 7 dan 8 adalah insulasi akustik yang didefinisikan sebagai rata-rata aritmatika dari hilangnya insersi dalam tiga oktaf band 500 Hz, 1000 Hz, dan 2000 Hz dan untuk kelas 9 bertujuan untuk mencegah kondensasi pada perpipaan dan peralatan dengan suhu operasi di bawah sekelilingnya.

Tabel 3.3 Hasil perhitungan insulasi

No	Parameter	Rockwool			Cellular Glass			Satuan
		50	75	100	50	75	100	
1.	Ketebalan	50	75	100	50	75	100	mm
2.	Heatloss	36.97	27.47	22.07	35.02	25.9	20.77	Watt/m
3.	Downstream temperature	45.02	45.25	45.38	45.07	45.29	45.41	°C
4.	Losses temperature	0.88	0.65	0.52	0.83	0.61	0.49	°C
5.	Downstream Presentase	1.95	1.44	1.15	1.84	1.35	1.08	%

3.3. Menentukan posisi pembentukan Hidrat pada Pipa

Berdasarkan hasil perhitungan letak hidrat, didapatkan hasil bahwa posisi pertama kali terjadinya pembentukan hidrat berada pada jarak pipa 268.8 m dari *wellhead*. Menentukan posisi terjadinya pembentukan hidrat pada tugas akhir ini juga dilakukan simulasi menggunakan *software Ansys*. Kondisi pipa dengan keadaan temperature pembentukan hidrat sebesar 21.16 °C terjadi pada posisi pipa berjarak 280 m dari *wellhead*. Hasil simulasi dengan *software Ansys* dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Hasil simulasi ANSYS

Maka dapat disimpulkan untuk mencegah terbentuknya hidrat perlu dipasang insulasi sepanjang 280 m agar lebih aman.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, antara lain sebagai berikut:

- Pembentukan hidrat terjadi pada kondisi temperature fluida sebesar 21.16°C pada titik lokasi pipa 280 m dari wellhead, dengan tipe hidrat yang terbentuk adalah tipe II yang terdiri dari 136 molekul air.
- Bahan insulasi yang ditentukan adalah jenis Cellular Glass dengan ketebalan 100 mm dan dipasang sepanjang 280 m dari wellhead.
- Berdasarkan standart insulasi Norwegian Technology Standards Institution (Norsok Standard) diketahui untuk kelas atau tipe insulasi yang sesuai adalah insulasi kelas 1 dan 4. Insulasi kelas 1 bertujuan untuk dapat mengurangi kehilangan panas dan mempertahankan suhu operasi proses yang efisien dan insulasi kelas 4 bertujuan untuk insulasi/pelacakan panas untuk mencegah pembekuan, pepadatan dan kondensasi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar besarnya. Pihak yang dimaksud adalah:

1. Projek Priyonggo S.L., S.T., M.T selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan arahan, bimbingan dan motivasi.
2. Ir. Endah Wisrawati, M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan, bimbingan dan motivasi.

3. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan materi, kasih sayang dan doa.
4. Saudara dan teman kos, yang telah memberi semangat dan dukungan.
5. Teman-teman seperjuangan Teknik Perpipaan 2016 yang telah memberi semangat dan kebersamaan.
6. Kakak Senior Teknik Perpipaan yang telah membagikan pengalaman serta dukungan.

7. PUSTAKA

[1] Ari Susandy Sanjaya , Ari Novendy. (2017). “Pediksi Pembentukan Hidrat Gas Dengan Pengaruh Joule-Thomson Effect Yang Diakibatkan Oleh Choke Performance”. Jurnal Chemurgy.

[2] Anugrah Arizky. (2015). Analisa Perpindahan Panas pada Sistem Jacketed Pipe dari Separator FA 203 Menuju Pompa GA 204A,B Line Number 6US (8SL)13180A1K0J (ASA2J) JSL PT Pusri II B.

[3] Harmiyanto Lilis. (2017), Optimalisasi Pemisahan Uap Air Dalam Natural Gas (Gas Alam). Forum Teknologi Vol. 03. No. 1.

[4] Holman, J. (2010). Heat Transfer 10th Edition. Mc Grawhill Companies Inc., 1221 Avenue of the Americas, New York

[5] Incropera, F. P. (2011). Fundamentals of heat and mass transfer 7th Edition. U.S.A

[6] Jhon Carrol, “NATURAL GAS HYDRATE”, 2nd ed, (2009), Elsevier, England

[7] Kidney, A. J., and Parrish, W. R., (2006), Fundamentals of Natural Gas Processing, Taylor and Francis Group, New York.

[8] Maulana Aji. (2019). Perancangan Insulasi pada Jalur Pipa Heating Coils Kapal Tangker 17500 LTDW. Conference on Piping Engineering and its Application (CPEAA). Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

[9] Norwegian Technology Standards Institution, (1999), PIPING AND EQUIPMENT INSULATION

[10] Prastyo Doni. (2017). Redesain Cold Insulation Dengan Fluida Chlorine Dioxide pada Jalur Perpipaan Line 120-5042-DDW-250-10K2AA Proyek PT. Oki Pulp and Paper Mills Palembang. Conference on Piping Engineering and its Application (CPEAA). Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

[11] Rivandy F R., Rosyida Permatasari. (2018), Analisis Aliran Fluida dan Insulasi Aliran Pipa Bawah Laut Menggunakan Pipesim. Jurnal Teknik Mesin Indonesia.

[12] Salam K. K, Arinkoola A. O, dkk. (2013), Prediction of Hydrate Formation Conditions in Gas Pipelines. International Journal of Engineering Science.

[13] Sloan, E.D., and Koh, C. A., (2008), *Clathrate Hydrates of Natural Gases, 3rd*

Edition, Gulf Professional Publishing, New York.

- [14] Syukur Hasan M. (2012), Hydrate Gas Alam: Prediksi dan Pencegahannya. Forum Teknologi Vol.02 No.2.
- [15] T.K. Nguyen, (2009). *Chemical and Materials Engineering Cal Poly Pomona*
- [16] Wijayanti Widya. 2016, Efek Temperatur Sistem terhadap Pembentukan Klarat Hidrat Propana Butana. Proceeding National Symposium on Thermofluid VIII.