

SIMULASI NUMERIK PRARANCANGAN PERPIPAAN *LNG CIRCULATION LINE* DI ALIRAN MASUK *AIR AMBIENT VAPORIZER (AAV)*

Muhammad Ikhsan^{1,*}, Ratna Sari², Reza Fauzan³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe

24301 Lhokseumawe, Aceh, Indonesia

*e-mail: muhammad.ikhsan@live.com

Abstract

The circulation process is a process to make pipes in the LNG industry always in LNG operational cryogenic temperature condition -160° C. The LNG circulation line facility on the AAV inlet pipe is expected to flow LNG continuously as a solution to keep the pipe always in a state of cryogenic temperature. The pressure drop from one point to another with lower pressure is referred to as a "pressure drop. Loss of pressure in the process at the AAV piping system is caused by several parameters including pipe size, flow rate, and pressure also because of a change in pipe size and friction along the pipeline. The purpose of this research is to analyze the effect of pipe size on pressure drop and compare it with theoretical calculations and simulation programming. Hysys is engineering software designed to simulate processes in industry to design process calculations related to engineering. Based on the results of the manual calculation, the 3-inch pipe size has the lowest pressure drop value of 0.314 kg/cm² and the results using aspen hysys is 0.053 kg/cm². Using a double pipe piping system, the 4-inch annulus has a pressure drop value of 0.445 kg/cm² and the result from Aspen Hysys is 0.059 kg/cm². Pressure drop is significantly influenced by pipe size; the smaller the pressure drop that happens, the greater the pipe size must match the pipe connection size. The pressure drop that occurs in variations in pipe size has a great influence on the LNG flow back into the storage tank.

Keywords: *Hysys, pipe, pressure drop, circulation.*

PENDAHULUAN

Regasifikasi adalah suatu proses penguapan kembali gas alam yang telah dicairkan (*LNG*) sehingga kembali menjadi bentuk fasa asalnya pada suhu ambien. Terdapat berbagai jenis peralatan regasifikasi yang dapat digunakan, sesuai dengan kebutuhan serta kondisi operasi yang diperlukan. Adapun jenis peralatan regasifikasi yang digunakan di perusahaan gas adalah jenis *Open Rack Vaporizer (ORV)* sebagai peralatan utama dan jenis *Ambient Air Vaporizer (AAV)* sebagai peralatan pembantu [1].

Dalam prosesnya *ORV* dan *AAV* juga disebut sebagai alat penukar panas (*heat exchanger*) karena bekerja dengan prinsip mengontakkan *LNG* dengan fluida lain sebagai pemanas agar *LNG* dapat teruapkan, sehingga *LNG* dari suhu kriogenik -160 °C dapat dipanaskan hingga mencapai suhu ambien 30 – 35 °C dan *LNG* mengalami penguapan fasa hingga kembali ke fasa asalnya menjadi gas.

Dalam pengoperasiannya *AAV* digunakan bergantian setelah dijalankan selama 8 jam untuk mendapatkan hasil pemanasan yang baik mengontakkannya dengan udara, karena setelah 8 jam *AAV* perlu untuk mencairkan bunga-bunga es

yang terbentuk di sisi luar ruang kontak tubing-tubing di AAV yang mulai mengurangi efisiensi kontak dengan udara [2].

Peralatan ambient air vaporizer (AAV) beserta peralatan pendukungnya berfungsi sebagai penyuplai gas ke sistem bahan bakar saat terjadi blackout membutuhkan total waktu rata-rata pengoperasian peralatan selama 210 menit. Waktu tersebut digunakan masing-masing untuk menghidupkan *emergency diesel generator* selama 10 menit, menghidupkan pompa *LNG back up* selama 10 menit, mendinginkan (*cooling down*) pipa inlet AAV dari kondisi temperatur *ambient* ke temperatur *cryogenic* selama 180 menit dan mengoperasikan AAV hingga memproduksi gas selama 10 menit. Dari waktu-waktu tersebut, *cooling down* pipa inlet AAV menjadi aktivitas yang membutuhkan waktu terpanjang yaitu 180 menit.

Lamanya waktu *cooling down* pipa inlet AAV menyebabkan kilang membutuhkan waktu yang lama untuk *recovery* setelah *blackout*. *Recovery* kilang yang lama berdampak pada lebih lamanya waktu terhenti untuk *send out gas* dari kilang regasifikasi dan banyaknya gas yang terbuang akibat gas terlepas bebas (*fluming*) dari tanki *LNG*. Penyebab utama dari lamanya *cooling down* pipa aliran masuk AAV adalah karena pipa tersebut tidak dialiri *LNG* secara terus-menerus sehingga pipa dalam kondisi temperatur *ambient* bila tidak digunakan dan tidak siap untuk dialiri *LNG* dingin dan perlu melalui proses pendinginan agar tidak terjadi *thermal shock* yang bisa berakibat kerusakan pada sistem perpipaannya.

Sirkulasi *LNG* adalah upaya untuk memastikan bahwa *LNG* keluaran pompa yang di alirkan kedalam sistem perpipaan untuk menjaga perpipaan selalu dalam suhu kriogenik dapat dimasukkan atau kembali ke tangki penyimpanan. Pemilihan ukuran pipa sesuai kebutuhan dan kondisi operasi yang di inginkan adalah untuk efisiensi dari upaya

inovasi atau perubahan kondisi aktual yang berlaku di lapangan [3, 4].

Sistem aliran resirkulasi (*recirculation line*) yang merupakan operasi penting di terminal *LNG*, mempengaruhi aliran masuk kembali ke tangki dan jumlah *LNG* yang teruapkan selama penyimpanan. Dalam industri terminal *LNG*, laju aliran resirkulasi konstan selalu dipertahankan. Oleh karena itu di terminal *LNG* operasi resirkulasi dilakukan untuk mengurangi terjadinya *LNG* yang teruapkan didalam tangki penyimpanan dan juga menjaga sistem perpipaan *LNG* dalam kondisi suhu *cryogenic* [5, 6].

Atas dasar permasalahan tersebut peneliti berencana untuk merancang sebuah simulasi perhitungan fasilitas *LNG circulation line* pada pipa aliran masuk (*inlet*) AAV yang diharapkan dapat berfungsi untuk mengalirkan *LNG* secara terus-menerus ke dalam pipa inlet AAV dan menjadi solusi untuk membuat pipa tetap selalu dalam keadaan temperatur *cryogenic*, maka penulis menjadikan topik ini sebagai bahan penelitian.

Simulasi perhitungan ini dirancang untuk memodifikasi pipa inlet AAV melakukan pemasangan *LNG Circulation Line* dipipa inlet AAV sehingga pipa inlet AAV akan terus dalam temperatur *cryogenic* karena teraliri *LNG* secara kontinu, waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk menghidupkan peralatan hingga AAV dapat mengirimkan gas ke sistem bahan bakar menjadi lebih cepat daripada waktu sebelum modifikasi yaitu 180 menit [7]. Pengurangan waktu tersebut bersumber dari hilangnya waktu *cooling down* pipa inlet AAV yang memang sudah tidak diperlukan lagi karena pipa tersebut sudah terisi *LNG*.

METODE

Perhitungan matematika dan algoritma komputasi dilakukan untuk memodelkan transmisi *LNG* di dalam perpipaan. Skema perhitungan numerik yang diusulkan adalah untuk merangkum perbedaan kondisi dari

model berbagai ukuran pipa dan menyelesaikannya secara berurutan dengan memberikan laju aliran, tekanan, suhu, densitas, dan viskositas untuk kondisi operasi pipa tersebut.

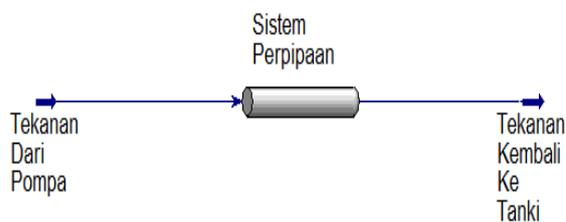
Perhitungan *pressure drop* dengan persamaan *Bernoulli* dihitung pada pipa yang terjadi karena *friction* dan hanya pada pipa lurus dengan panjang tertentu menggunakan persamaan [8]:

$$P_a - P_b = \frac{f \times L \times \rho \times V^2}{2D} \quad (1)$$

Dimana:

- $P_a - P_b$ = *Pressure drop* akibat gesekan, (N/m²),
- $P_{a,b}$ = Tekanan penampang (N/m²),
- $h_{1,2}$ = tinggi pada permukaan (m),
- f = *Friction factor*,
- L = panjang pipa (m),
- D = diameter dalam pipa (m),
- V = kecepatan dalam pipa (m/s)
- ρ = Densitas, (gr/cc)

Metode analisis yang digunakan dalam prarancangan *LNG circulation line* ini dilakukan dengan mensimulasikan hasil perhitungan pipa untuk *circulation line*. Permasalahan yang dihadapi dalam instalasi pipa sirkulasi ini adalah *pressure drop*. *Pressure drop* mempengaruhi tekanan keluaran aliran setelah melalui pipa aliran masuk (*inlet*) AAV, semakin besar *pressure drop* yang terjadi maka semakin kecil tekanan yang mampu keluar dan kemungkinan *LNG* bisa tersirkulasi kembali ke tangki semakin sulit karena tekanan dari *LNG* yang akan dimasuki setelah keluar dari sistem *inlet AAV* memiliki tekanan minimum yang harus dipenuhi agar dapat masuk ke dalam aliran [9,10].



Gambar 1. Simulasi perhitungan perpipaan menggunakan program aspen hysys

Simulasi perhitungan sistem sirkulasi ini dengan menggunakan program aspen hysys seperti yang terlihat pada Gambar 1, dengan memberi besaran yang sesuai sistem dengan besar tekanan pada aliran masuk pipa sebesar 4,0 kg/cm² dengan kecepatan aliran 4,58 m³/h, saat *LNG* mengalir dalam sistem perpipaan melewati pipa masuk *inlet AAV* yang menggunakan ukuran simulasi sepanjang 57 m, masuk ke dalam pipa inlet AAV 3 in sepanjang 235 m, keluar dari pipa *inlet AAV* ukuran di simulasikan sepanjang 3 m dan akhirnya masuk kedalam pipa kembali ke tangki sepanjang 282 m dengan ukuran 2 in.

Data primer atau langsung dari lapangan adalah salah satu dari banyak hal yang menjadi subjek penelitian ini. Penelitian ini menggunakan data tekanan, suhu, laju alir, dan densitas pipa. Pengolahan perhitungan dengan Microsoft Excel, termasuk perhitungan untuk *pressure drop* dengan langkah berikut.

1. Menentukan parameter-parameter sistem perpipaan yang mempengaruhi perubahan tekanan dalam pipa.
2. Menghitung parameter-parameter sistem perpipaan antara lain: debit aliran fluida, luas penampang pipa, laju aliran fluida dan nilai bilangan *Reynold*, *head loss* dan *pressure drop*.
3. Menghitung dan menganalisis perbandingan *pressure drop* sistem perpipaan menggunakan ukuran pipa yang berbeda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan hasil dari nilai *pressure drop* yang ditunjukkan pada Tabel 1, dari tiap ukuran pipa yang dikaji yaitu untuk ukuran pipa terkecil ½ in sebagai penyalur *LNG* sirkulasi ke dalam pipa 3 in dan melalui pipa 2 in untuk aliran kembali ke tangki

penyimpanan memiliki nilai total *pressure drop* sebesar 1,874 kg/cm².

Tabel 1. Perhitungan *pressure drop* menggunakan perhitungan manual

Ukuran Pipa, in	<i>Pressure Drop</i> , Kg/cm ²
1/2	1,973
3/4	1,121
1	0,775
2	0,475
3	0,439
3½	0,433
5	0,429
6	0,426

Nilai ini menunjukkan bahwa total hilang tekanan aliran pipa tambahan sirkulasi di tambah dengan pipa kembali ke tangki masih memiliki *residual pressure* 2,001 kg/cm² yang masih dapat diterima, artinya memungkinkan aliran sirkulasi dapat kembali ke tangki LNG tanpa kehilangan tekanan berlebih [11].

Tabel 2. Perhitungan *pressure drop* menggunakan hysys

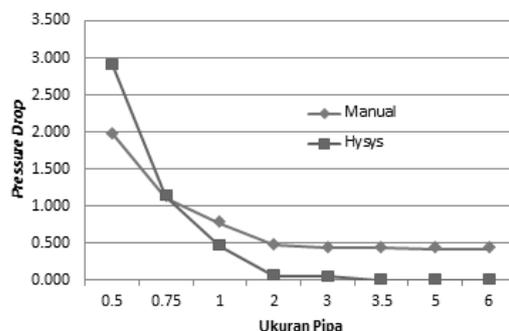
Ukuran Pipa, in	<i>Pressure Drop</i> , Kg/cm ²
1/2	Under specified
3/4	1.135
1	0.462
2	0.062
3	0.053
3½	0,0002
5	0,000069
6	0,000042

Pipa terkecil dari variasi perhitungan simulasi yang ditunjukkan pada Tabel 2 adalah ½ in dengan 3 in adalah ukuran terbesar yang mana ukuran pipa sama dengan ukuran pipa dari aliran masuk AAV yang ingin dialirkan sirkulasi LNG dan ukuran pipa terbesar untuk mendapatkan nilai

atas perhitungan adalah 6 in. Pada perhitungan pipa 3 in total nilai *pressure drop* yang didapat 0,314 kg/cm² dengan total *residual pressure* 3,561 kg/cm², yang artinya penggunaan ukuran pipa ini sebagai pengalir sirkulasi LNG adalah sangat mungkin untuk dilakukan. Pada perhitungan pipa 6 in total nilai *pressure drop* yang didapat 0,302 kg/cm² dengan total *residual pressure* 3,573 kg/cm², antara pipa 3 in dan 6 in tidak memiliki nilai *pressure drop* yang terlalu jauh sehingga untuk menentukan pemilihan pipa tersebut perlu dilakukan penelitian dari aspek lain.

Ketika LNG mengalir ke dalam pipa dengan tekanan aliran yang sama 4 kg/cm², penurunan tekanan pada kondisi ini dengan ukuran pipa yang disimulasikan, dan kurva penurunan tekanan pada berbagai ukuran pipa diperoleh, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Grafik Hubungan *Pressure Drop* dengan Ukuran Pipa



Gambar 2. Grafik perbandingan *pressure drop*

Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2, tren keseluruhan dari dua metode perhitungan dengan manual dan simulasi perhitungan hysys, tekanan aliran dari pipa LNG sirkulasi yang berbeda semuanya berubah dengan signifikan setiap pengecilan ukuran pipa dari ukuran terbesar 6 in menuju ukuran pipa ½ ini, kurva penurunan tekanan akan berubah perlahan dengan menggunakan pipa besar dan penurunan berubah lebih cepat setelah ukuran pipa lebih kecil dari 3 in.

Nilai *pressure drop* yang didapatkan dari perhitungan secara manual dan simulasi *aspen hysys* masih memiliki perbedaan dengan hasil rata-rata. Dengan menggunakan perhitungan secara manual *pressure drop* yang didapat lebih besar nilainya dari pada hasil simulasi menggunakan *aspen hysys*.

Sedangkan hasil perhitungan apabila menggunakan sistem *double pipe* yang mana sisi pipa bagian dalam (*inner pipe*) yang sudah ada berukuran 3 in dan dilakukan perhitungan simulasi dengan ukuran pipa annulus 4 in, didapatkan hasil dari nilai *pressure drop* dalam pipa annulus sebesar 0,2115 kg/cm² dan total *pressure drop* setelah di tambahkan dengan perpipaan sistem yang ada adalah sebesar 0,445 kg/cm². *Residual pressure* dari aliran ini adalah 3,430 kg/cm² masih lebih kecil dari tekanan sumber yang artinya penggunaan pipa tipe ganda untuk upaya mendinginkan pipa utama aliran masuk AAV masih dapat diterima dan sangat memungkinkan aliran sirkulasi dapat kembali ke tangki LNG tanpa kehilangan tekanan berlebih. Simulasi perhitungan dengan ukuran pipa annulus 5 in, didapatkan hasil dari nilai *pressure drop* dalam pipa annulus sebesar 0,047 kg/cm² dan total *pressure drop* setelah di tambahkan dengan perpipaan sistem yang ada adalah sebesar 0,399 kg/cm², *Residual pressure* dari aliran ini adalah 3,599 kg/cm² masih lebih kecil dari tekanan sumber.

Pada hasil perhitungan ini diketahui bahwa pipa dengan diameter 6 in memiliki nilai penurunan tekanan (*pressure drop*) lebih kecil, hal ini dapat dijelaskan juga bahwa aliran fluida pada diameter 6 in tidak menemui fenomena ekspansi sehingga tidak ditemukan adanya head loss akibat pembesaran pipa [12].

KESIMPULAN

Pipa dengan diameter 6 in memiliki nilai penurunan tekanan (*pressure drop*) lebih kecil. Ukuran pipa yang lebih kecil dari

3 in memiliki nilai *pressure drop* lebih besar dari pada ukuran pipa di atas 3 in.

Modifikasi dilakukan dengan menambah LNG sirkulasi sehingga LNG dapat mengalir ke dalam pipa *inlet* AAV secara kontinu. Penambahan pipa LNG *circulation line* terdiri dari dua jenis perpipaan yaitu pipa LNG sumber dan pipa LNG kembali menggunakan pipa yang memiliki ukuran sama dengan ukuran pipa utama,

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Oregon LNG, 2007. *Oregon LNG vaporization study*, CH-IV International Document, Houston.
- [2] Muhammad Rum Pandu Nusantara., Wiryawan Priharnanto., Gede Wibawa, 2014. *Regasification of LNG*. Jurnal Teknik Pomits, Vol. 3, No. 2, hal 149-152.
- [3] Peters, M.S. and Timmerhaus, K.D., 2003, *Plant design and economic for chemical engineering*, 5th ed., McGraw-Hill International Book Company Inc., New York.
- [4] Chansaem Park., Chul-Jin Lee., Youngsub Lim., Sangho Lee., Chonghun Han. 2010. *Optimization of recirculation operating in liquefied natural gas receiving terminal*, Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, pp 482 - 491.
- [5] Jung, M. J., J. H. Cho., and W. Ryu, 2003. *LNG terminal design feedback from operator's practical improvements*, In: the 22nd World Gas Congress.
- [6] Egashira, Shinji, 2013. *LNG vaporizes for LNG re-gasification terminal*, Kobelco Technology Review.
- [7] Mc Guire and White, 2000. *Liquefied gas handling principles* 3 Edition, Witherby & Co. Ltd, London.
- [8] Ludwig, Ernest E., 2013, *Applied process design for chemical and petrochemical plants, Volume I, 5th*

- Edition, Gulf Publishing Company Book Division, Houston.*
- [9] LR Marine bunker pipe system, *Single and double wall piping for lng propulsion*, CH-IV International Document, Houston, 2007.
- [10] Suprpto, Y. P., 2007. *LNG & the world of energy*, 1st edition, Badak Book, 2007.
- [11] White, Frank M. 2011. *Fluid mechanics (7 ed.)*. London: McGraw-Hill.
- [12] McCabe, W.L., Smith, J.C., and Harriot, P., 2005. *Unit operation of chemical engineering, 7 ed.*, The McGraw-Hill Companies, Inc, New York Bab. 2: Mekanika Fluida.