

Development of Gas Distribution Pipelines for Households

Warjito¹, Ikhsan Lazuardi Imani²

¹Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia - Depok

²Prodi Teknik Perkapalan, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia – Depok

Corresponding author: warjito@eng.ui.ac.id

Abstract. One of the areas that already got gas distribution network for households program is Cikarang Bekasi. Construction of phase one of the network was began operating in early 2016 while the construction of phase two is still planning. Therefore, it conducted a research of this pipeline distribution. In this research, first mapping the route network from the development valve through to the costumers. Second, set initial pressure and gas flow is needed. Lastly, did a hydraulic calculations by simulation using piping system software ie Pipesim and Pipe Flow Expert. The results of this research are expected to add approximately 1500 new costumers with pressure and gas flow in accordance with established standards. In this research conducted an analysis on the use of several pipe diameter to compare the final pressure. Generally the use of small diameter pipe is preferred because it costs less and does not use many connections. However it should be noted regarding greater pressure losses.

Abstrak. Salah satu daerah yang sudah mendapatkan program jaringan distribusi gas untuk rumah tangga adalah Cikarang Kabupaten Bekasi dan pembangunan tahap satu sudah beroperasi pada awal tahun 2016, sedangkan pembangunan tahap dua masih dalam perencanaan. Oleh karena itu dilakukan penelitian pengembangan jaringan distribusi ini. Dalam penelitian ini, pertama dilakukan pemetaan rute jaringan dari katup pengembangan hingga ke pelanggan. Kedua, menetapkan tekanan dan debit awal yang dibutuhkan. Terakhir, melakukan perhitungan hidraulik dengan simulasi menggunakan perangkat lunak sistem perpipaan yaitu Pipesim dan Pipe Flow Expert. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu menambah kurang lebih 1500 pelanggan baru dengan tekanan dan debit sesuai dengan standar yang ditetapkan. Dalam penelitian ini dilakukan analisis pada penggunaan beberapa diameter pipa untuk membandingkan tekanan akhir yang dihasilkan. Umumnya penggunaan pipa diameter kecil lebih diutamakan karena biayanya lebih sedikit dan tidak menggunakan banyak sambungan. Namun perlu diperhatikan mengenai kerugian tekanannya yang lebih besar.

Kata kunci: Jaringan Perpipaan, Gas Kota, Perhitungan Hidraulik, Tekanan, Laju Aliran

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Gas bumi atau gas alam adalah salah satu sumber daya alam selain minyak dan batu bara. Sumber daya alam ini disebut energi bersih karena tidak mengeluarkan banyak asap dan tidak meninggalkan jelaga [1]. Program pemanfaatan gas bumi yang menjadi salah satu program prioritas nasional saat ini adalah jaringan gas bumi untuk rumah tangga atau disebut gas kota. Jaringan gas untuk rumah berarti mengalirkan gas melalui jaringan perpipaan hingga ke rumah tangga [1].

Jargas ini lebih diunggulkan daripada tabung gas *Liquified Petroleum Gas* (LPG). Karena LPG memiliki sistem gas bertekanan tinggi yaitu 8 bar, sedangkan Jargas hanya 0,02 bar. Suplai Jargas yang kontinu, sehingga pengguna tidak perlu repot-repot mengganti tabung gas seperti layaknya LPG. Penggunaan Jargas ini lebih murah 15% dari tabung gas LPG dan yang terpenting dari penggunaan Jargas

adalah mengurangi anggaran pemerintah dalam mensubsidi tabung gas LPG [1].

Cikarang Kabupaten Bekasi adalah salah satu wilayah yang sudah mendapatkan jaringan gas bumi sejak 2016 lalu. Jaringan pipa distribusi ini mengalirkan gas bumi dari titik pertemuan antara jaringan pipa transmisi dan pipa distribusi yang ada di SKG Tegel Gede menuju ke empat desa yang ada di Cikarang. Jargas Cikarang ini memiliki 3.949 sambungan rumah dan memiliki sambungan pengembangan agar dapat dilakukan pembangunan jaringan gas tahap berikutnya [2]. Tentunya dalam pengembangan ini perlu diperhitungkan mengenai aspek-aspek teknik seperti tekanan gas, penurunan tekanan (*pressure drop*) dan kecepatan dari aliran gas itu sendiri. Hal-hal tersebut perlu diperhatikan agar gas dapat dialirkan hingga ke titik rumah terjauh. Selain itu faktor keselamatan harus menjadi prioritas utama dalam beroperasinya jaringan gas ini.

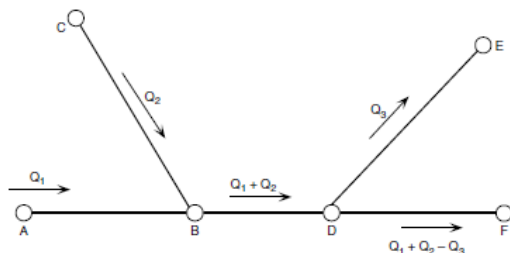
Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah memastikan perencanaan jaringan distribusi gas bumi sudah sesuai dengan standar dan peraturan yang telah ditetapkan oleh PT. Pertamina Gas. Sehingga perlu dilakukan simulasi ditinjau dari segi tekanan, *pressure drop* dan kecepatan aliran gas mulai keluar dari katup pengembangan hingga masuk ke meteran sambungan rumah warga. Studi ini dilakukan pada jaringan pipa distribusi di Cikarang Bekasi dan hanya pada jaringan distribusi baru tanpa mengubah jaringan distribusi eksisting. Hasil dari penelitian ini menunjukkan debit dan tekanan pada titik rumah terjauh sesuai dengan kriteria dan standar yang ditetapkan.

Tinjauan Pustaka

Jaringan Distribusi Gas Kota. Jaringan gas kota berasal dari jaringan pipa transmisi yang kemudian dihubungkan ke *Metering and Regulating Station* (MRS). Di MRS dilakukan penyaringan, pengukuran, dan penurunan tekanan. Setelah keluar dari MRS, gas masuk ke jaringan pipa distribusi induk yang kemudian masuk ke *Regulating Station* (RS). Di RS ini dilakukan penurunan tekanan kembali. Setelah keluar dari RS, gas masuk ke jaringan distribusi tekanan menengah hingga masuk ke setiap rumah warga melalui Sambungan Rumah (SR). Disini terjadi penurunan tekanan kembali hingga akhirnya gas masuk Sambungan Kompor (SK) dan dapat digunakan oleh konsumen [3].

Pipa distribusi terbagi menjadi dua, yaitu pipa distribusi induk dan pipa distribusi tekanan menengah. Pipa distribusi induk adalah pipa yang menghubungkan dari fasilitas MRS ke fasilitas RS. Pipa distribusi induk menggunakan pipa dengan diameter 180 mm (7 inci) atau 125 mm (5 inci). Sedangkan pipa distribusi tekanan menengah menghubungkan dari RS ke SR. Pipa ini menggunakan dengan diameter 90 mm (3 inci) atau 63 mm (2 inci).

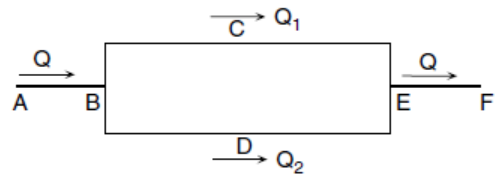
Piping Network. Pada jaringan perpipaan tentunya terdapat sambungan-sambungan yang menghubungkan banyak pipa. Berikut dua sistem jaringan perpipaan.



Gambar 1. Perpipaan dengan cabang

Pada gambar 1, pipa AB memiliki volume tertentu (Q_1). Pada titik B, pipa lain CB, membawa

volume tambahan. Sehingga menghasilkan volume (Q_1+Q_2) pada pipa BD. Pada titik D, pipa lain DE mengirim volume sebesar Q_3 ke titik E. Volume yang tersisa adalah ($Q_1+Q_2-Q_3$) yang mengalir ke titik F [4].



Gambar 2. Perpipaan melingkar

Pada gambar 2, sistem perpipaan melingkar dikenal juga sebagai sistem *looping*. Sistem ini memiliki ujung pipa yang satu bertemu kembali dengan ujung pipa yang lainnya. Tujuan penggunaan sistem ini adalah untuk mengurangi penurunan tekanan di bagian tertentu karena keterbatasan tekanan pipa [4].

Persamaan Aliran Gas. Untuk menghitung jaringan perpipaan, diperlukan persamaan aliran gas. Persamaan yang akan dipakai pada penelitian ini adalah persamaan Panhandle B (1) dan AGA (2) yang merupakan turunan dari persamaan dasar energi. Persamaan Panhandle B digunakan untuk pipa distribusi induk karena memiliki diameter yang cukup besar dan tekanan tinggi. Persamaan AGA digunakan untuk pipa distribusi tekanan menengah karena memiliki diameter yang kecil dan tekanan rendah [4]. Berikut adalah persamaan tersebut.

$$Q = 737E \left(\frac{T_b}{P_b}\right)^{1,02} \left(\frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{G^{0,961} T_f L e Z}\right)^{0,51} D^{2,53} \quad (1)$$

$$Q = 38,77F \left(\frac{T_b}{P_b}\right) \left(\frac{P_1^2 - P_2^2}{G T_f L Z}\right)^{0,5} D^{2,5} \quad (2)$$

dimana Q adalah debit (SCFD), E adalah efisiensi perpipaan, F adalah faktor transmisi, P_b adalah tekanan standar (psia), T_b adalah temperatur standar (rankine), P_1 adalah tekanan masuk (psia), P_2 adalah tekanan keluar (psia), G adalah gravitasi gas, L adalah panjang pipa (mil), T_f adalah temperatur rata-rata aliran gas (rankine), Z adalah faktor kompresibilitas gas, dan D adalah diameter dalam pipa (inci).

Metode Penelitian

Pengumpulan Data. Data untuk penelitian ini diperoleh dari PT. Pertamina Gas. Data yang diperlukan yaitu rute jaringan pipa distribusi Cikarang dan data teknis seperti: spesifikasi pipa, tekanan, debit, dan temperatur gas mulai dari MRS hingga ke SR.

Perhitungan Kebutuhan Debit Gas. Penentuan debit ini tentunya didasarkan jika terjadi beban puncak, di mana seluruh konsumen atau pelanggan menyalakan kompornya disaat yang bersamaan. Hal ini dinyatakan sebagai debit maksimum. Setelah debit gas untuk setiap SR didapatkan, maka kebutuhan debit gas tiap RS pun dapat diketahui.

Perhitungan dari Katup Pengembangan hingga SR Terjauh. Perhitungan jarak ini merupakan total keseluruhan panjang jaringan pipa pengembangan mulai dari keluar katup pengembangan FC03 hingga masuk ke SR. Perhitungan jarak ini dapat diketahui dengan survei langsung ke lapangan untuk mengetahui lokasi seluruh RS dan SR lalu mengukurnya dengan menggunakan peta.

Simulasi dengan Perangkat Lunak Pipesim. Simulasi ini dilakukan pada jaringan pipa distribusi induk yaitu dari katup pengembangan FC03 ke RS. *Software* telah terintegrasi oleh badan geospasial, sehingga dengan menggambar rute jaringan pipa akan otomatis diketahui panjang dan ketinggian pipa dari permukaan air laut. Apabila hasil simulasi tidak mencukupi untuk gas masuk ke RS terjauh, maka perlu dilakukan penentuan ulang tekanan keluar dari MRS. Sedangkan bila sudah sesuai standar maka dilakukan simulasi yang kedua.

Simulasi dengan Perangkat Lunak Pipe Flow Expert. Simulasi ini dilakukan pada jaringan distribusi tekanan menengah dari RS ke SR. Penggunaan *software* ini lebih mudah digunakan untuk simulasi pipa melingkar [5]. Fokus dari simulasi ini untuk mengetahui tekanan masuk pada titik rumah terjauh. Pada simulasi ini tidak digambarkan tiap SR, melainkan blok-blok yang mewakili sejumlah SR. Hal ini dilakukan karena keterbatasan ruang dan kemampuan dari *software* untuk menjalankan simulasi pada jaringan yang terlalu luas. Apabila hasil simulasi tidak sesuai dengan standar, maka perlu dilakukan penentuan ulang tekanan gas yang keluar dari RS. Sedangkan bila sudah sesuai standar maka dilakukan analisis dan penarikan kesimpulan.

Data dan Pembahasan

Data Rute Jaringan Pipa Pengembangan.

Jaringan pengembangan ini akan melayani satu desa yaitu Desa Jatireja. Jaringan pipa pengembangan ini dibagi menjadi menjadi dua bagian, yaitu jaringan pipa distribusi induk dan jaringan pipa distribusi tekanan menengah.

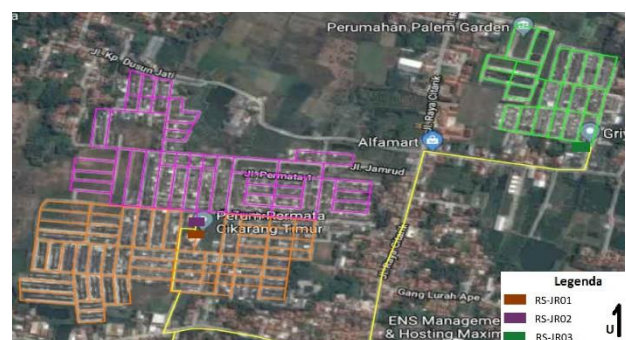
Jaringan pipa distribusi induk menghubungkan katup pengembangan FC03 hingga sampai ke tiga RS yang ada di Desa Jatireja seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. Jaringan pipa pengembangan ini ditanam di bawah tanah dengan kedalaman satu

meter dari permukaan tanah. Total panjang jaringan pipa distribusi induk ini adalah 4.438 m dengan panjang ruas L1 adalah 2.812 m, L2 adalah 303 m, dan L3 adalah 1.323 m.

Jaringan pipa distribusi tekanan menengah menghubungkan RS hingga Sambungan Rumah seperti yang ditunjukkan pada gambar 4. Jaringan ini memiliki banyak percabangan (*tapping*) karena menghubungkan setiap Sambungan Rumah. Pada jaringan distribusi tekanan menengah ini menggunakan sistem *looping* yang berarti percabangannya melingkar. Dengan menggunakan sistem ini maka akan mengurangi penurunan tekanan dan meningkatkan kapasitas gas yang mengalir dalam jaringan tersebut [4].



Gambar 3. Rute Jaringan Pipa Distribusi Induk



Gambar 4. Rute Jaringan Pipa Distribusi Tekanan Menengah

Pada perencanaan ini terdapat 1.315 sambungan rumah. Berdasarkan data jaringan pipa distribusi eksisting, satu regulator sektor dapat memfasilitasi kurang lebih 500 sambungan rumah. Oleh karena itu pada jaringan pengembangan ini dapat dibagi menjadi tiga regulator sektor dengan rincian tercantum pada tabel 1 dengan RS-JR01 dan RS-JR02 berada pada satu wilayah.

Tabel 1. Data Jumlah Perkiraan Pelanggan

No.	Nama RS	Perkiraan Jumlah SR
1	RS-JR01	500
2	RS-JR02	410
3	RS-JR03	405

Data Spesifikasi Gas. Untuk melakukan simulasi jaringan gas pipa distribusi diperlukan data-data mengenai gas yang mengalir pada jaringan tersebut. Pada tabel 2 berikut ini adalah komposisi gas berdasarkan data dari SKG Tegal Gede.

Tabel 2. Komposisi Gas

No.	Jenis Gas	Persen mol
1	Methane	78,43642
2	Ethane	13,72019
3	Propane	2,29260
4	Isobutane	0,12500
5	Butane	0,09650
6	Isopentane	0,00260
7	Pentane	0,00360
8	Hexane	0,00070
9	Nitrogen	0,17350
10	Carbon Dioxide	5,14890
Total		100

Dari data diatas dengan memasukkannya ke dalam *software Pipesim* didapatkan parameter-parameter yang diperlukan untuk perhitungan selanjutnya yang ditunjukkan pada tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil Simulasi Komposisi Gas

Parameter	Nilai
Z	0,9
G	0,7
μ	7,36E-06

dimana μ adalah viskositas gas (lb/ft.s).

Perhitungan Kebutuhan Debit Gas. Konsumsi gas tiap satu Sambungan Rumah berdasarkan data dari jaringan gas eksisting ditetapkan sebesar 30 SCFD (*Standard Cubic Feet per Day*) atau 3×10^{-5} MMSCFD. Kalkulasi berikut ini menunjukkan kebutuhan debit gas untuk memenuhi kebutuhan 1.315 SR. Dari hasil kalkulasi dibawah ini, dapat diketahui konsumsi gas masing-masing RS seperti yang tercantum pada tabel 4

Konsumsi gas untuk 1.315 sambungan rumah adalah

$$3 \times 10^{-5} \text{ MMSCFD} \times 1315 = 0,0395 \text{ MMSCFD}$$

Tabel 4. Kebutuhan Debit Gas Masing-masing RS

No	Nama RS	Jumlah SR	Debit
			MMSCFD
1	RS-JR01	500	0,01500
2	RS-JR02	410	0,01230
3	RS-JR03	405	0,01215
Total		1315	0,03945

Data dan Basis Perhitungan. Data dan basis perhitungan yang di masukan ke dalam *software* adalah sebagai berikut:

- *Gas Equation* yang digunakan pada jaringan distribusi induk adalah Panhandle B sedangkan yang digunakan untuk jaringan distribusi tekanan menengah adalah AGA.
- Rentang tekanan operasi pada pipa distribusi induk adalah: $0,1 \text{ bar} < P < 3 \text{ bar}$.
- Rentang tekanan operasi pada pipa distribusi tekanan menengah adalah: $0,05 \text{ bar} < P < 0,1 \text{ bar}$.
- *Pressure drop* tidak melebihi 0,150 psi/100 ft sesuai dengan *pressure drop* yang disyaratkan [6].
- Data pipa yang akan digunakan adalah pipa MDPE dengan kisaran densitas 0,930 g/ml sampai dengan 0,944 g/ml serta spesifikasi pada tabel 5 berikut ini:

Tabel 5. Spesifikasi Pipa MDPE Untuk Gas

NPS (in)	OD (mm)	Tebal pipa (mm)	
		SDR-11	SDR-11
		PN-8	PN-8
0,5	20	3	14
2	63	5,8	51,4
3	90	8,2	73,6
5	125	11,4	102,2
7	180	16,4	147,2

- Gambar 4 adalah skematik jaringan pipa distribusi induk dan tekanan menengah dari katup FC03 hingga masuk Sambungan Rumah Terjauh.



Gambar 5. Skematik Jaringan Pengembangan

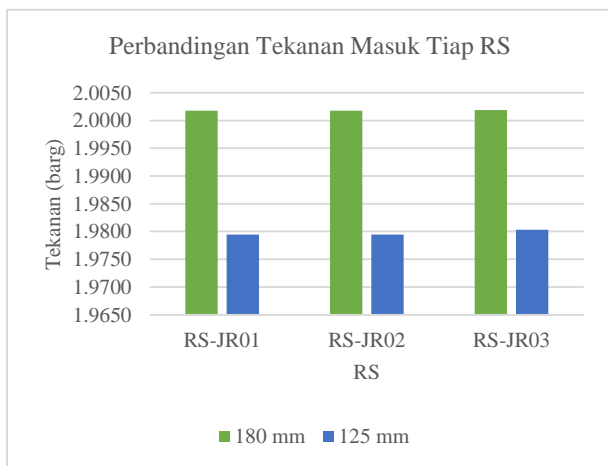
Tabel 6. Hasil Simulasi Pipa Distribusi Induk.

RS	Panjang	Debit	Diameter	P2	Pressure Drop	Pressure Drop	Kecepatan
	m	mmscfd	mm	barg	barg	psi/100 ft	ft/s
RS-JR01	3118	0,01500	180	2,002	0,008	0,0012	1,27
			125	1,979	0,004	0,0043	2,61
RS-JR02	3118	0,01230	180	2,002	0,008	0,0012	1,04
			125	1,979	0,004	0,0043	2,14
RS-JR03	4137	0,01215	180	2,002	0,008	0,0009	1,02
			125	1,980	0,004	0,0032	2,12

- Kecepatan maksimum gas yang disyaratkan untuk pipa gas adalah 60 ft/s.
- *Pipe Roughness* untuk pipa MDPE adalah 0,003 m
- Temperatur standar (Tb) adalah 60°F atau 520 R (Rankine).
- Tekanan standar (Pb) adalah 14,73 psia.
- Temperatur aktual (Tf) adalah 86°F atau 546 R (Rankine).
- Tekanan keluar dari katup pengembangan FC03 sebesar 2,01 barg.

Simulasi Pipa Distribusi Induk. Dengan menggunakan *software* Pipesim, distribusi gas disimulasikan menggunakan dua diameter pipa, masing-masing berdiameter 180 mm dan 125 mm dengan persamaan gas Panhandle B. Tekanan gas keluar katup FC03 adalah 2,01 barg dengan debit 0,03945 MMSCFD. Tabel 6 menunjukkan hasil simulasi pada saat tekanan masuk RS.

Analisis Hasil Simulasi Pipa Distribusi Induk. Berdasarkan hasil simulasi, pipa diameter 180 dan 125 mm dapat digunakan, karena tekanan masuk pada tiap RS masih diatas 0,1 barg. *Pressure drop* psi/100 ft tidak mencapai 0,15 dan kecepatan gas jauh dibawah 60 ft/s. Ketiga RS memiliki tekanan masuk yang dapat dikatakan sama besar, terutama pada RS-JR01 dan RS-JR02 karena berada di lokasi yang sama.



Gambar 6. Perbandingan Tekanan Masuk Tiap RS

Selain itu, pipa dengan diameter lebih kecil memiliki tekanan yang lebih rendah dari pipa dengan diameter lebih besar. Seperti yang terlihat pada gambar 6. Hal ini dikarenakan pada pipa dengan diameter lebih kecil memiliki kerugian tekanan (*head loss*) lebih besar. Tentunya berpengaruh dengan kecepatan gas yang mengalir. Dengan pipa berdiameter lebih kecil maka kecepatan aliran fluidanya akan lebih cepat.

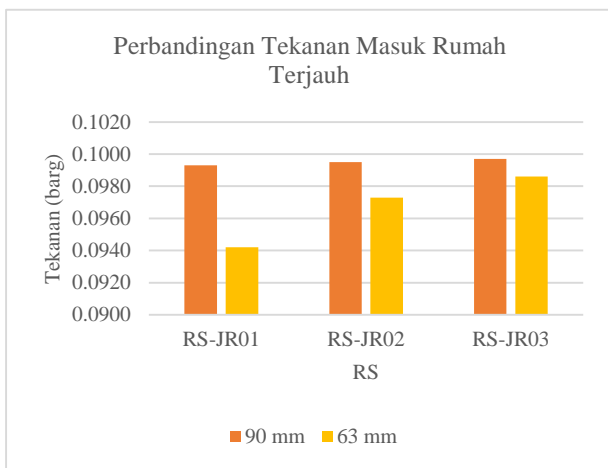
Simulasi Pipa Distribusi Tekanan Menengah. Pada simulasi ini digunakan *software* Pipe Flow Expert karena mudah digunakan untuk mensimulasikan pipa dengan sistem *loop*. Pada simulasi ini digunakan persamaan gas AGA. Distribusi gas disimulasikan menggunakan dua diameter pipa, masing-masing berdiameter 90 mm dan 63 mm. Dengan menggunakan data pada pipa eksisting, tekanan keluar dari RS sebesar 0,1 barg atau 100 mbarg. Tabel 7 menunjukkan hasil simulasi pada pipa distribusi tekanan menengah.

Analisis Hasil Simulasi Pipa Distribusi Tekanan Menengah. Simulasi ini menunjukkan hasil yang seragam dengan simulasi pipa distribusi induk. RS yang memiliki jarak tempuh paling jauh ke SR terjauh, akan menghasilkan tekanan lebih kecil dibandingkan RS yang memiliki jarak tempuh paling dekat ke SR terjauh. Meskipun penurunan tekanan yang terjadi pada kedua pipa ini sangat kecil, hasil simulasi menunjukkan bahwa pipa dengan diameter 63 mm memiliki tekanan yang lebih rendah dari pipa diameter 90 mm. Seperti yang terlihat pada gambar 7.

Tekanan pada pipa dengan diameter 63 mm lebih rendah dari diameter 90 mm karena bila diameter dibuat lebih kecil, maka daerah aliran akan berkurang sedangkan kecepatan fluidanya akan meningkat dan kerugian tekanan (*head loss*) akibat gesekan lebih tinggi. Sebaliknya bila diameter dibuat lebih besar, maka daerah aliran akan bertambah sedangkan kecepatan fluidanya akan berkurang dan kerugian tekanan (*head loss*) akibat gesekan lebih rendah. Hal ini sesuai dengan persamaan Darcy-Weisbach [7] bahwa diameter berbanding terbalik dengan *head loss*.

Tabel 7. Hasil Simulasi Pipa Distribusi Induk.

RS	Panjang	Debit	Diameter	Tekanan Masuk Rumah Terdekat	Tekanan Masuk Rumah Terjauh	Pressure Drop
	m			mmscfd	mm	
RS-JR01	6672	0,01500	90	0,0999	0,0993	0,0006
			63	0,0996	0,0942	0,0054
RS-JR02	5609	0,01230	90	0,1000	0,0995	0,0005
			63	0,0997	0,0973	0,0024
RS-JR03	2857	0,01215	90	0,1000	0,0997	0,0003
			63	0,0997	0,0986	0,0011



Gambar 7. Perbandingan Tekanan Masuk Rumah Terjauh

Kesimpulan

Hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Pengembangan jaringan pipa distribusi gas untuk rumah tangga ini dapat melayani 1.315 pelanggan.
- Hasil simulasi baik pada pipa distribusi induk maupun pipa distribusi tekanan menengah, menunjukkan debit, tekanan, penurunan tekanan, dan kecepatan yang memenuhi syarat dan standar yang telah ditetapkan.

Saran

Dalam penggunaannya, pipa diameter 180 mm bersamaan dengan pipa diameter 90 mm dan pipa diameter 125 mm bersamaan dengan pipa diameter 63 mm.

Penggunaan pipa dengan diameter yang lebih kecil, lebih disarankan tentunya karena biayanya yang lebih sedikit. Apabila menggunakan pipa diameter 63 mm untuk jaringan distribusi tekanan menengah tidak perlu banyak sambungan karena pada diameter ini dipasang dalam bentuk gulungan sepanjang 50 m. Berbeda dengan pipa diameter 90 mm yang dipasang dalam bentuk satuan lurus dengan

panjang 12 m. Namun demikian, penggunaan pipa yang lebih kecil perlu memperhatikan mengenai kerugian atau *losses* yang terjadi lebih besar. Sehingga hal ini perlu menjadi fokus utama dalam pemilihan diameter pipa.

Penghargaan

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pihak PT. Pertamina Gas yang telah memberikan izin kerja praktik serta membantu dalam memperoleh data serta PipeFlow.com yang telah meminjamkan lisensi *software* untuk digunakan pada penelitian ini.

Referensi

- [1] Ditjen Migas, Kementerian ESDM, Pembangunan Jaringan Gas Bumi untuk Rumah Tangga, Jakarta, 2013. (Referensi artikel)
- [2] Informasi dari <https://www.pertamina.com/id/viewarchive/news-release/warga-kabupaten-bekasi-nikmati-gas-kota-pertamina>. (diakses pada 20-Mei-2018) (Referensi berupa laman internet)
- [3] PT.Pertamina Gas, "Buku Pedoman Pipa," Jakarta. (Referensi buku)
- [4] E. S. Menon, Gas Pipeline Hydraulics, Boca Raton: CRC Press, 2005. (Referensi buku)
- [5] Informasi dari www.pipeflow.com (diakses pada 20-Mei-2018) (Referensi berupa laman internet)
- [6] N. Valentino, Pengembangan Jaringan Pipa Distribusi Gas Bumi untuk Rumah Tangga di Kota Depok, Depok: Skripsi, Program Sarjana FTUI, 2012. (Referensi buku)
- [7] Informasi dari http://petrowiki.org/Pressure_drop_evaluation_along_pipelines (diakses pada 20-Mei-2018) (Referensi berupa laman internet)