

# NATURAL GAS PIPELINE AND METERING REGULATING STATION ANALYSIS DESIGN AT PT. X

Widiyanto Nugroho\*, Wegie Ruslan

Fakultas Teknik Mesin, Universitas Pancasila

\*Corresponding author: widiyanto.nugroho@pgn.co.id

**Abstract.** PT Perusahaan Gas Negara Tbk is a company engaged in the Transmission and Distribution of Natural Gas which requires a distribution facility in the form of a natural gas pipeline as a gas distribution medium and a Metering Regulating Station that is used as Custody equipment and safety equipment and pressure regulation at each point of delivery. Every prospective customer who will subscribe to natural gas will be calculated and analyzed the design of natural gas pipelines and Metering Regulating Station according to pressure requirements, flow and estimated usage for 1 month as in PT. X which originally used 180000 kg of LPG per month will then switch to using natural gas with an estimated usage of 219483.358 m<sup>3</sup> of Natural Gas per month, so calculation analysis is needed to determine the pipe diameter and Identification of the most suitable Metering Regulating Station to deliver natural gas from distribution network to the existing 213m pipe at PT. X. After calculating as needed at PT. X, the most suitable MRS identification is obtained (2/3) - (16/6) - (3/1) - (2000) - (G.400) which describes the MRS outlet inlet diameter, maximum and minimum pressure, maximum flow and the type of meter used, other than that in accordance with the need for a final pressure of 0.8 bar, the most suitable pipe diameter of the natural gas installation is with a 6 inch diameter pipe

**Keywords:** Natural gas, Natural Gas Pipeline, Metering Regulating Station

**Abstrak.** PT Perusahaan Gas Negara Tbk merupakan perusahaan yang bergerak di bidang Transmisi dan Distribusi Gas Bumi yang membutuhkan fasilitas penyaluran berupa pipa gas bumi sebagai media penyaluran gas serta Metering Regulating Station yang digunakan sebagai peralatan Custody dan juga sebagai peralatan safety serta pengaturan tekanan di masing masing titik penyerahan. Setiap calon pelanggan yang akan berlangganan gas bumi akan dilakukan perhitungan dan analisa desain pipa gas bumi serta Metering Regulating Station sesuai dengan kebutuhan tekanan, flow dan estimasi pemakaian selama 1 bulan seperti pada PT. X yang semula menggunakan LPG sebanyak 180000 kg per bulan kemudian akan beralih menggunakan gas bumi dengan estimasi pemakaian 219483,358 m<sup>3</sup> Gas Bumi per bulan, maka perlu dilakukan Analisa perhitungan untuk menentukan diameter pipa dan Identifikasi Metering Regulating Station yang paling sesuai untuk menyalurkan gas bumi dari jaringan distribusi hingga ke pipa eksisting dengan panjang 213m di PT. X. Setelah dilakukan perhitungan sesuai kebutuhan di PT. X maka diperoleh identifikasi MRS yang paling sesuai adalah ( 2/3 ) - ( 16/6 ) - ( 3/1 ) - ( 2000 ) - ( G.400 ) yang menggambarkan diameter inlet outlet MRS, tekanan maksimum dan minimum, maksimum flow dan tipe meter yang digunakan, selain itu sesuai dengan kebutuhan tekanan akhir sebesar 0,8 bar maka diameter pipa instalasi gas bumi yang baru yang paling sesuai adalah dengan pipa diameter 6 inch.

**Kata kunci:** Gas Bumi, Pipa Gas Bumi, Metering Regulating Station.

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

---

## Pendahuluan

PT Perusahaan Gas Negara Tbk merupakan perusahaan milik negara yang bergerak di bidang transmisi dan distribusi gas bumi yang memiliki amanah dan tanggung jawab utama untuk menyalurkan gas bumi demi memenuhi kebutuhan

berbagai sektor seperti rumah tangga, komersil, industri dan pembangkit listrik.

Seiring dengan panjang pipa yang terbentang di setiap distribusi wilayah, terdapat ribuan pelanggan PGN dengan berbagai macam kategori dalam pemanfaatan gas bumi, mulai dari sektor rumah

tangga, komersil, industri hingga pembangkitan listrik. Pada umumnya, pelanggan PGN merupakan pelanggan yang telah menggunakan bahan bakar tertentu seperti Solar, Batubara, maupun LPG yang kemudian melakukan konversi bahan bakar existing mereka dengan menggunakan bahan bakar gas bumi.

Dalam penyaluran gas bumi, terdapat beberapa fasilitas sehingga gas bumi dapat sampai ke peralatan pelanggan. Fasilitas penyaluran distribusi gas bumi di PGN terdiri dari pipa induk, pipa servis dan MRS (Metering Regulating Station). Sedangkan fasilitas penyaluran gas bumi yang berada di ruang lingkup lingkungan pelanggan disebut dengan pipa instalasi. Dalam hal ini, desain pipa induk PGN disesuaikan dengan potensi kebutuhan gas bumi di suatu wilayah tersebut yang biasa disebut dengan cluster komersial sedangkan desain MRS dan pipa instalasi disesuaikan dengan kebutuhan gas bumi dari masing-masing pelanggan.

Salah satu perusahaan yang berada di Jakarta, yaitu PT X akan menjadi pelanggan PGN, dimana sebelumnya PT X menggunakan LPG sebagai bahan bakar utamanya. PT X akan melakukan konversi bahan bakar dari LPG menjadi gas bumi yang disuplai oleh PGN. Untuk menjadi pelanggan PGN, maka diperlukan fasilitas penyaluran gas di pelanggan untuk dapat menyalurkan gas bumi dari jaringan distribusi PGN hingga sampai ke peralatan yang akan menggunakan gas bumi, peralatan tersebut antara lain MRS dan pipa instalasi. Sehingga perlu dilakukan analisis sesuai dengan kebutuhan dan peralatan yang digunakan oleh PT X untuk dapat menentukan desain pipa instalasi serta MRS yang sesuai untuk penyaluran gas bumi ke PT X.

### Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perancangan desain MRS dan pipa yang mengalirkan gas bumi dari MRS hingga sampai ke peralatan yang menggunakan gas bumi di PT X.

Untuk mengetahui pemakaian gas bumi perbulan, maka dibutuhkan pemakaian LPG perbulan dari pelanggan PT X. Kemudian mengkonversi kebutuhan gas bumi dengan persamaan berikut :

$$\text{Kebutuhan gas bumi} = \frac{\text{Pemakaian LPG} \times \text{Nilai kalori LPG}}{\text{Nilai kalori gas bumi}}$$

Tahap pertama perhitungan adalah menentukan diameter pipa masukan (inlet) dan keluaran (outlet). Pada perhitungan ini, untuk perhitungan diameter pipa inlet MRS menggunakan data kecepatan gas unfiltered, sedangkan perhitungan diameter pipa outlet menggunakan data kecepatan gas filtered.

Batasan kecepatan maksimum aliran gas pada inlet dan outlet MRS yang telah ditetapkan, kecepatan maksimum yang diperbolehkan pada pipa inlet MRS adalah 20 m/s (kecepatan aliran gas masuk ke filter MRS pada tekanan inlet minimum), dan kecepatan maksimum aliran pada outlet MRS adalah 40 m/s (kecepatan aliran gas keluar dari filter MRS pada tekanan outlet minimum). Kemudian dilakukan perhitungan pada persamaan diameter pipa inlet dan pada persamaan diameter pipa outlet, sehingga didapatkan Din dan Dout MRS.

Dalam menentukan pipa yang akan dipergunakan, tidak hanya aspek diameter saja yang dibutuhkan namun juga aspek ketebalan pipa (t)

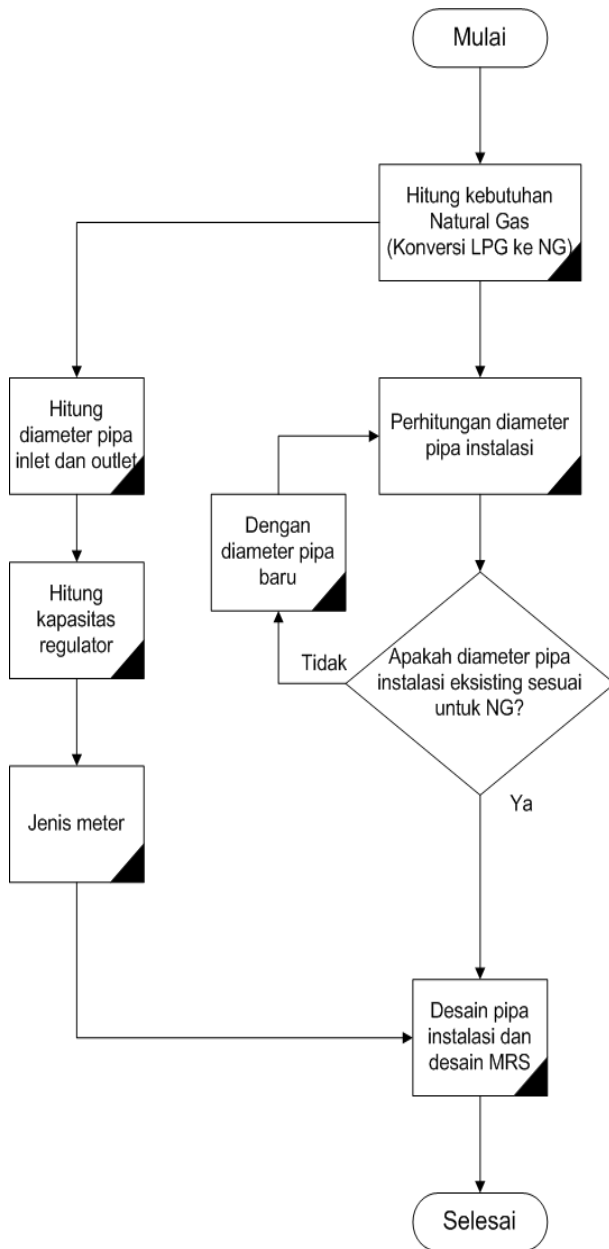
Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan identifikasi meter yang akan digunakan. Secara pabrikan meter gas yang akan digunakan untuk pelanggan industri diidentifikasi dengan kode G.X, Selain identifikasi meter, dilakukan juga perhitungan untuk menentukan kapasitas maksimum meter (Vs) yang digunakan.

Kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan kapasitas regulator yang akan digunakan. Untuk mengetahui kapasitas dari suatu regulator diperlukan data tekanan inlet dan outlet minimum serta diameter regulator (DN).

Dalam melakukan perhitungan desain pipa instalasi baru dari MRS ke peralatan yang menggunakan gas dengan data kebutuhan gas bumi pelanggan PT X, dimana kebutuhan gas bumi didapat dengan mengkonversikan pemakaian LPG. Untuk perhitungan diameter pipa menggunakan persamaan General Flow dengan Colebrook. Kemudian dilakukan analisis desain diameter pipa menggunakan grafik perbandingan antara tekanan outlet P2 terhadap panjang pipa instalasi baru.

### Sumber Data

Data untuk analisis ini diambil dari Divisi Sales Area Jakarta PT PGN. Untuk perhitungan, digunakan data pelanggan PT X dengan yang menggunakan 1 unit boiler. Dimana desain pipa instalasi eksisting menggunakan LPG, akan dilakukan konversi dari LPG ke gas bumi. Konsumsi rata-rata LPG perbulan PT X adalah 180000 kg, dengan jumlah hari kerja 6 hari perminggu (26 hari perbulan) dan jumlah jam kerja 10 jam per hari. Nilai kalori LPG adalah 94 MJ/m<sup>3</sup> [10] dan gas bumi adalah 1117,2780 Btu/ft<sup>3</sup>.



Hari kerja perbulan	:	26 hari
Jam kerja perhari	:	10 jam
Aliran gas bumi	:	844,167 m <sup>3</sup> /h
Tekanan Inlet Maks	:	16 bar
Tekanan Intlet Min	:	6 bar
Tekanan Outlet Maks	:	3 bar
Tekanan Outlet Min	:	1 bar
Kecepatan Gas inlet	:	20 m/s
Kecepatan Gas Outlet	:	40 m/s

Untuk perhitungan diameter pipa inlet MRS menggunakan data kecepatan gas unfiltered, sedangkan perhitungan diameter pipa outlet menggunakan data kecepatan gas filtered. Selanjutnya dapat ditentukan diameter pipa inlet dan outlet dengan menggunakan formula/persamaan

$$D_{in} = \sqrt{\frac{353,7 \times Q}{V \times P_{imin}}}$$

$$D_{in} = \sqrt{\frac{353,7 \times 844,167 \text{ m}^3/h}{20 \text{ m/s} \times 7,01325 \text{ barA}}}$$

$$D_{in} = 43,138 \text{ mm}$$

$$D_{in} = 1,816 \text{ inch}$$

Sehingga dipilih pipa inlet dengan diameter 2 inch.

$$D_{out} = \sqrt{\frac{353,7 \times Q}{V \times P_{omin}}}$$

$$D_{out} = \sqrt{\frac{353,7 \times 844,167 \text{ m}^3/h}{40 \text{ m/s} \times 2,01325 \text{ barA}}}$$

$$D_{out} = 60,891 \text{ mm}$$

$$D_{out} = 2,397 \text{ inch}$$

Sehingga dipilih pipa outlet dengan diameter 3 inchi.

Selanjutnya, untuk menentukan spesifikasi pipa yang akan digunakan maka dilakukan perhitungan ketebalan pipa dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$t = \frac{PD}{2SFET}$$

$$t = \frac{43,511 \times 3,5}{2 \times 42000 \times 0,8 \times 1 \times 1}$$

$$t = 0,002266 \text{ inch}$$

$$t = 0,0575 \text{ mm}$$

Pipa yang dipakai adalah pipa dengan diameter luar 88,9 mm = 3,5 inchi dengan tebal pipa = 0,0575 mm. Sesuai dengan kegunaannya untuk pipa penyaluran gas bumi secara komersial maka digunakan pipa Carbon Steel API 5L dengan diameter 3 inch schedule 5S yang disesuaikan dengan tebal pipa yang dibutuhkan dari penelitian.

## Hasil dan Pembahasan

Pemakaian LPG perbulan PT X adalah sebesar 180000 kg = 97200 m<sup>3</sup> (lampiran tabel konversi LPG), dengan nilai kalori 94 MJ/m<sup>3</sup>= 22466,5392 kcal/m<sup>3</sup>. Sedangkan nilai kalori gas alam ialah 1117,2780 Btu/ft<sup>3</sup> = 9949,4906 kcal/m<sup>3</sup>.

$$\text{Kebutuhan gas bumi} = \frac{\text{Pemakaian lpg} \times \text{Nilai kalori lpg}}{\text{Nilai kalori gas bumi}}$$

$$\text{Kebutuhan gas bumi} = \frac{97200 \text{ m}^3 \times 22466,5392 \text{ kcal/m}^3}{9949,4906 \text{ kcal/m}^3}$$

Sehingga kebutuhan gas bumi PT X perbulan adalah 219483,358 m<sup>3</sup>.

Data-data yang ada untuk melakukan perhitungan perancangan Metering Regulating Station (MRS) pelanggan PT X adalah sebagai berikut:

Nama Pelanggan	:	PT. X
Peralatan	:	10 unit oven burner

Untuk mengetahui besarnya kapasitas maksimum dari suatu regulator (pada tekanan outlet maksimum) perlu diketahui tekanan inlet dan outlet minimum serta diameter regulator (DN).

$$P_i \text{ min} = 6 \text{ barg} = 7,01325 \text{ bar absolut}$$

$$P_o \text{ min} = 1 \text{ barg} = 2,01325 \text{ bar absolut}$$

Cg untuk DN 50 dengan SSV dan silincer yaitu 1750 m<sup>3</sup>/h

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{2,01325}{7,01325} = 0,28706$$

Karena perbandingan tekanan outlet dengan inlet (P<sub>2</sub>/P<sub>1</sub>) adalah < 0,544 maka formula yang digunakan adalah persamaan :

$$Q_n = \frac{0,4 \times C_g \times P_1}{\sqrt{d}}$$

$$Q_n = \frac{0,4 \times 1750 \times 7,01325}{\sqrt{0,642}}$$

$$Q_n = 6127,028$$

Kapasitas maksimum regulator pada tekanan outlet maksimum 3 bar (sebesar 6127,028m<sup>3</sup>/h. Sehingga kapasitas regulator pada tekanan operasi (tekanan outlet minimum) 1 bar sebesar :

$$\frac{Q_n}{3} = \frac{6127,028}{3} = 2042,34 \text{ m}^3/\text{h}$$

Kapasitas regulator pada tekanan outlet minimum sebesar 2042,34m<sup>3</sup>/h ≈ 2000m<sup>3</sup>/h. Hal ini berarti kapasitas yang dapat dilepas untuk 1 stream sebesar 2000m<sup>3</sup>/h.

Dengan MRS hasil perancangan, penyaluran gas dapat berjalan dengan baik karena terdapat dua buah lajur (double stream) untuk mengalirkan gas. Pada saat dilakukan pemeliharaan tidak perlu dilakukan pemutusan aliran gas (shut down). Dengan demikian, dari hasil perhitungan maka didapatkan untuk perencanaan Metering Regulating Station (MRS) yang digunakan untuk pelanggan PT. X yaitu dengan Lajur Ganda (Double Stream) dan dengan identifikasi MRS sebagai berikut :

( 2/3 ) - ( 16/6 ) - ( 3/1 ) - ( 2000 ) - ( G.400 )

Keterangan :

Diameter pipa inlet MRS	: 2 inchi
Diameter pipa outlet MRS	: 3 inchi
Tekanan inlet maksimum	: 16 bar
Tekanan inlet minimum	: 6 bar
Tekanan outlet maksimum	: 3 bar
Tekanan outlet minimum	: 1 bar
Flowrate gas maksimum	: 2000 m <sup>3</sup> /h
Tipe meter	: G. 400

Untuk perhitungan desain pipa instalasi, digunakan persamaan general flow dengan Colebrook.

$$Q = 1,1494 \times 10^{-3} \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left[ \frac{(P_1^2 - P_2^2)}{G T_f L Z f} \right]^{0,5} D^{2,5}$$

$$D^{2,5} = \frac{Q}{1,1494 \times 10^{-3} \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left[ \frac{(P_1^2 - P_2^2)}{G T_f L Z f} \right]^{0,5}}$$

Untuk nilai Z dicari dengan persamaan

$$Z = \frac{1}{\left[ 1 + \left( \frac{P_{avg} \times 344400(10)^{1,78G}}{T_f^{3,825}} \right) \right]}$$

Sedangkan P<sub>avg</sub> didapat dari persamaan

$$P_{avg} = \frac{2}{3} \left( P_1 + P_2 - \frac{P_1 \times P_2}{P_1 + P_2} \right)$$

$$P_{avg} = \frac{2}{3} \left( 14,5038 + 11,60304 - \frac{14,5038 \times 11,60304}{14,5038 + 11,60304} \right)$$

$$P_{avg} = 13,10713778 \text{ psig}$$

Sehingga,

$$Z = \frac{1}{\left[ 1 + \left( \frac{13,10713778 \times 344400(10)^{1,78 \times 0,642}}{540,6^{3,825}} \right) \right]}$$

$$Z = 0,997796454$$

Sebelumnya diketahui, nilai e = 0,0018 inch. Diameter dalam pipa (D) = 4,026 inch = 0,10226 m (rencana desain diameter pipa menggunakan 4 inch). Sedangkan Re didapat dari persamaan.

$$Re = 0,5134 \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left( \frac{G Q}{\mu D} \right)$$

Dimana

$$\mu = 0,0109 \text{ cm/g.s} = 0,109 \text{ m/kg.s}$$

$$Q = 844,167 \text{ m}^3/\text{h} = 14,069 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Re = 0,5134 \left( \frac{288,5}{101,325} \right) \left( \frac{0,642 \times 14,06945}{0,109 \times 0,10226} \right)$$

$$Re = 1184,576827$$

Kemudian disubstitusikan ke persamaan Colebrook

Persamaan di atas sulit dicari akar-akarnya menggunakan aljabar biasa karena variable f berada pada kedua ruas dan berada di dalam log. Untuk mencari akar pada persamaan tersebut di atas, digunakan metode iterasi Newton-Raphson sehingga diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 1. Iterasi Newton Raphson Untuk Pipa Instalasi

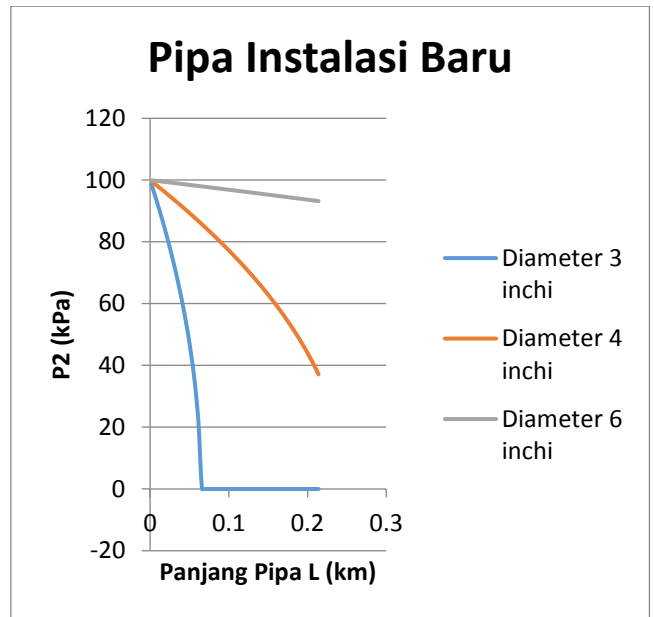
Iterasi ke-	xi	f(x)	f'(x)
1	0,001	29,276563	-16244,901
2	0,0028022	16,098143	-3525,2261
3	0,007368756	8,4384508	-849,108
4	0,017306775	4,021868	-244,51385
5	0,033755201	1,5758248	-93,355598
6	0,050635011	0,4028504	-52,351022
7	0,058330189	0,0387141	-42,836251
8	0,059233959	0,0004192	-41,914258
9	0,059243961	5,008E-08	-41,904246
10	0,059243962	0	-41,904244
11	0,059243962	0	-41,904244
12	0,059243962	0	-41,904244
13	0,059243962	0	-41,904244
14	0,059243962	0	-41,904244
15	0,059243962	0	-41,904244

Maka didapat nilai  $f = 0,059243962$   
 Sehingga

$$D^{2.5} = \frac{Q}{1,1494 \times 10^{-3} \left(\frac{T_b}{P_b}\right) \left[\frac{(P_1^2 - P_2^2)}{G T_f L Z f}\right]^{0.5}}$$

$$D = \left(\frac{20260,008}{0,126092913}\right)^{\frac{1}{2.5}}$$

$D = 120,8869927 \text{ mm} = 4,759330419 \text{ inch}$   
 $D \approx 6 \text{ inch}$



Dari hasil perhitungan didapatkan desain diameter pipa instalasi baru dari MRS ke pipa instalasi eksisting, yaitu diameter pipa  $\approx 6$  inch. Sedangkan rencana desain pipa instalasi baru menggunakan diameter 4 inch, maka diameter rencana desain pipa instalasi direkomendasikan menggunakan pipa diameter 6 inch.

**Kesimpulan**

Berdasarkan Analisa dan perhitungan yang dilakukan sesuai dengan kebutuhan pada PT. X maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Sesuai dengan kebutuhan flow dan tekanan di PT. X, maka identifikasi MRS yang paling sesuai berdasarkan Analisa dan perhitungan adalah :  $(2/3) - (16/6) - (3/1) - (2000) - (G.400)$
2. Sesuai dengan kebutuhan di PT. X dimana diperlukan pipa gas bumi sepanjang 213 meter serta kebutuhan tekanan akhir di peralatan pelanggan sebesar 0,8 Bar maka diameter pipa gas bumi yang paling sesuai adalah pipa diameter 6 Inch dengan bahan Carbon Steel API 5L.

**Referensi**

[1] AGA Report No.7, Measurement of Fuel Gas by Turbine Meter, Washington DC, 2010.  
 [2] ASME B31.8, Gas Transmission and Distribution Piping Systems, The American Society of Mechanical Engineers, New York, 2003.  
 [3] ASTM A-105, Standard Specification for Carbon Steel Forgings for Piping Applications, United State.  
 [4] Menon, E. Shashi, Gas Pipeline Hydraulics, Taylor & Francis Group, LLC, London, 2005.

- [5] Pressure Regulation, The RMG GROUP, Mei 2012.
- [6] Roring, Metering and Regulation Station, PTK AKAMIGAS-STEM, Cepu, 2010.
- [7] Standard Teknik Material Desain MRS, PT Perusahaan Gas Negara (Persero) Tbk., 2011.
- [8] A. Chebouba, F. Yalaoui, L. Amodeo, A. Smati, and A. Tairi, "New Method to Minimize Fuel Consumption of Gas Pipeline Using Ant Colony Optimization Algorithms," in 2006 International Conference on Service Systems and Service Management, 2006, pp. 947–952..
- [9] A. Kidnay and W. Parrish, "Fundamentals of Natural Gas Processing," Fundam. Nat. Gas Process., 2016..
- [10] C. Li, W. Jia, Y. Yang, and X. Wu, "Analysis of Operation Optimization of Gas Pipelines Based on Adaptive Genetic Algorithm," in 2010 2nd International Symposium on Information Engineering and Electronic Commerce, 2010, pp. 1–6
- [11] PT. X, "PANDUAN BASIS DESAIN METERING REGULATING STATION (MRS) PELANGGAN," 2018.
- [12] S. Mokhatab, W. A.Poe, and J. Y. Mark, Handbook of Natural Gas Transmission and Processing Principle and Practice Third Edition, vol. Third. 2015.