

## **Redesign Metering and Regulating Station Pada Sistem Jaringan Gas Rumah Tangga Sidoarjo**

**Fikri Ari Pratomo<sup>1\*</sup>, Priyo Agus Setiawan<sup>2</sup>, Lely Pramesti<sup>3</sup>**

*Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia<sup>1\*,2</sup>*

*Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>*

Email: [fikriari@student.ppns.ac.id](mailto:fikriari@student.ppns.ac.id)<sup>1\*</sup>; [priyo.as@ppns.ac.id](mailto:priyo.as@ppns.ac.id)<sup>2\*</sup>; [lelypramesti@ppns.ac.id](mailto:lelypramesti@ppns.ac.id)<sup>3\*</sup>

---

**Abstract** - PT PGAS Solution is a company engaged in the transmission and distribution of natural gas that requires distribution facilities in the form of gas pipes as a gas distribution. The Metering Regulating Station is the equipment for custody, safety and pressure regulation at each distribution point. For every house connection that will subscribe to natural gas, a calculation and analysis of the design of the natural gas pipeline and the Metering Regulating Station will be carried out according to the pressure, flow and estimated usage requirements for 1 month as in the Sidoarjo gas line, which originally amounted to 17,543 house connections, has now increased to 28,961 house connections. . The estimation of gas usage in daily distribution is 2896.1 m<sup>3</sup> of natural gas per hour, so it is necessary to calculate the diameter of the pipe, turbine meter and identify the appropriate Metering Regulating Station to distribute gas from the distribution network to the existing pipeline. After calculating according to the needs in Sidoarjo, the identification of the most suitable MRS is (6/6)-(40/10) -(4/1)-(2000)-(G.400) which describes the MRS inlet outlet diameter, pressure maximum and minimum, maximum flow and type of meter used. The pressure drop value based on the simulation using the Pipe Flow Expert software in this design is 0.0125 bar where this number is still in accordance with the basic design criteria of PGAS Solution.

**Keywords:** *Metering and Regulating Sration, Tubine Meter, ASME B31.3, Regulator, Pressure Drop*

---

### **Nomenclature**

t	Thickness (inch)
D	Diameter (inch)
E	Quality factor
tm	Thickness minimum (inch)
Do	Outside diameter (inch)
Di	Inside diameter (inch)
Y	Coefficient
W	Weld Joint Strength
Hf	Headloss mayor (m)
Hfm	Headloss minor (m)
P	Massa jenis (kg/m <sup>3</sup> )

### **1. PENDAHULUAN**

Salah satu perusahaan yang bergerak di bidang transmisi dan distribusi gas rumah tangga di Sidoarjo akan melakukan *upgrading facility* pasca penambahan jaringan 11.418 sambungan rumah pada 2021. Sehingga perusahaan tersebut harus mendistribusikan gas rumah tangga untuk 28.961 rumah tangga. Adapun jumlah sambungan *existing* adalah

Dalam penyaluran gas rumah tangga, terdapat beberapa fasilitas sehingga gas bumi dapat sampai ke pelanggan. Fasilitas penyaluran distribusi gas bumi pada perusahaan tersebut terdiri dari pipa induk, pipa servis dan MRS (*Metering Regulating*

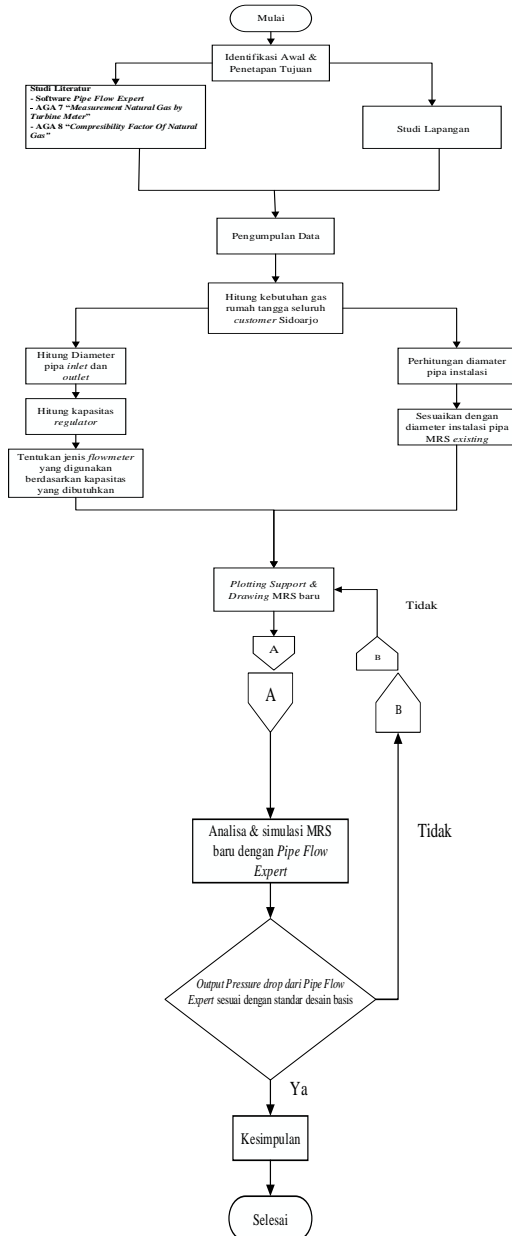
*Station*). Sedangkan fasilitas penyaluran gas bumi yang berada di ruang lingkup lingkungan pelanggan disebut dengan pipa instalasi. Dalam hal ini, desain pipa induk harus disesuaikan dengan potensi kebutuhan gas bumi di suatu wilayah tersebut yang biasa disebut dengan *cluster* komersial sedangkan desain MRS dan pipa instalasi disesuaikan dengan kebutuhan gas bumi dari masing-masing pelanggan.

Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk merancang MRS (*metering and regulating station*) sesuai kebutuhan *supply* gas bumi Sidoarjo dengan estimasi *flow rate* 0,1 m<sup>3</sup>/h untuk setiap pelanggan. Selain itu terdapat komponen penting dalam MRS yakni *turbine meter*, regulator, dan pipa instalasi pada sistem meliputi *wall thickness* serta diameter MRS. Beberapa komponen tersebut perlu disesuaikan juga melalui analisis kalkulasi empiris sesuai kebutuhan dari kebutuhan distribusi harian. Penulis menggunakan *standard AGA 7 Measurement of Natural Gas by Turbine Meter* [1], Desain Basis PT.X [7] dan *ASME B31.3 Process Piping* dan selanjutnya akan diperiksa nilai *pressure drop* dalam sistem MRS upgrade menggunakan *software Pipeflow Expert*.

**2. METODOLOGI**

**2.1 Metode Penelitian**

Untuk diagram alir metodologi pada penelitian kali ini yaitu Redesign *Metering and Regulating Station* pada sistem jaringan gas rumah tangga Sidoarjo dapat dilihat pada gambar berikut ini



Gambar 1. Diagram alir penelitian

**2.2 Perhitungan Kebutuhan Gas Harian**

Perhitungan kebutuhan gas dalam distribusi harian Sidoarjo dilakukan berdasarkan standard *flowrate* per pelanggan sebesar 0,1 m<sup>3</sup>/h. Angka tersebut mengacu dari desain basis PT.X [7]. Perhitungan gas dapat ditentukan melalui persamaan 1 berikut ini :

$$Q_{gas} = 0,1 \frac{m^3}{h} \times \text{jumlah pelanggan} \quad (1)$$

**2.3 Pernentuan Rating Turbine Meter**

Berdasarkan AGA 7 [1] maupun ketersediaan di pasaran *turbine flow meter* memiliki *rating* yang di klasifikasi berdasarkan *maximum flow rate* pada tekanan atmosfer ditunjukkan pada persamaan 2, Adapun Q<sub>max</sub> turbine meter pada P<sub>operasi</sub> ditunjukkan persamaan 3 :

$$Q_{max} = \frac{\text{Total Kebutuhan Gas}}{(P_{operasi} + 1,01325)} \quad (2)$$

Q<sub>max</sub> turbine meter pada P<sub>operasi</sub> :

$$Q_{gas} = Q_{basic} \times (P_{operasi} + 1 \text{ bar}) \quad (3)$$

**2.4 Perhitungan Diameter Pipa Instalasi**

Perhitungan diameter pipa instalasi diperlukan untuk mengetahui berapakah nilai diameter yang digunakan berdasarkan parameter debit dan kecepatan dalam aliran. Berikut adalah persamaan untuk menentukan minimum diameter pipa instalasi dalam sistem MRS :

$$D_{minimum} = \sqrt{\frac{4Q}{V\pi}} \quad (4)$$

**2.5 Perhitungan Wall Thicknes Pipa**

Penentuan *wall thickness* pada penelitian ini bertujuan agar jalur pipa tersebut dapat beroperasi dengan aman, menggunakan acuan standar ASME B31.3 (ASME, 2016), ditunjukkan pada persamaan 5 berikut

$$t_m = \frac{P D}{2(SEW + P Y)} \quad (5)$$

**2.6 Minimum Diameter Inlet dan Outlet**

Diameter pipa *inlet* MRS ditentukan menggunakan persamaan 6 berikut :

$$D_{Inlet} = \sqrt{\frac{353,7 \times Q}{P_{inlet} \times V}} \quad (6)$$

Adapun untuk penentuan diameter pipa *outlet* adalah sebagai berikut :

$$D_{Outlet} = \sqrt{\frac{353,7 \times Q}{P_{inlet} \times V}} \quad (7)$$

**2.7 Perhitungan Kapasitas Regulator**

Penentuan kapasitas regulator dapat ditentukan melalui persamaan 8 dibawah ini :

$$Q_n = \frac{0,4 \times C_g \times P_1}{\sqrt{\Delta}} \quad (8)$$

**2.8 Perhitungan Pressure Drop Pada Sistem MRS**

*Pressure drop* menjadi salah satu aspek penting dalam proses distribusi gas. Untuk sistem MRS, kriteria *outlet pressure* adalah 1-4 bar. Oleh karena itu nilai *pressure drop* harus di analisis agar *outlet pressure* masih sesuai kriteria tersebut.

Untuk melakukan kalkulasi *pressure drop*, terdapat beberapa tahap. Untuk langkah pertama adalah penentuan nilai headloss mayor melalui persamaan 9:

$$HL_{major} = f \frac{L V^2}{D 2G} \quad (9)$$

Adapun nilai headloss minor yang disebabkan oleh *fitting*, dan *equipment* dapat dihitung melalui persamaan 10 berikut :

$$HL \text{ Minor} = \frac{n \times K \times v^2}{2 \times g} \quad (10)$$

**2.9 Pipe Flow Expert**

*Pipe Flow Expert* adalah program untuk mendesain pipa dan pemodelan sistem pipa. Menghitung aliran fluida dalam jaringan pipa terbuka atau tertutup dengan beberapa tangki atau *reservoir*, beberapa pompa secara seri atau paralel, dan beberapa ukuran pipa dan *fitting*, *Pipe Flow Expert* akan menghitung laju aliran di setiap pipa dan akan menghitung penurunan tekanan pipa di sepanjang jaringan pipa. (*Pipe Flow Expert Guide*).

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Hasil Perhitungan Kebutuhan Gas Distribusi Harian**

Kebutuhan gas dalam distribusi harian dapat dihitung dengan asumsi *flowrate* tiap pelanggan adalah 0,1 m<sup>3</sup>/h, sehingga total kebutuhan gas distribusi adalah :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan gas} &= 0,1 \text{ m}^3/\text{h} \times \text{jumlah pelanggan} \\ &= 0,1 \text{ m}^3/\text{h} \times 28.961 \text{ SR} \\ &= 2896,1 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

**3.2 Hasil Perhitungan Rating Turbine Meter**

Setelah dilakukan perhitungan jumlah kebutuhan gas, maka langkah selanjutnya adalah identifikasi *rating turbine flow meter*. Berikut adalah perhitungan *rating turbine meter* :

$$Q_{max} = \frac{\text{Total Flowrate}}{\text{Tekanan Operasi} + 1,01325 \text{ bar}}$$

$$\begin{aligned} Q_{max} &= \frac{2896,1 \text{ m}^3/\text{hour}}{2,5 \text{ bar} + 1,01325 \text{ bar}} \\ &= 827,45 \text{ m}^3/\text{hour} \end{aligned}$$

Sehingga berdasarkan simulasi operasi, maka turbine meter yang digunakan adalah tipe G400 dengan Q<sub>max</sub> = 650 m<sup>3</sup>/h. *Turbine meter* dengan kapasitas tersebut dapat memenuhi kebutuhan gas harian dengan *setting pressure* 3,5 bar. Tekanan tersebut masih sesuai *safety factor*. Berikut adalah table hasil simulasi operasi *turbine*.

Tabel 1: Hasil Simulasi Operasi Turbine Meter

Basic Capacity G400 (m <sup>3</sup> /hour)	Psimulasi	Flow Rate at P simulasi	Kebutuhan Gas	Selisih
650	1	1300	2896,1	-
650	1,5	1625	2896,1	-
650	2	1950	2896,1	-946,1
650	2,5	2275	2896,1	-621,1
650	3	2600	2896,1	-296,1
650	3,5	2925	2896,1	28,9
650	4	3250	2896,1	353,9

**3.3 Perhitungan Kapasitas Regulator**

Untuk mengetahui besarnya kapasitas maksimum dari suatu regulator (pada tekanan *outlet* maksimum) perlu diketahui tekanan inlet dan *outlet* minimum serta diameter regulator (DN). Manual serta Pi min = 10 barg = 11,01325 bar absolut

Po min = 1 barg = 2,01325 bar absolut

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

Karena perbandingan tekanan *outlet* dengan *inlet* adalah < 0.544 maka formula yang digunakan adalah persamaan :

$$\begin{aligned} Q_n &= \frac{0,4 \times C_g \times P_1}{\sqrt{d}} \\ Q_n &= \frac{0,4 \times 1643, \times 11,01325}{\sqrt{0,6897}} \\ &= 9715,312 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

Kapasitas maksimum regulator pada tekanan *outlet* maksimum 4 bar (sebesar 8722,458 m<sup>3</sup>/h. Sehingga kapasitas regulator pada tekanan operasi (tekanan *outlet* minimum) 1 bar sebesar :

$$\frac{Q_n}{4} = \frac{9715,312}{4} = 2428,83 \text{ m}^3/\text{h}$$

Kapasitas regulator pada tekanan *outlet* minimum sebesar 2428,83m<sup>3</sup>/h ≈ 2500m<sup>3</sup>/h. Hal ini berarti kapasitas yang dapat dilepas untuk 1 *stream* sebesar 2500 m<sup>3</sup>/h.

**3.4 Perhitungan D<sub>inlet</sub>, D<sub>outlet</sub>, dan Minimum Wall Thickness**

Minimum diameter pada pipa instalasi adalah sebesar :

$$\begin{aligned} D_{inlet} &= \sqrt{\frac{353,7 \times Q}{V \times P_{inlet \text{ minimum}}}} \\ &= 1,435 \text{ inch} \end{aligned}$$

Selain itu, untuk minimum diameter pipa *outlet* adalah sebesar :

$$\begin{aligned} D_{outlet} &= \sqrt{\frac{353,7 \times Q}{V \times P_{inlet \text{ minimum}}}} \\ &= 2,373 \text{ inch} \end{aligned}$$

Berdasarkan ketersediaan di pasaran, *turbine* meter dengan kapasitas G400 memiliki diameter minimal 150 mm atau 6 Inch. Dimana *size* tersebut memenuhi kriteria minimum D<sub>inlet</sub> dan D<sub>outlet</sub> berdasarkan kalkulasi diatas.

Nilai minimum *wall thickness* pipa instalasi adalah :

$$\begin{aligned} t &= \frac{580 \text{ psi} \times 6,625 \text{ inch}}{2 (35.000 \times 1 \times 1 + 580 \times 0,4)} \\ t &= 0,055 \text{ inch} \end{aligned}$$

Adapun nilai *thickness* setelah ditambahkan *corrosion allowance* adalah :

$$\begin{aligned} t_m &= \frac{t}{(1 - mt)} \\ &= \frac{0,055}{(1 - 0,125)} + 0,11 \text{ inch} \\ &= 0,183 \text{ inch atau } 4,45 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai *wall thickness* dan DN, maka OD adalah 6,625 inch. Pipa dalam instalasi MRS ini memiliki sch 40 dengan *nominal thickness* 7,11 mm.

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, desain MRS *upgrade* adalah dua buah lajur (*double stream*) *redundant system*. 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 :

(6/6)-(40/10)-(4/1)-(7000)-(G.400)

Keterangan :

Diameter pipa <i>inlet</i> MRS	: 6 inchi
Diameter pipa <i>outlet</i> MRS	: 6 inchi
Tekanan <i>inlet</i> maksimum	: 40 bar
Tekanan <i>inlet</i> minimum	: 10 bar
Tekanan <i>outlet</i> maksimum	: 4 bar
Tekanan <i>outlet</i> minimum	: 1 bar
Flowrate gas maksimum	: 7000 m <sup>3</sup> /h
Tipe meter	: G. 400

### 3.5 Pressure Drop Dalam Simulasi Sistem MRS

*Pressure drop* adalah total dari kehilangan tekanan dalam suatu sistem. Perhitungan *pressure drop* diawali dengan perhitungan *head* total secara manual :

Total HI Mayor (Hf) = 23,95 m

Total HI Minor (Hfm) = 157,91 m

Sehingga total *pressure drop* berdasarkan manual *calculation* adalah 0,01064 bar. Adapun kalkulasi *pressure drop* berdasarkan software *Pipeflow Expert* adalah 0,0125 bar. Sehingga perbandingan persentase *error* dapat dilihat pada table 2.

Tabel 2: Grid Independence

No	Deskripsi	Nilai	Satuan
1	Manual Calculation	0,0133	Bar
2	Software Calculation	0,0125	Bar
% % Error			6,4%

### 3.6 Estimasi Biaya Material

Setelah melakukan desain, rencana perhitungan estimasi biaya berdasarkan *material take off* adalah Rp 1.228.600.000.

## 4. KESIMPULAN

- Jumlah kebutuhan gas dalam distribusi harian Sidoarjo adalah 2896,1 m<sup>3</sup>/h atau 2,46 MMSCFD. Jumlah tersebut merupakan total *supply* gas untuk 28.961 sambungan rumah dengan asumsi *flowrate* 0,1 m<sup>3</sup>/h sesuai desain basis PT X.
- Turbine meter* yang digunakan dalam MRS *upgrade* adalah tipe G400 dengan Q<sub>max</sub>= 650 m<sup>3</sup>/h, untuk tipe regulator adalah HON 402 dengan diameter 4 inch yang di set untuk menurunkan tekanan 5-40 bar. Adapun

perhitungan *wall thickness* pada pipa dalam desain didapatkan *wall thickness* sebesar 5,952 mm dengan nilai OD sebesar 6,625 inch. Sehingga berdasarkan API 574 diketahui bahwa *schedule* pipa adalah 40. Adapun desain baru dapat dilihat pada lampiran. Selain itu untuk *skid support* MRS menggunakan baja BJ37 tipe U Bolt.

- Berdasarkan kalkulasi manual diperoleh nilai *pressure drop* sebesar 0,0133 bar.
- Berdasarkan simulasi hidrolika menggunakan perangkat lunak *Pipeflow Expert* berhasil didapatkan nilai *pressure drop* sebesar 0,0125 bar, adapun jika analisis manual dan *software* diperoleh persentase *error* sebesar 6,4 %.
- Estimasi biaya untuk pengadaan material MRS baru adalah Rp 1.228.600.000 (satu miliar dua ratus dua puluh delapan juta enam ratus ribu rupiah).

## 5. SARAN

Saran yang diberikan penulis kepada peneliti yang akan melakukan penelitian selanjutnya antara lain:

- Penelitian selanjutnya dapat melakukan Analisa tegangan dari sistem MRS beserta *flange leakage analysis*. Karena berdasarkan DNV RP G101 sistem MRS masuk dalam kategori *critical line*.
- Penelitian ini dapat dikembangkan lebih detail dengan perhitungan manajemen proyek yang meliputi durasi proyek serta *manpower* untuk dapat mengetahui durasi proyek serta estimasi biaya secara lebih terperinci.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- AGA Report No.7, Measurement of Fuel Gas by Turbine Meter, Washington DC, (2010).
- ASME B31.8, Gas Transmission and Distribution Piping Systems, The American Society of Mechanical Engineers, New York, (2003).
- ASTM A-105, Standard Specification for Carbon Steel Forgings for Piping Applications, United State.
- Menon, E. Shashi, Gas Pipeline Hydraulics, Taylor & Francis Group, LLC, London, (2005).
- Standard Teknik Material Desain MRS, PT Perusahaan Gas Negara (Persero) Tbk., (2011).
- A. Cheboub, 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..
- Pt. X, "Panduan Basis Desain Metering Regulating Station (MRS) Pelanggan," (2018)
- Applications. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.