

## ANALISIS ALIRAN MASSA UAP PADA KATUP KONTROL UREA (*UREA GLOBE CONTROL VALVE*) DI UNIT PRODUKSI UREA PABRIK 1B PT PETROKIMIA GRESIK

Erwan Adi Saputro<sup>1\*</sup>, Auliya Ichda<sup>1</sup>, Gelar Panji Gemilar<sup>2</sup>, Bandung Arry Sanjoyo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Jalan Raya Rungkut Madya No. 1 Gunung Anyar, Surabaya 60249

<sup>2</sup>Staff Management, PT Petrokimia Gresik, Jl. Jenderal Ahmad Yani - Gresik 61119

<sup>3</sup>Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jl. Raya ITS, Surabaya 60111

\*Email : [erwanadi.tk@upnjatim.ac.id](mailto:erwanadi.tk@upnjatim.ac.id)

### ABSTRACT

*In a process, industrial plants have several tools that require steam to help run the processing of a material. For the heating process, PT. Petrokimia Gresik requires steam. Sometime the steam leak during the process, so it reduces the productivity of this industry. For that reason, the purpose of this calculation is to find out the steam loss during the process, especially in urea globe control valve (PV-723, PV-726, PV-735). The result show that the upstream pressure and temperature at PV-723 are 21 kg/cm<sup>2</sup>G and 307 °C, upstream pressure and temperature in PV-726 are 5 kg / cm<sup>2</sup>G and 158 °C, upstream pressure and temperature on PV-735 of 2.5 kg / cm<sup>2</sup>G and 138 °C. For downstream pressure on all valves is 1.03323 kg/cm<sup>2</sup>G. The obtained mass flow (F) in each valve is 0.514 tons / hr, 0.86 tons / hr and 1,902 tons / hr. The value of the input mass balance of steam in the system is 82.70 tons/hour and the overall output is 74.11 tons/hour. Therefore, the total steam loss in PV-723, PV-726, and PV-735 is around 8.59 tons/hour which mean there are some leak during the process that need to do further investigation.*

*Keywords : massa steam, steam loss, urea globe control valve, urea manufactured.*

### PENDAHULUAN

PT Petrokimia Gresik merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) dalam lingkup Kementerian Perindustrian dan Perdagangan RI yang bernaung di bawah Perusahaan Pupuk Indonesia Holding Company (PIHC). Nama Petrokimia berasal dari kata “*Petroleum Chemical*” disingkat menjadi “*Petro chemical*”, yaitu bahan-bahan kimia yang dibuat dari minyak bumi. PT Petrokimia Gresik memiliki dua kategori produk, yaitu pupuk dan non-pupuk. Untuk produk non-pupuk, PT Petrokimia Gresik menghasilkan produk-produk kimia untuk keperluan berbagai industri [1]–[3].

Dalam proses produksi, PT. Petrokimia Gresik membutuhkan *steam* untuk proses pemanasan. *Steam* merupakan gas yang dihasilkan dari proses penguapan air bersih [4]. *Steam* memiliki 2 jenis yakni uap basah (*wet steam*) dan uap kering (*dry steam*). Uap kering adalah air yang dipanaskan sampai pada temperatur jenuhnya, sedangkan uap basah adalah uap yang belum dipanaskan sampai temperatur jenuhnya [5], [6]. *Steam* berfungsi untuk memanasi benda kerja atau komponen mesin sesuai kebutuhan produksi, serta untuk membersihkan komponen mesin tertentu agar lebih higienis [7]. Adapun masalah yang saat ini terjadi adalah kesulitan dalam mengidentifikasi kinerja *steam generation* serta terjadinya kebocoran dalam pipa. Hal ini terkendala karena ketiadaan *flowmeter* pada *steam generation* tersebut yang menyebabkan ketidakpastian besarnya uap yang dapat

diregenerasi. Tentunya kendala ini memerlukan tahapan penyelesaian yang tidak singkat. Diharapkan melalui perhitungan ini menjadi langkah awal penanganan kendala tersebut.

Dalam industri pengolahan pupuk, *control valve* seringkali dibutuhkan untuk menjaga variabel suatu proses yang amat penting seperti tekanan, aliran, level dan lain sebagainya. Hal tersebut tentu sesuai dengan perkiraan operasi yang dibutuhkan agar hasil akhirnya memuaskan. Setiap *control valve* menerima dan merespon gangguan yang dapat merusak variabel dari proses pengolahan. Apabila terjadi gangguan maka sensor dan pemancar akan mengambil informasi dari variabel proses untuk menentukan titik acuannya. Kemudian *controller* akan mengolah informasi tersebut dan memutuskan apa yang harus dilakukan agar variabel proses dapat berada pada titik yang diinginkan. Selain itu, *control valve* juga memiliki karakteristik aliran [8]. Adapun pengertian karakteristik aliran adalah hubungan antara bukaan katup dengan tingkat aliran pada *pressure drop* konstan. Terdapat 3 karakteristik aliran sebuah katup, diantaranya yaitu *quick opening*, *linear*, dan *equal percentage* [9]. Jenis katup pada pabrik Urea 1B Petrokimia Gresik yang akan dievaluasi adalah *globe valve* dengan karakteristik aliran *equal percentage*. Pada *equal percentage* bukaan katup yang besar hanya memberikan penambahan tingkat aliran yang kecil, serta digunakan pada proses yang membutuhkan

pressure drop yang besar pada katup, seperti temperatur dan kontrol tekanan.

Globe valve mempunyai fungsi untuk menanggulangi kebocoran. Ketika terjadi kebocoran pada proses, bagian ini dapat menahan aliran steam yang ada sehingga kebocoran yang terjadi dapat segera diperbaiki. Untuk itu globe valve perlu dievaluasi kesesuaiannya dengan aliran steam yang terjadi, agar kerjanya efektif dan efisien. Sehingga studi kasus ini bertujuan untuk mengidentifikasi kehilangan uap pada katup PV-723, PV-726, PV-735 serta menghitung neraca massa uap pada Pabrik Urea 1B PT. Petrokimia Gresik.

**METODOLOGI PENELITIAN**

Untuk mengidentifikasi aliran uap pada katup, studi kasus ini dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan flow calculation yang dituliskan pada Persamaan 1 sebagai berikut :

$$Flow\ calc = CV \times ((P_1 - P_2) \times Faktor)^{0,5} \quad (1)$$

Keterangan :

Flow calc = Aliran uap kalkulasi (ton/hr)

CV = Koefisien aliran uap

P<sub>1</sub> = Tekanan upstream 1 (kg/cm<sup>2</sup>G)

P<sub>2</sub> = Tekanan upstream 2 (kg/cm<sup>2</sup>G)

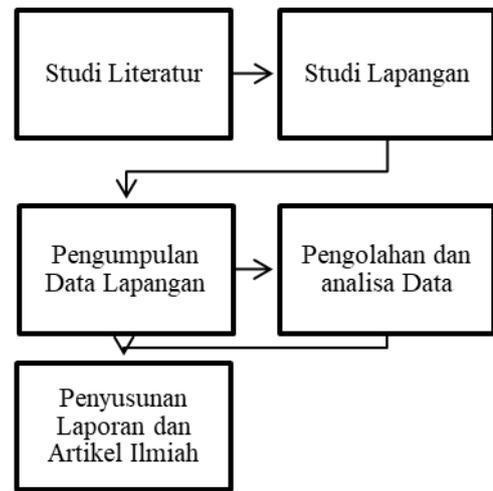
Nilai CV (control valve) dan faktor (y) pada katup dapat diidentifikasi dari studi literatur. Sedangkan P<sub>1</sub> (tekanan upstream 1) dan P<sub>2</sub> (tekanan upstream 2) diperoleh dari pengumpulan data di lapangan. Data-data hasil pengamatan tersebut dilakukan analisis pada nilai CV (control valve) dengan nilai MV (opening valve) mulai dari 0-100. MV (opening valve) adalah bukaan (travel) yang dapat mempengaruhi flowrate.

Kemudian dengan Persamaan 1 dengan aplikasi TLV Toolbox dapat diketahui nilai F (steam flowrate). Pada aplikasi masuk ke menu Valve flow calculations (steam). Kemudian masuk ke menu steam flowrate through a valve, diikuti klik show advanced options. Setelah itu mengganti satuan P<sub>1</sub> dan P<sub>2</sub> menjadi kg/cm<sup>2</sup>G (sesuai sumber data), satuan valve CV value menjadi CV (US), satuan steam temperature menjadi °C. Langkah berikutnya, mengisi seluruh data dan klik calculate.

Sedangkan untuk perhitungan neraca massa uap digunakan rumus sebagai berikut:

$$[Neraca\ massa\ masuk\ suatu\ proses] = [massa\ keluar\ dari\ proses] + [massa\ terakumulasi] \quad (2)$$

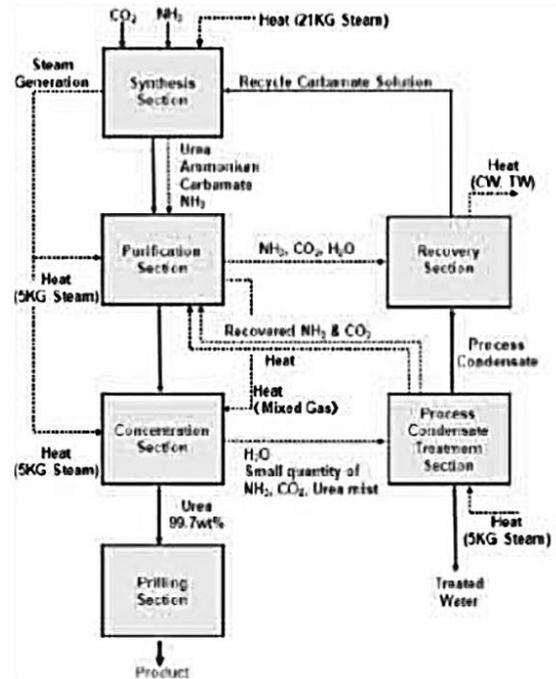
Segala hal yang dilakukan dari perumusan masalah hingga pengambilan keputusan dimodelkan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 1, yang diharapkan mampu menjelaskan langkah-langkah yang akan dilakukan.



Gambar 1. Blok diagram penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan hasil pengumpulan data, aliran steam secara umum di PT. Petrokimia Gresik ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir pembuatan urea beserta aliran steam

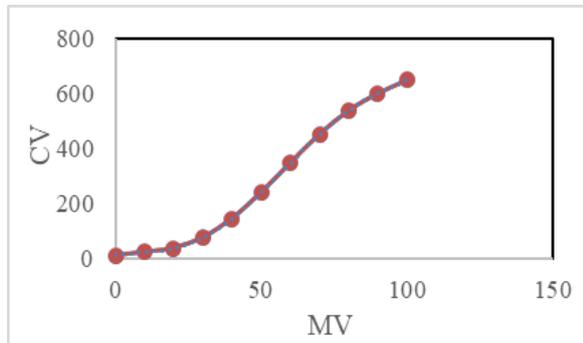
Untuk dapat mengidentifikasi aliran uap serta mengetahui neraca massa pada katup diperoleh data-data sebagai berikut:

1. P<sub>1</sub> PV-723 = 21 kg/cm<sup>2</sup>G
2. P<sub>1</sub> PV-726 = 5 kg/cm<sup>2</sup>G
3. P<sub>1</sub> PV-735 = 2.5 kg/cm<sup>2</sup>G
4. Suhu PV-723 = 307 °C
5. Suhu PV-726 = 158 °C
6. Suhu PV-735 = 138 °C
7. P<sub>2</sub> seluruh katup = 1.03323 kg/cm<sup>2</sup>G

Proses pengolahan data, analisis dan evaluasi aliran uap serta neraca massa pada katup dijelaskan pada beberapa paragraf berikut.

**Analisis Perhitungan PV-723, PV-726, dan PV-735**

Pada katup PV-723 merupakan katup yang menjadi jalan masuk uap dari unit pembentukan *Medium Pressure* (MP) uap ke alat turbin dan mengalir ke pipa distribusi *Steam Medium Low* (SML). Perpindahan uap ini menghasilkan data sehingga dapat dibuat berupa grafik hubungan antara *opening valve* (MV) dengan koefisien aliran uap (CV) seperti pada Gambar 3.



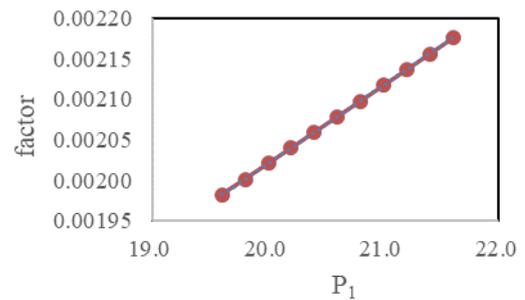
Gambar 3. Hubungan antara *opening valve* (MV) dengan koefisien aliran uap (CV) pada katup PV-723

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwasanya dibuat semirip mungkin dengan grafik asli yang tertera pada *Urea Globe Valves for LP&MP Service CV Chart* [9] sehingga dapat menghasilkan persamaan. Dengan adanya persamaan tersebut dilakukannya perhitungan yang menghasilkan nilai berdasarkan persamaan yang ada. Uap yang mengalir melalui katup PV-723 memiliki tekanan *upstream* ( $P_1$ ) sebesar 21 kg/cm<sup>2</sup>G, tekanan *downstream* ( $P_2$ ) sebesar 1.03323 kg/cm<sup>2</sup>G, dan temperatur 307 °C. Dengan menginput data-data MV, CV,  $P_1$ , dan  $P_2$  pada Persamaan 1 (TLV *Toolbox*), didapatkan besar aliran uap (F) seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Aliran Uap PV-723

No.	F (t/h)
1.	29.3076
2.	29.6069
3.	29.9065
4.	30.2065
5.	30.5069
6.	30.8075
7.	31.1086
8.	31.4099
9.	31.7116
10.	32.0136
11.	32.3160

Dari data pada Tabel. 1 dapat dibuat grafik hubungan antara faktor dengan tekanan uap *upstream* ( $P_1$ ) seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan antara faktor dengan tekanan uap *upstream* ( $P_1$ ) pada katup PV-723

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwasanya terjadi kenaikan sehingga menghasilkan persamaan. Persamaan untuk aliran uap yang melalui katup PV-723 adalah sebagai berikut:

$$CV = 1.78922 \times 10^{-9} a^6 - 5.2234 \times 10^{-7} a^5 + 5.15677 \times 10^{-5} a^4 - 1.868405 \times 10^{-3} a^3 + 2.8101152 \times 10^{-2} a^2 + 1.49449815 \times 10^{-1} a + 2.500822707 \tag{3}$$

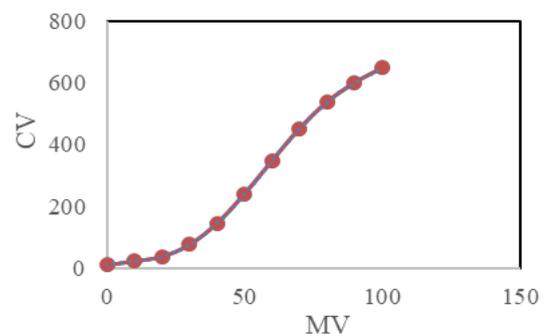
$$y = 5.841098 \times 10^{-7} P_1^2 - 7.284783 \times 10^{-5} P_1 + 3.297603 \times 10^{-4} \tag{4}$$

Keterangan :

a = *Opening valve* (PIC723.MV)

$P_1$  = Tekanan *upstream* (PIC723.PV)

Dari hasil perhitungan *flow calculation*, CV dan faktor (y) didapat nilai untuk PV-723 sebesar 0.514 ton/hr dengan nilai CV sebesar 2.500823 dan nilai faktor (y) sebesar 0.002117.



Gambar 5. Hubungan antara *opening valve* (mv) dengan koefisien aliran uap (CV) pada katup PV-726.

Pada katup PV-726 merupakan katup yang menjadi jalan masuk uap dari unit pembentukan *Medium Pressure* (MP) Uap ke pipa distribusi *Steam Low* (SL). Perpindahan uap ini menghasilkan data sehingga dapat dibuat berupa grafik hubungan antara *opening valve* (MV) dengan koefisien aliran uap (CV) seperti pada Gambar 5.

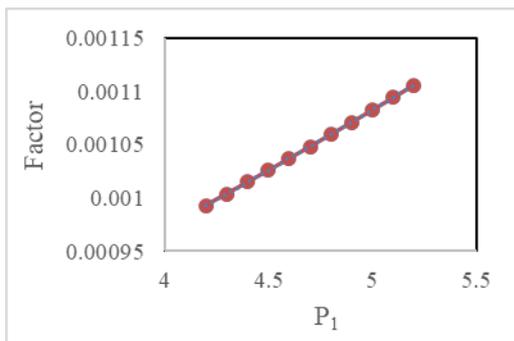
Sama halnya pada grafik sebelumnya, pada Gambar 5 dapat dilihat bahwasanya dibuat semirip mungkin dengan grafik asli yang tertera pada *Urea Globe Valves for LP&MP Service CV Chart* sehingga dapat menghasilkan persamaan. Uap yang mengalir melalui katup PV-726 memiliki tekanan

upstream ( $P_1$ ) sebesar 5 kg/cm<sup>2</sup>G, tekanan downstream ( $P_2$ ) sebesar 1.03323 kg/cm<sup>2</sup>G, dan temperatur 158 °C. Dengan menginput data-data MV, CV,  $P_1$ , dan  $P_2$  pada Persamaan 1 (TLV Toolbox), didapatkan besar aliran uap (F) seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Data aliran uap PV-726

No.	F (t/h)
1.	36.5493
2.	37.3176
3.	38.0844
4.	38.8499
5.	39.6144
6.	40.3780
7.	41.1409
8.	41.9032
9.	42.6652
10.	43.4269
11.	44.1886

Dari data pada Tabel 2 dapat membuat grafik hubungan antara faktor dengan tekanan uap upstream ( $P_1$ ) seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan antara faktor dengan tekanan uap upstream ( $P_1$ ) pada katup PV-726

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwasanya terjadi kenaikan sehingga menghasilkan persamaan. Persamaan untuk aliran uap yang melalui katup PV-726 adalah sebagai berikut:

$$CV = 2.27124 \times 10^{-9} a^6 - 6.84578 \times 10^{-7} a^5 + 7.25672 \times 10^{-5} a^4 - 3.102316 \times 10^{-3} a^3 + 6.0707811 \times 10^{-2} a^2 - 1.79380913 \times 10^{-1} a + 3.0818510901 \quad (5)$$

$$y = 5.12986 \times 10^{-6} P_1^2 + 6.46942 \times 10^{-5} P_1 + 6.30845 \times 10^{-4} \quad (6)$$

Keterangan :

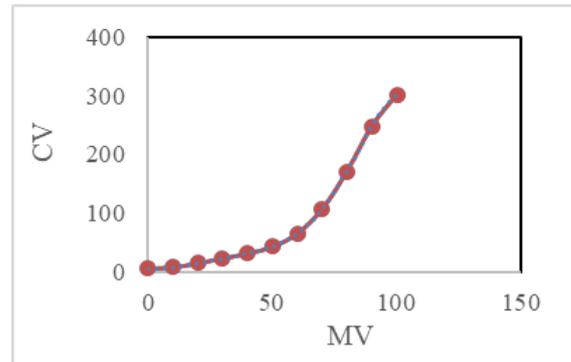
a = Opening valve (PIC726.MV)

$P_1$  = Tekanan uap upstream (PIC726.PV)

Dari hasil perhitungan flow calculation, CV dan faktor (y) didapat nilai untuk PV-726 sebesar 0.86 ton/ hr dengan nilai CV sebesar 13.922788 dan nilai faktor (y) sebesar 0.001538.

Pada katup PV-735 merupakan katup yang menjadi jalan masuk uap dari unit pembentukan Medium Pressure (MP) uap ke pipa distribusi Steam Low Low (SLL). Perpindahan uap ini menghasilkan

data sehingga dapat dibuat berupa grafik hubungan antara opening valve (MV) dengan koefisien aliran uap (CV) seperti pada Gambar 7.



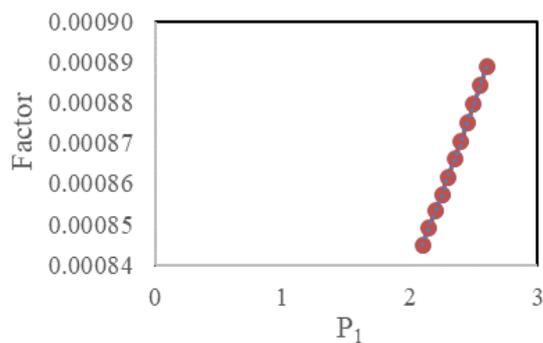
Gambar 7. Hubungan antara opening valve (mv) dengan koefisien aliran uap (CV) pada katup PV-735

Uap yang mengalir melalui katup PV-735 memiliki tekanan upstream ( $P_1$ ) sebesar 2.5 kg/cm<sup>2</sup>G, tekanan downstream ( $P_2$ ) sebesar 1.03323 kg/cm<sup>2</sup>G, dan temperatur 138°C. Dengan menginput data-data MV, CV,  $P_1$ , dan  $P_2$  pada Persamaan 1 (TLV Toolbox), didapatkan besar aliran uap (F) seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Aliran Uap PV-735

No.	F (t/h)
1.	9.19137
2.	9.42057
3.	9.64668
4.	9.86994
5.	10.0906
6.	10.3088
7.	10.5248
8.	10.7387
9.	10.9507
10.	11.1609
11.	11.3694

Dari data pada Tabel 2 dapat membuat grafik hubungan antara faktor dengan tekanan uap upstream ( $P_1$ ) seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Hubungan antara faktor dengan tekanan uap upstream ( $P_1$ ) pada katup PV-735

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwasanya terjadi kenaikan sehingga menghasilkan persamaan. Persamaan untuk aliran uap yang melalui katup PV-735 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} CV &= 3.75408 \times 10^{-9} a^6 - 7.48822 \times 10^{-7} a^5 + \\ &4.08888 \times 10^{-5} a^4 - 3.44652 \times 10^{-4} a^3 + \\ &3.1420024 \times 10^{-2} a^2 - 7.7773036 \times 10^{-1} a + \\ &5.148807075 \end{aligned} \quad (7)$$

$$y = 1.332690 \times 10^{-5} P_1^2 + 2.518190 \times 10^{-5} P_1 + 7.332990 \times 10^{-4} \quad (8)$$

Keterangan :

a = *Opening valve* (PIC735.MV)

P<sub>1</sub> = Tekanan uap *upstream* (PIC735.PV)

Dari hasil perhitungan flow calculation, CV dan faktor (y) didapat nilai untuk PV-735 sebesar 1.902 ton/ hr dengan nilai CV sebesar 52.955460 dan nilai faktor (y) sebesar 0.000880.

### Analisis Perhitungan Neraca Massa

Dari hasil perhitungan neraca massa menggunakan Persamaan 2 didapatkan nilai *input steam* pada sistem sebesar 82.70 ton/jam dan output overall sebesar 73.91 ton/jam. Sehingga diketahui kehilangan uap total sebesar 8.78 ton/jam. *Steam* memiliki kelemahan terutama dari sifatnya yang mudah kehilangan panas karena proses konduksi, konveksi, radiasi dan mudah mengalami kondensasi atau berubah fase menjadi air kembali pada tekanan dan temperatur tertentu. Dapat dilihat bahwasanya dari kehilangan uap tersebut terdapat faktor yang mempengaruhi. Menurut Yani dan Ristyohadi [11], kehilangan *uap* ini dapat disebabkan oleh laju perpindahan secara simultan yang terjadi pada jalur distribusi dan kondisi *steam trap* yang bocor (*leaking*).

Dengan adanya kondisi *steam trap* yang bocor (*leaking*) maka hal ini menyebabkan uap keluar dari sistem menuju lingkungan yang berakhir pada penurunan kapasitas uap pada sistem. Namun tak hanya itu, dengan adanya kondisi kebocoran ini dapat mengakibatkan kerusakan serta kerugian pada perusahaan. Jika semakin besar kondensat yang keluar maka semakin besar pula biaya yang harus dikeluarkan. Penyebab kebocoran pada *steam trap* yang sering terjadi adalah adanya erosi atau pengikisan pada permukaan *seat* dan *disc*. Selain itu, kebocoran *steam trap* dapat pula disebabkan adanya kesalahan dalam pemasangan, maupun ketidakakuratan pembacaan instrumentasi. Berkaitan dengan fungsi *globe valve* yang dapat menanggulangi kebocoran, dengan adanya hal tersebut maka diperlukannya pengecekan dan perbaikan berkala terhadap *globe valve* agar alat ini dapat berfungsi secara efektif dan efisien. Nantinya jika ada kebocoran *steam trap* atau kerusakan, maka *globe valve* akan menjadi solusi untuk menangani dan menanggulangi secara dini masalah yang terjadi, yaitu dengan menghentikan sementara laju steam hingga nantinya pipa yang mengalami kerusakan atau kebocoran tersebut telah selesai di perbaiki.

### KESIMPULAN

Dari hasil analisis perhitungan massa aliran uap pada PV-723, PV-726 dan PV-735 serta neraca massa uap, maka dapat ditarik kesimpulannya bahwa aliran massa uap yang dihasilkan pada PV-723 sebesar 0.514 ton/hr, PV-726 sebesar 0.86 ton/hr, dan PV-735 sebesar 1.902 ton/ hr. Adapun neraca massa dengan menggunakan persamaan didapatkan nilai *input steam* pada sistem sebesar 82.70 ton/jam dan *output overall* sebesar 7.91 ton/jam. Kemudian untuk kehilangan uap total sebesar 8.78 ton/jam. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi hal tersebut diantaranya yaitu kebocoran, kesalahan dalam pemasangan, dan ketidakakuratan dalam pembacaan instrumentasi.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Maghfiroh, 2018, Dampak Industri PT Petrokimia Gresik terhadap Kehidupan Sosiokultural Masyarakat Sekitar Tahun 1980-2000, *Avatara*, vol. 6 (1), pp. 102–113.
- [2] Y. H. Imamnugroho, 2019, *Laporan Kerja Praktek Departemen Produksi I B PT Petrokimia Gresik*, Yogyakarta.
- [3] PT Petrokimia Gresik, 2019, PT Petrokimia Gresik, <https://petrokimia-gresik.com/>, diakses pada 18 Januari 2021.
- [4] B. Rahmandani, 2015, Analisa Pengaruh Kualitas Air Terhadap Kebocoran Pada Boiler Kapasitas 57 Ton/Jam 34 Bar, *Teknobiz*, vol. 5 (2), pp. 1-5.
- [5] L. A. Prananto, F. B. Juangsa, R. M. Iqbal, M. Aziz, and T. A. F. Soelaiman, 2018, Dry steam cycle application for excess steam utilization: Kamojang geothermal power plant case study, *Renewable Energy*, vol. 117, pp. 157-165. doi: 10.1016/j.renene.2017.10.029.
- [6] Y. Yang, X. Zhu, Y. Yan, H. Ding, and C. Wen, 2019, Performance of Supersonic Steam Ejectors Considering the Nonequilibrium Condensation Phenomenon for Efficient Energy Utilisation, *Appl. Energy*, vol. 242, pp. 157-167. doi: 10.1016/j.apenergy.2019.03.023.
- [7] Iswanto, Jamaluddin, and F. Aidi, 2017, Studi Pengendalian Level Steam Drum 62-Fa-102 Menggunakan Pid Aplikasi PT Pupuk Iskandar Muda, *J. TEKTRONIKA*, vol. 1 (1), pp. 1.
- [8] A. L. Nur, Azhar, and Muhaimin, 2018, Studi Pengendalian Tekanan Gas Pada Ammonia Storage Tank (64-Fb-2001) di PT Pupuk Iskandar Muda, *J. TEKTRONIKA*, vol. 1, no. 1.
- [9] Parcol, 2015, *Speciality Control Valves for Urea Plants*, Parcol, S.p.A., Italia.
- [10] Y. Zhang, X. Zhang, M. Li, and Z. Liu, 2019, Research on Heat Transfer Enhancement and Flow Characteristic of Heat Exchange Surface in Cosine Style Runner, *Heat Mass Transf. und Stoffuebertragung*, vol. 55, pp. 3117-313. doi: 10.1007/s00231-019-02647-5.

- [11] A. Yani and R. Ristyohadi, 2017, Analisis Kehilangan Steam dan Penurunan Temperatur pada Jaringan Distribusi Steam Dari PT. KDM ke PT. KNI, *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 6(2). doi: 10.24127/trb.v6i2.558.