

Original paper

PENINGKATAN KINERJA CONTROL VALVE AKIBAT FENOMENA RESET WINDUP PADA SISTEM REBOILER

Megarini Hersaputri¹, Yuniarto², Ari Bawono Putranto¹, Dista Yoel Tadeus¹, Fakhrudin Mangkusamito¹

¹STr. Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro Jl. Prof. Soedarto, SH, Semarang, Indoneisa 50275

²STr. Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro Jl. Prof. Soedarto, SH, Semarang, Indoneisa 50275

Email : megarinihersaputri@lecturer.undip.ac.id

Received: 11 Januari 2022; revised: 2 Maret 2022; accepted: 15 April 2022

ABSTRACT

One of the important elements of the LPG production process is the control valve. Control valves is almost 90% found in the LPG process. The size of the control valve must have a standard size so that the performance of the control valve is more optimal. Control valve CV₁ is a control valve to regulate the flow of steam to reboiler in the distillation column. CV₁ at the gas processing plant which is the object of research is experiencing the phenomenon of reset wind up, reset wind up is a phenomenon where the variable control valve process is unable to reach the set point at the indicating point (TIC) even though the control valve has reached 100% opening. The phenomenon of reset wind up on CV₁ affects the temperature of the steam used for the reboiler. If the steam produced by the reboiler is not up to separation standard in propane distillation, then the C₃ separation is not perfect and will affect the LPG yield. To improve the performance of the control valve, it is necessary to calculate the coefficient valve on the control valve and replace the internal valve parts. From this research, the coefficient value is 591, control valve body type ET-667 with diameter of 8 "and a travel indicator 2" is 567. This difference also occurs when the valve openings are 50%, 72%, 75% and 100%. The calculated coefficient valve value should be less than the data sheet. Internal part replacement was also carried out in this study, by replacing the cage on the control valve into a cage with a linear type.

Keywords: control valve, reboiler, temperature, coefficient valve

PENDAHULUAN

Pengolahan LPG mulai dikembangkan kembali pada pertengahan tahun 2009. Fasilitas penunjang produksi LPG pun harus dimaksimalkan kinerjanya agar menghasilkan LPG yang memenuhi standar. Salah satu element penting dari proses produksi LPG adalah control valve. Pemakaian control valve hampir 90% terdapat pada proses LPG.

Salah satu control valve yang memiliki peranan penting dari proses pengolahan gas alam pada objek penelitian ini adalah CV₁. CV₁ adalah control valve yang mengatur aliran steam, aliran steam tersebut digunakan oleh reboiler. Vapor reboiler dipergunakan untuk memanaskan pemisahan fraksi C₃ pada kolom destilasi propana. Saat ini CV₁ pada pabrik pengolahan gas yang menjadi objek penelitian mengalami fenomena reset wind

up, yaitu fenomena dimana proses variabel *control valve* tidak mampu mencapai *set point* pada *indicating point* (TIC) walaupun *control valve* telah mencapai bukaan 100%.

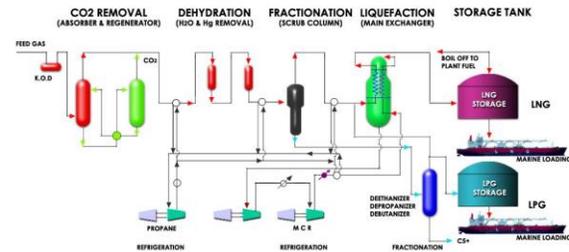
Fenomena *reset wind up* pada CV₁ mempengaruhi temperatur *steam* yang digunakan untuk *reboiler*. Apabila uap yang dihasilkan *reboiler* tidak memenuhi standar untuk pemisahan pada destilasi propana, maka pemisahan C₃ berjalan tidak sempurna dan akan mempengaruhi hasil LPG. Oleh karena itu, harus dilakukan analisa agar memperoleh solusi dan pemecahan masalah CV₁. Salah satu metode yang digunakan untuk meningkatkan kinerja *control valve* adalah dengan menentukan koefisien valve pada *control valve* [1].

LANDASAN TEORI

Reboiler yang menjadi objek penelitian ini merupakan bagian dari proses yang berfungsi untuk memisahkan fraksi ringan dan fraksi berat pada gas alam dalam *scrub column* dan memisahkan lebih lanjut fraksi beratnya menjadi etana, propana, dan butana pada kolom-kolom fraksinasi. Fraksi ringan yang sebagian besar terdiri dari metana akan menjadi umpan bagi *main heat exchanger*. Sedangkan propana dan butana diambil sebagai LPG atau sebagai *Make Up Refrigerant* (MCR), sedangkan etana sebagian diinjeksikan ke *feed gas* yang menuju *Main Heat Exchanger* untuk menaikkan nilai kalor (HHV) dari LNG dan sebagian disimpan ditangki refrigerant sebagai MCR.

Pabrik pengolahan gas yang menjadi objek penelitian ini memiliki 4 buah train, yaitu train 1, 2, 3 dan 4. CV₁ berada pada kolom distilasi C-6. Kolom distilasi C-6 dapat memproduksi propana dengan kemurnian tinggi yang akan digunakan sebagai *refrigerant* maupun LPG komersial. Variabel

operasinya adalah temperatur bawah kolom, laju refluks, dan tekanan kolom.



Gambar 1. Proses Pengolahan LNG dan LPG.

Temperatur tray ke-5 pada kolom distilasi menentukan efisiensi pemisahan. Bila temperatur disini terlalu rendah, propana banyak terdapat di produk bawah. Bila temperatur terlalu tinggi, butana akan terbawa ke produk atas. Pengendalian temperatur dilakukan dengan mengatur aliran *steam* pada *reboiler* E-6 pada TV-5. Temperatur tray ke-5 di set pada 100 °C. Laju refluks harus cukup tinggi untuk memisahkan propana dan butana dengan tajam. Pengendaliannya dilakukan dengan *flow controller* FV-12 yang dipasang sebelum refluks memasuki puncak kolom.

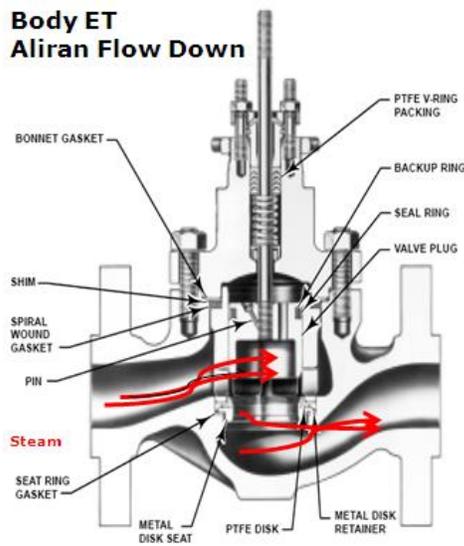
Tekanan kolom C-6 diatur pada 17,2 kg/cm² agar kondensasi total dari puncak kolom dapat dilakukan pada kondisi normal. Pengendaliannya dilakukan dengan mengatur aliran keluar dari kondenser E-7 yang menuju kolom C-7. Jika tekanan naik, *control valve* PV-5 akan membuka untuk memperbesar laju alir kondensat.

CONTROL VALVE

Control valve berfungsi mengatur kecepatan aliran fluida yang melewati *valve* dengan tujuan untuk mengendalikan atau memanipulasi proses. Pada pengontrolan temperatur, tekanan, aliran maupun level

semuanya menggunakan sebuah *control valve*, dimana pengaturan alirannya dilakukan pada bodi *control valve*. Hal ini dilakukan dengan memvariasi posisi *plug valve* yang berada di dalam bodi *valve*, yang mempunyai karakteristik berikut.

1. Berisi cairan tanpa terjadi kebocoran yang keluar dari bodi *valve*.
2. Dirancang dengan kapasitas yang tepat baik volume dan kecepatan aliran.
3. Bodi *control valve* CV₁ menggunakan tipe *globe valve*. *Globe valve* adalah *valve* yang menggunakan gerakan linier pada bagian yang tertutup, terdapat satu atau lebih *port* (lubang) dan sebuah bodi.



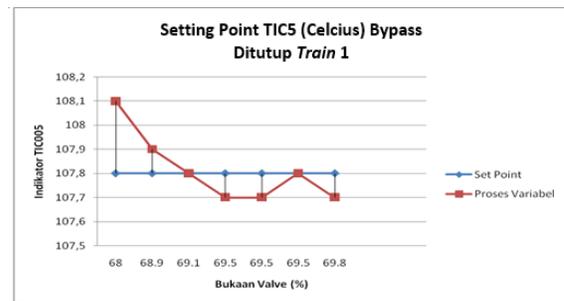
Gambar 2. Control Valve CV₁.

PEMBAHASAN

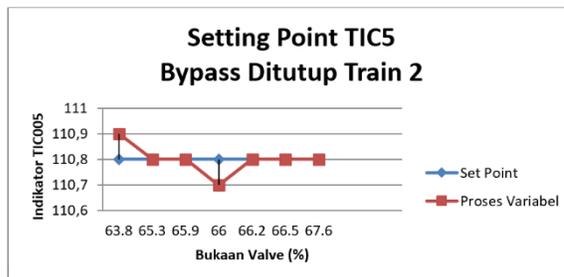
Fenomena *reset wind up* yang terjadi pada CV₁ bermula ketika *train 4* mulai dibangun. Distribusi *low pressure steam* dari utilities 3 untuk *train 3* mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan *header low pressure steam* yang awalnya hanya untuk *train 3* harus dibagi untuk *train 4* juga.

Reset wind up yang terjadi pada CV₁ menyebabkan proses variabel pada CV₁ tidak mampu mencapai *set point temperatur* pada

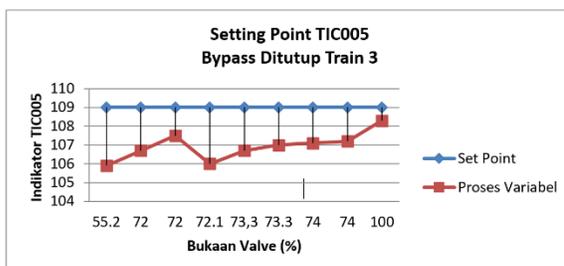
TIC5. TIC5 mengontrol temperatur pemanasan pada destilasi propana *tray 5*. Apabila temperatur tidak menacapai *set point*, maka proses tidak berjalan sempurna. Hal ini akan memberikan pengaruh pada pemisahan C3 dari fraksi berat, hasil LPG pun akan berkurang. Untuk membuktikan adanya fenomena *reset wind up* pada *train 3*, dilakukan perbandingan dengan CV₁ modul pada *train 1,2 3, dan 4*.



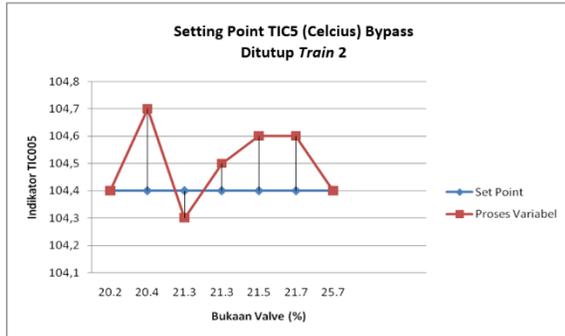
Gambar 3. Setting Point TIC 005 Bypass ditutup *Train 1*.



Gambar 4. Setting Point TIC 005 Bypass ditutup *Train 2*.

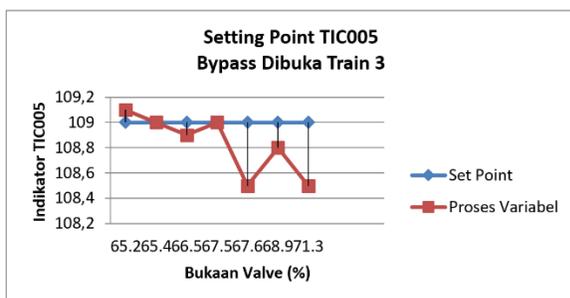


Gambar 5. Setting Point TIC 005 Bypass ditutup *Train 3*.



Gambar 6. Setting Point TIC 005 Bypass ditutup Train 4.

Gambar diatas membandingkan nilai keadaan *setting point* pada TIC5. Train 1, 2 dan 4 di bandingkan train 3. Train 1 dan 2 memiliki nilai tekanan *upstream* yang hampir sama, ketika bukaan 60-70 % temperatur proses telah dapat mencapai set point. train 3 dan 4 memiliki tekanan *upstream* yang hampir sama, tetapi train 4 walaupun bukaan *valve* 20-25%, temperatur proses telah dapat mencapai set point. Hal ini disebabkan karena jalur pipa *steam* 4 memiliki diameter yang lebih besar daripada train 1,2 dan 3. Sehingga walaupun tekanan *upstream* pada train 4 kecil, proses temperatur train H masih dapat mencapai set point TIC5.



Gambar 7. Setting Point TIC5 Bypass dibuka Train 3.

Gambar 5 menjelaskan bahwa ketika *bypass* ditutup temperatur proses pada

destilasi propana tidak mencapai set point pada TIC5. Sedangkan pada Gambar 7, menjelaskan ketika *bypass* dibuka temperatur proses pada destilasi propana dapat mencapai set point TIC5.

Hal ini membuktikan adanya fenomena *reset wind up* pada CV₁. Walaupun CV₁ telah dibuka hingga mencapai 100 %, tetapi temperatur proses tidak mencapai set point pada TIC5. Ketika *valve* dibuka bukaan minimal 50-55 %, temperatur hanya mencapai 106⁰C, sedangkan *set point* adalah 109⁰C, terjadi *offset* hingga 3⁰C. Sedangkan, ketika *valve* dibuka maksimal 100 %, temperatur menunjukkan angka 108.3⁰C, terjadi *offset* hingga 0.7⁰C.



Gambar 8. Bypass pada Train 3.

Pada proses operasi di lapangan, bukaan *valve* CV₁ adalah sekitar 70% dan bukaan *bypass* hingga 50%. Tujuan dari CV₁ diatur bukaan 70% adalah apabila ada perubahan operasi maka bukaan *valve* yang diatur adalah CV₁ bukaan *bypass* tetap.

Reset wind up pada CV₁ tidak hanya berpengaruh pada produk aliran LPG, tetapi berpengaruh pula pada temperatur *top* produk destilasi dan temperatur *bottom* produk destilasi. Temperatur *top* dan *bottom* produk merupakan temperatur hasil dari destilasi propana. Temperatur *top* menunjukkan temperatur CV₁, sedangkan temperatur *bottom* menunjukkan fraksi berat yang masuk ke kolom debuthanizer.

Tabel 1. Temperatur *Top* dan *Bottom* Produk pada *Train 3*.

Waktu	Temperatur Top Kolom (°C)	Temperatur Bottom Kolom (°C)
00.00- 09.17	52.9	125.1
09.17- 09.30 (Bypass tertutup)	49.3	115.5
> 12.00	53	124.8

Apabila temperatur *top* dan *bottom* produk tidak memenuhi standar, maka hasil produksi LPG tidak maksimal. Terlihat pada Tabel 1, temperatur *top* dan *bottom* produk mengalami penurunan pada saat *bypass* ditutup. Penurunan ini akan memberi pengaruh kepada hasil LPG serta proses pemisahan butana (C₄) pada kolom dari butanizer.

Dengan uraian di atas, untuk menghilangkan *reset wind up* pembukaan *bypass* bukan merupakan solusi untuk menyelesaikan masalah ini. *Reset wind up* pada CV₁ disebabkan oleh 4 hal berikut.

1. Kinerja *steam trap* yang tidak optimal
2. Penurunan tekanan pada internal *valve* CV₁
3. Penurunan tekanan dari utilities 2 ke *train 3*.
4. Kurangnya pasokan *steam* dari utilities 2 ke *train 3*.

Pada penelitian ini, penyebab dari reset wind up difokuskan pada penurunan tekanan pada internal *valve* CV₁, dikarenakan perbedaan ukuran pada *control valve* CV₁ dengan parameter proses.

Penentuan Ukuran *Control Valve*

Pemilihan *control valve* untuk suatu proses harus sesuai dengan parameter pada proses dan standar ukuran yang ditetapkan. Apabila

pemilihan *control valve* tidak sesuai maka akan mengakibatkan proses yang diatur oleh *control valve* berjalan tidak maksimal. Akibat yang dapat ditimbulkan oleh *control valve* yang tidak sesuai adalah sebagai berikut.

1. *Undersized*:
 - Tidak mampu melewati aliran fluida *steam*
 - *Starve proces*
2. *Oversized*:
 - Sistem tidak stabil
 - *Poor control*
 - *Cycling of Internal Trim*
 - Perawatan yang tinggi dan mahal

Dalam proses pemilihan *control valve* harus diketahui data-data proses sebagai berikut.

1. Data Inlet dan outlet pressure,
2. Temperature proses,
3. Jenis fluida yang mengalir

Apabila telah diketahui data-data tersebut, tahap selanjutnya adalah pemilihan jenis-jenis *control valve*. Salah satu metode untuk mengetahui jenis *control valve* yang sesuai adalah dengan perhitungan koefisien *valve*.

Koefisien *Valve*

Salah satu metode untuk mengetahui performa dan kinerja suatu *control valve*, adalah dengan menghitung koefisien ukuran *valve* (Cv).

Untuk mengetahui tipe *valve* yang sesuai, maka harus diketahui koefisien *valve*:

$$Cv = \frac{W}{N_6 F_p Y \sqrt{x P_1 \gamma_1}} \quad (1)$$

C_v : Koefisien ukuran *control valve*

W : Massa aliran (Kg/hr)

N₆ : Numerical konstanta

F_p : Faktor geometri pipa

Y : Faktor ekspansi

- X : Perbandingan penurunan tekanan dengan tekanan upstream
- P₁ : Tekanan absolute static pressure
- γ₁ : Berat spesifik pada kondisi masukan (dari tabel properties *steam*)

$$F_p = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\sum k}{N_2} \left(\frac{C_v}{d^2}\right)^2}} \quad (2)$$

- d : Nilai ukuran *valve*
- D : Diameter pipa
- N₂ : Numerical konstanta
- C_v : Koefesien ukuran *valve* pada tabel flow koefisien

Terlihat jika massa aliran besar dan atau tekanan lebih rendah maka akan menyebabkan koefisien ukuran *control valve* akan lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai koefisien ukuran *control valve* maka akan menyebabkan bukaan *control valve* akan semakin besar.

Data CV₁ pada keadaan bypass dalam keadaan tertutup.

Pada bukaan 100 %, diketahui:

- W : >10.000 kg/hr
- N₆ : 2.7 (Diperoleh dari tabel)
- P₁ : 2.8 Kg/Cm² g
1 Kg/Cm² → 98.067 Kpa
375.7 Kpa
- P₂ : 2.35 Kg/Cm² → 331.6 Kpa
- X : 0.11
- T₁ : 139 °C
- γ₁ : Tabel properties *steam*
- d : 8 “
- D : 8”
- N₂ : 890

- C_v : 567
- K : 0
- F_p : 1

$$Y = 1 - \frac{X}{3F_k X \tau} \quad (3)$$

- F_k : Perbandingan faktor panas spesifik
- K : Perbandingan panas spesifik (dari tabel properties *steam*)
- X_T : 0.8 (dari tabel koefisien aliran *valve*)
- Nilai F_k : 1.586

Menghitung C_v dengan persamaan 1, maka:

$$C_v = \frac{9600 \text{ kg/hr}}{2.7(1)(0.92)\sqrt{0.11(375.7 \text{ kPa})(1.02)}}$$

$$C_v = 591$$

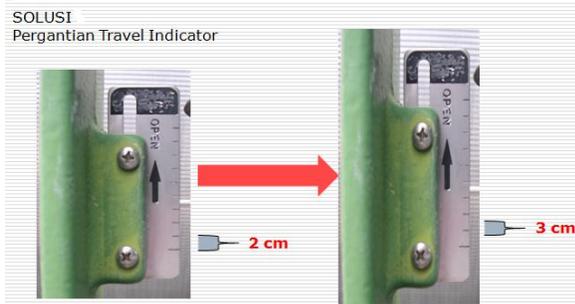
Nilai C_v suatu *valve* bergantung pada jenis body *valve*, travel indikator dan ukuran diameter *cage* yang digunakan, pada CV₁ menggunakan jenis *cage equal percentage*. Pada perhitungan di atas, diperoleh nilai C_v pada bukaan 100 % yaitu 591.

Pada tabel katalog 10 Fisher [2] nilai C_v pada *control valve* body jenis ET-667 dengan *control valve* diameter 8” serta travel indikator 2“ adalah 567. Perbedaan ini juga terjadi ketika bukaan *valve* 50 %, 72 %, 75 % dan 100 % (dapat dilihat pada tabel perhitungan). Seharusnya nilai C_v perhitungan harus kurang dari *data sheet* [3].

Perbedaan ini berarti *control valve* tidak mampu menangani aliran *steam* yang mengalir pada *control valve* walaupun bukaan *valve* telah mencapai angka 100 %. Karena keterbatasan ini, pihak operasi membuka *bypass* untuk membantu CV₁ mengalirkan *steam* pada dirinya.

Pergantian Travel Indikator

Travel indikator berhubungan dengan besarnya bukaan *valve*. Pada data tabel katalog 10 Fisher [2], untuk ukuran pipa, jenis dan diameter cage yang sama, dapat dilakukan pergantian travel indikator. Pada tabel, untuk travel indikator 2“ besar Cv 567 sedangkan untuk travel indikator 3” untuk ketentuan yang sama, nilai Cv adalah 818. Dengan ukuran travel indikator 3”, maka bukaan *valve* akan semakin besar. Apabila travel indikator CV₁ diganti dengan 3 “, bukaan *valve* hanya perlu membuka 70-80 %. Hal ini dapat dilakukan karena nilai C_v CV₁ aktual memenuhi nilai C_v travel indikator 3” pada bukaan 70-80%.



Gambar 9. Pergantian *Travel Indikator*.

Pergantian travel indikator pada *valve* harus diikuti dengan pergantian internal *valve* lainnya. Internal *valve* yang harus diganti adalah *diaphragm*, *spring*, *gasket*, *seal*, dan *stem*. Pergantian travel indikator harus didahului dulu dengan pengambilan data. Data utama yang harus diketahui adalah panjang stem dan kemampuan maksimal spring untuk menarik stem.

Pergantian Control Valve

Alternatif lain adalah dengan pergantian *cage equal percentage* dengan jenis cage linier. Pada tabel katalog 10 Fisher, nilai Cv cage jenis linier untuk diameter, jenis body dan travel indikator yang sama dengan CV₁ adalah 688 . Pergantian *control valve* menjadi *cage linier* pada *control valve* tidak diikuti

dengan pergantian internal *valve*. Pergantian yang dilakukan adalah pergantian *seal*, *seat* dan *gasket*. Dari segi biaya pergantian travel indikator pada *control valve* dengan mengganti *cagenya*, dapat lebih murah jika diganti dengan *cage* pada *control valve*.



Gambar 10. *Cage Valve* Jenis *Linier*.

Akibat yang ditimbulkan dari pergantian *cage* adalah flow rate yang masuk ke CV₁ akan lebih besar. Volume lubang *cage linier* lebih besar daripada *cage equal percentage*, hal ini akan menunjukkan bahwa aliran *steam* yang masuk akan lebih besar, dan penurunan tekanan dapat diminimalkan



Gambar 11. *Cage Valve* Jenis *Equal Percentage*.

Pressure *valve* yang digunakan adalah PV₁. Nilai setting PV₁ adalah 3.52 kg/cm². Agar tekanan *low pressure steam* yang masuk ke CV₁ bertambah, maka nilai *setting point* pada PV₁ harus lebih besar dari 3.52 kg/cm².

Sesuai dengan perhitungan, apabila *setting point* dari PV₁ diperbesar menjadi 3.7 kg/cm² maka tekanan yang sampai ke CV₁ adalah 3.0 kg/cm².

Perhitungan C_v apabila tekanan upstream 3.0 kg/cm².

Tekanan *train 2* = 3.0 kg/cm² gage

Asumsi ΔP (pada keadaan 100 %) = 0.45

kg/cm²gage

Diperoleh C_v = 556

Sesuai dengan nilai C_v pada tabel , maka nilai C_v dengan tekanan 3.0 kg/cm² memenuhi standard. *Cage* dengan jenis *equal percentage* dapat bekerja dengan baik pada tekanan tersebut.

Perubahan *setting point* pada PV₁ tentu saja mempengaruhi sistem-sistem proses yang lain. Agar proses berlangsung dengan lancar, maka harus dilakukan penyesuaian peralatan-peralatan yang berhubungan. Nilai *setting point vent* atau buangan pada sistem utilities 2 harus dinaikan. *Vent* pada utilities berfungsi sebagai alat pembuangan gas, udara atau uap air agar nilai tekanan pada header utilities 2 sesuai dengan nilai *setting point* PV₁.

Selain nilai *setting point* yang diubah, nilai PSV-PSV yang menggunakan *low pressure steam* pun harus disesuaikan. PSV merupakan singkatan dari *pressure safety valve*, PSV berfungsi sebagai *valve* pengaman yang akan bekerja dengan cara membuka atau menutup *valve line* (*discharge*) apabila terjadi *malfunction* pada sistem. Nilai PSV mempengaruhi proses, apabila nilai PSV lebih besar dari pada proses, maka akan terjadi *overpressure* dan menyebabkan alat tersebut meledak [4]. Standard pengaturan *setting* PSV harus disesuaikan dengan proses, standar-standar tersebut adalah sebagai berikut [5].

- a. API RP 520 *part I Sizing, Selection and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries*
- b. API RP 520 *part II Installation*
- c. API RP 521 *Guide for Pressure-Relieving and Depressuring systems*
- d. API 527 *Seat tightness of Pressure Relieving Devices*
- e. MSS, SP-61 *Pressure testing of steel valves*
- f. MSS SP-82 *Valve Pressure Testing Methods*
- g. API RP 576 *Inspection of Pressure Relieving Devices*
- h. ASME Sec VIII ada di *Part UG - 125 s/d UG-137 dan Appendix 11*
- i. API RP 14C

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. *Reset wind up* adalah keadaan dimana *control valve* tidak mampu mencapai set point pada temperatur *indicating control*, walaupun bukaan *control valve* telah mencapai keadaan maksimal (100 %).
2. *Reset wind up* pada CV₁ dapat menyebabkan laju produksi LPG serta temperatur *top* dan *bottom* produk menurun.
3. Pada hasil perhitungan diperoleh nilai koefisien valve sebesar 591,
4. *Reset wind up* pada CV₁ tidak disebabkan karena sumbatan atau kotoran pada *cage valve*, melainkan karena pemilihan *internal valve* yang tidak sesuai serta pasokan *low pressure steam* untuk *train 3* kurang besar.
5. Untuk meningkatkan kinerja *control valve* dilakukan penggantian dengan jenis *control valve* dengan tipe linier.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Darmawan SA & Sahrin A. Analisa Control Valve Berdasarkan Nilai CV. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi & Mineral (SNTEM). 2021;1:1038-1048.
- [2] Fisher Controls International. *Control valve Hand Book*. 1997. Marshalltown, Iowa: Fisher Control.
- [3] Bauman.D Hans.*Control valve Prime*. A user's guide 3 rd editon.Instrument Society of America. United States of America. 1998.
- [4] Liptak. Bela G. Instrument Engineer's Handbook Process Control 3rd edition. CRC press- United states of America. 2000.
- [5] Spitzre D.W. Flow measurement 2nd edition Practical Guides for measurement and Control. The instrumentation, Systems and Automation Society. United States of America. 2001.