

Pembuatan *Operator Training Simulator* Unit Desulfurisasi Pabrik Amonia Menggunakan DCS DELTA-V Fisher Rosemount

Yatrizal dan Sutanto Hadisupadmo

Departemen Teknik Fisika – Institut Teknologi Bandung

Abstrak

Dalam proses produksi terdapat berbagai variasi kondisi operasi dengan berbagai parameter yang menentukan kuantitas dan kualitas dari produk. Oleh karena itu, para operator harus dapat memahami proses industri yang sedang berlangsung dengan baik. Untuk mendukung operator memahami proses maka diperlukan suatu *Operator Training Simulator* (OTS) yang memungkinkan operator untuk mempelajari karakteristik plant tanpa mengganggu kondisi plant yang sesungguhnya. OTS ini kemudian dibangun menggunakan DCS Delta V Fisher Rosemount dengan studi kasus unit desulfurisasi pada sistem produksi amonia. Dinamika proses didefinisikan pada *function block* menggunakan persamaan laju perubahan temperatur dan laju perubahan kandungan H₂S melalui fasilitas *control studio* yang terdapat pada DCS Delta V Fisher Rosemount. *Human Machine Interface* (HMI) dibangun pada Delta V Operate agar memudahkan operator atau pengguna OTS mengamati dinamika proses yang terjadi. Dengan melakukan pengaturan pada parameter dan nilai input, didapatkan kandungan H₂S pada operasi normal keluaran unit desulfurisasi sebesar 0,85 ppm (part per million) dan temperatur output sebesar 634 kelvin. Rentang kerja *Operator Training Simulator* adalah pada kondisi flow in natural gas 6 m³/s s.d 25 m³/s dan temperatur masukan flue gas 473 Kelvin s.d 561 Kelvin. Kondisi trip terjadi apabila flow in natural gas < 6 m³/s atau temperatur masukan flue gas ≥ 562 Kelvin

Kata Kunci: DCS, Operator Training Simulator, Desulfurisasi, HMI, Function Block

Abstract

In the process production there are many conditions of the operation as a quantity and quality parameter of the product. Therefore, an operator should well understand the production process. Supporting the operator to learn the process, operator training simulator was built to resemble the real plant. In this research OTS was built using DCS Delta V Fisher Rosemount for desulfurisation unit at Ammonia plant. Human machine interface was also built to visualize dynamic process results of the simulator. Setting input parameter, simulation results were obtained: H₂S content at normal operation is 0.85 ppm and temperature output is 634 K. Span at flow in condition are 6 m³/Sec - 25 m³/Sec, span of temperature are 473 Kelvin -561 Kelvin. Trip condition occurred at flow in natural gas < 6 m³/Sec or flue gas input ≥ 562 Kelvin.

Keyword: DCS, operator training simulator, desulfurisation, HMI,function block

1 Pendahuluan

Dalam proses produksi terdapat berbagai variasi kondisi operasi dengan berbagai parameter yang menentukan kuantitas dan kualitas dari produk akhir. Keberhasilan mengoperasikan satu tahapan akan menentukan kelancaran tahapan berikutnya. Karena itu dibutuhkan operator yang terampil dan memahami karakteristik proses yang sedang ditanganinya agar dapat mengendalikan proses sesuai dengan kriteria operasi yang disyaratkan. Untuk mendukung keterampilan operator tersebut, maka diperlukan suatu simulator yang memungkinkan operator untuk mempelajari karakteristik *plant* tanpa mengganggu kondisi *plant* yang sesungguhnya. Simulator diharapkan dapat membantu operator mempelajari berbagai kondisi seperti keadaan *emergency*, kondisi *startup*, kondisi *shutdown* atau kondisi operasi yang jarang dijumpai selama melakukan tugasnya sebagai

operator. Dengan pemahaman yang cukup mengenai kondisi operasi melalui sarana edukasi yang tersedia pada simulator, maka diharapkan operator menjadi lebih terampil dan kegagalan operasi akibat kelalaian operator dapat dikurangi. Terdapat berbagai sarana yang digunakan untuk membuat simulator, salah satunya adalah menggunakan fasilitas yang tersedia pada *Distributed Control System* (DCS) Delta V Fisher Rosemount.

Distributed Control System (DCS) merupakan instrumen yang mengontrol berbagai sistem secara terdistribusi dengan tiap komponen dari *subsystem* dikontrol oleh satu atau lebih kontroler. Aplikasi DCS sangat umum ditemukan dalam dunia industri. DCS digunakan untuk pengendalian dan pemantauan operasi sehingga fungsinya sangat penting dalam meningkatkan kualitas dan kuantitas produk yang dihasilkan. Pada penelitian ini aplikasi DCS digunakan untuk membuat *Operator Training Simulator* (OTS) yaitu suatu perangkat simulasi pelatihan bagi operator.

Pemanfaatan simulator menggunakan DCS telah dilakukan oleh berbagai pihak. Pada penelitian sebelumnya [4], telah dibuat simulator proses dengan menggunakan perangkat lunak DCS CS-3000 Yokogawa untuk unit *primary reformer* pada pabrik pembuatan amonia. Selain itu Emerson Process Management, salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak pada bidang industri telah mengembangkan perangkat simulator yang dinamakan Delta V Express. Pengembangan serupa dilakukan oleh perusahaan manufaktur Yokogawa dengan nama produk VM Plant. Pada penelitian ini simulator dibangun menggunakan perangkat lunak DCS Delta V Fisher Rosemount untuk unit desulfurisasi pada pabrik pembuatan amonia Teori dasar

1.1 Proses Desulfurisasi

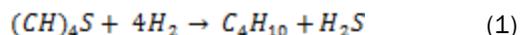
Bahan baku *natural gas* yang akan melewati proses *synthesis* dapat mengandung senyawa sulfur hingga 50 ppm [3]. Senyawa sulfur ini harus dihilangkan terlebih dahulu pada unit desulfurisasi sebelum dialirkan menuju unit *reforming section*, karena katalis pada unit *reforming section* sangat sensitif terhadap sulfur.

Proses pelepasan sulfur pada unit desulfurisasi dilakukan dalam dua tingkat. Senyawa *sulfur* organik diubah menjadi H_2S atau hidrogen sulfida pada reaktor *hydrogenerator*. Selanjutnya pada tahap kedua H_2S atau hidrogen sulfida diserap pada reaktor *sulfur absorber*.

1.1.1 Hydrogenator [3]

Natural gas sebelum memasuki reaktor *hydrogenerator* terlebih dahulu dipanaskan pada *heat exchanger* hingga temperatur tertentu baru kemudian dialirkan menuju reaktor *hydrogenerator*. Reaktor *hydrogenerator* berisi katalis HTAS *Hydrogeneration* dengan basis katalis Nickel Molibdenum (NiMo) [6]

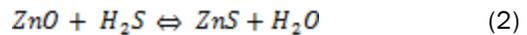
Reaksi yang terjadi pada reaktor *hydrogenerator* adalah sebagai berikut :



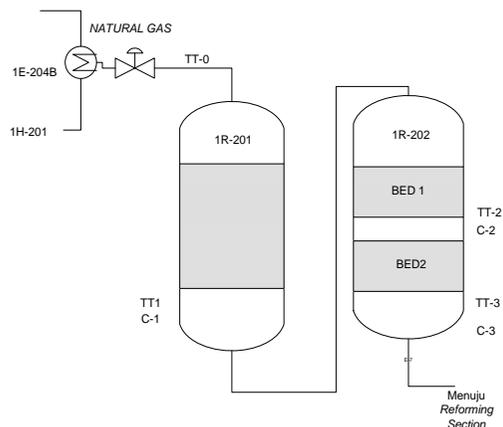
Sepanjang proses berlangsung katalis *Nickel Molibdenum* (NiMo) tidak boleh bereaksi dengan *natural gas* tanpa adanya hidrogen, karena akan menyebabkan rendahnya konversi senyawa sulfur anorganik sehingga akan meningkatnya jumlah sulfur organik yang terlepas menuju *reformer section* yang pada akhirnya akan meracuni katalis pada unit *reformer section*.

1.1.2 Sulfur Absorber [3]

Natural gas keluaran reaktor *hydrogenerator* kemudian dialirkan menuju reaktor *sulfur absorber*. Pada reaktor *sulfur absorber* terdapat dua katalis yaitu HTZ-5 dengan komponen utama *zinc oxide* dan ST-101 dengan komponen utama tembaga. Katalis *Zinc oxide* akan bereaksi dengan hidrogen sulphida pada reaksi kesetimbangan berikut :



Pada penelitian ini komponen utama katalis yang tinjau adalah HTZ-5 dengan basis katalis *zinc oxide*, karena reaksi penyerapan sulfur pada permukaan katalis ST-101 dengan basis tembaga hanya terjadi pada kondisi umpan *natural gas* dengan kandungan sulfur yang tinggi [3]



Gambar 1 Proses pada unit desulfurisasi

Pada Gambar 1 *natural gas* dipanaskan di *heat exchanger* (1E-204B), kemudian *natural gas* dialirkan menuju reaktor *hydrogenerator* (1R-201) agar kandungan sulfur organik dapat diubah menjadi sulfur anorganik dalam fasa gas. Reaksi ini berlangsung secara eksotermal, sehingga temperatur *natural gas* setelah reaksi akan mengalami kenaikan. Selanjutnya *natural gas* yang telah dipisahkan antara gugus karbon dengan gugus sulfur akan direaksikan pada reaktor *sulfur absorber* (1R-202). Reaktor *sulfur absorber* memiliki dua bed katalis dengan basis ZnO. Pada reaktor ini kandungan sulfur anorganik (H_2S) akan diserap dengan katalis ZnO sehingga diharapkan kandungan sulfur anorganik (H_2S) mengalami penurunan.

1.2 Pemodelan

Untuk mendapatkan suatu model persamaan dinamik dari unit desulfurisasi ini, dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu *heat exchanger*, reaktor *hydrogenerator* dan reaktor *sulfur absorber*. Untuk setiap bagian dapat ditulis persamaan kesetimbangan massa dan persamaan kesetimbangan temperatur pada masing-masing bagian. Data parameter pada perubahan laju temperatur dan kandungan H_2S mengacu pada data operasi pabrik amonia

[3], sedangkan data kinetika reaksi pada reaktor *hydrogenator* mengacu pada [6]. Persamaan kinetika pada reaktor *sulfur absorber* mengacu pada [9]

Berikut adalah model persamaan yang digunakan dalam pembangunan OTS unit desulfurisasi :

1. *Heat exchanger* :

$$\frac{dT_0}{dt} = \frac{\pi DU}{\rho c_p A} (T_{st} - T_0) \quad (3)$$

2. Reaktor *Hydrogenator*

$$\frac{dT_1}{dt} = \frac{F_i}{V} (T_0 - T_1) + Jk_0 e^{\frac{-E}{RT_1}} \quad (4)$$

$$\frac{dC_1}{dt} = \frac{F_i}{V} (C_0 - C_1) + k_0 e^{\frac{-E}{RT_1}} \quad (5)$$

3. Reaktor *Sulfur Absorber*
Bed I

$$\frac{dT_2}{dt} = \frac{F_i}{V} (T_1 - T_2) + Jk_0 e^{\frac{-E}{RT_2}} \quad (6)$$

$$\frac{dT_2}{dt} = \frac{F_i}{V} (T_1 - T_2) + Jk_0 e^{\frac{-E}{RT_2}} \quad (7)$$

Bed II

$$\frac{dT_3}{dt} = \frac{F_i}{V} (T_2 - T_3) + Jk_0 e^{\frac{-E}{RT_3}} \quad (8)$$

$$\frac{dC_3}{dt} = \frac{F_i}{V} (C_2 - C_3) - k_0 e^{\frac{-E}{RT_3}} \quad (9)$$

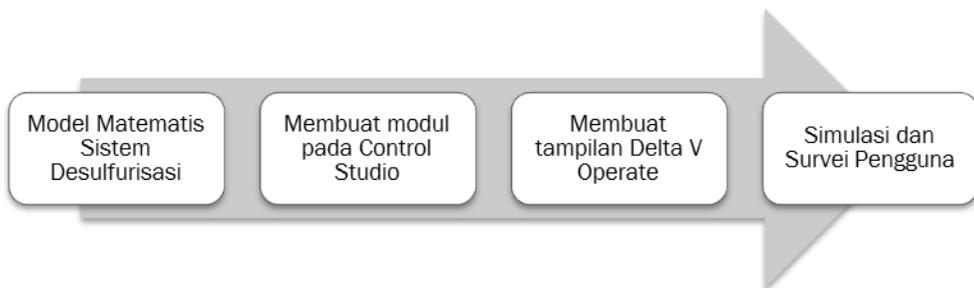
2 Pembangunan Simulator

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan simulator dari unit desulfurisasi dengan menggunakan perangkat lunak DCS Delta V Fisher Rosemount. Simulator dibangun menggunakan fasilitas yang tersedia pada perangkat lunak tersebut untuk merepresentasikan fenomena fisis pada unit desulfurisasi. Fenomena fisis yang dapat diamati pada simulator unit desulfurisasi ini antara lain:

1. Temperatur keluaran *heat exchanger*

2. Temperatur keluaran reaktor *hydrogenator*
3. Temperatur keluaran bed I reaktor *sulfur absorber*
4. Temperatur keluaran bed II reaktor *sulfur absorber*
5. Kandungan sulfur keluaran reaktor *hydrogenator*
6. Kandungan sulfur keluaran bed I reaktor *sulfur absorber*
7. Kandungan sulfur keluaran bed II reaktor *sulfur absorber*

Alur proses pembangunan simulator dalam perangkat lunak DCS Delta V Fisher Rosemount dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 2.



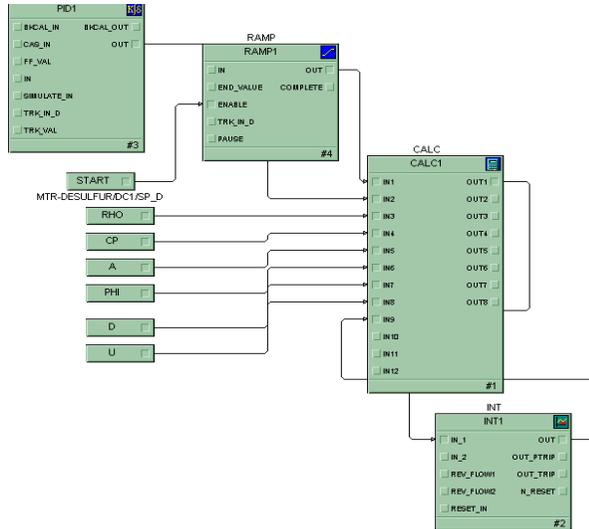
Gambar 2 Diagram alir pembangunan simulator

2.1 Pembuatan Plant Area Baru

Sebelum memulai membuat sebuah simulator maka terlebih dahulu harus dibuat suatu *plant area*. *Plant area* merupakan hierarki teratas pada strategi pemrograman DCS Delta V. *Plant Area* kemudian akan diunduh kedalam kontroler. Dalam membuat *plant area* sebaiknya nama *plant area* sesuai dengan proses yang akan dimodelkan atau yang akan dikontrol. Pada simulator ini *plant area* yang digunakan dinamakan desulfurisasi.

2.2 Pembuatan Modul

Setelah *plant area* dibuat maka langkah selanjutnya adalah mendeskripsikan modul. Modul merupakan kumpulan *function block* yang saling berhubungan membentuk suatu algoritma, sistem alarm dan karakteristik lain yang dideskripsikan oleh pengguna. Modul bersifat unik karena memiliki *tagname* yang berbeda. *Tagname* ini digunakan untuk mengakses informasi pada modul tersebut sehingga perlu dibedakan antara satu modul dengan modul lainnya. Modul merupakan elemen yang sangat mendasar pada DCS Delta V karena akses data dilakukan melalui struktur modul. Modul dapat diunduh kedalam kontroler secara langsung ataupun dalam satu kelompok *plant area*. Modul dapat ditambahkan ataupun dihapus tanpa mempengaruhi modul lainnya kecuali ada hubungan *interlink* antara modul terkait. Pada Gambar 3 ditunjukkan salah satu modul yang digunakan pada pembangunan OTS. Modul tersebut merepresentasikan persamaan dinamik pada *heat exchanger* sesuai dengan model matematis pada persamaan (3).



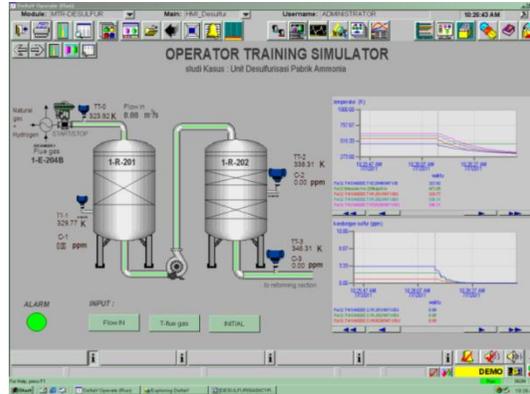
Gambar 3 Skema modul heat exchanger

2.3 Membangun HMI (*Human Machine Interface*)

HMI utama yang dibuat pada Delta V Operate dinamakan HMI_Desulfurisasi.grf. Format grf merupakan jendela utama untuk setiap HMI yang dibangun dengan fasilitas Delta V Operate. HMI_Desulfurisasi dilengkapi dengan dua grafik, yaitu grafik temperatur terhadap waktu dan grafik kandungan H₂S terhadap waktu.

Pada HMI_Desulfurisasi terdapat satu indikator alarm yang akan berkedip dari warna hijau menjadi merah apabila temperatur keluaran dari reaktor *hydrogenator* maupun reaktor *sulfur absorber* lebih besar dari 673 Kelvin. Hal ini karena desain katalis hanya mampu beroperasi hingga temperatur operasi 450 °C atau 723 Kelvin. Jika melebihi temperatur 723 Kelvin maka unit desulfurisasi akan mengalami trip. Sehingga diperlukan alarm yang dapat memberi peringatan sebelum nilai temperatur mencapai 723 Kelvin.

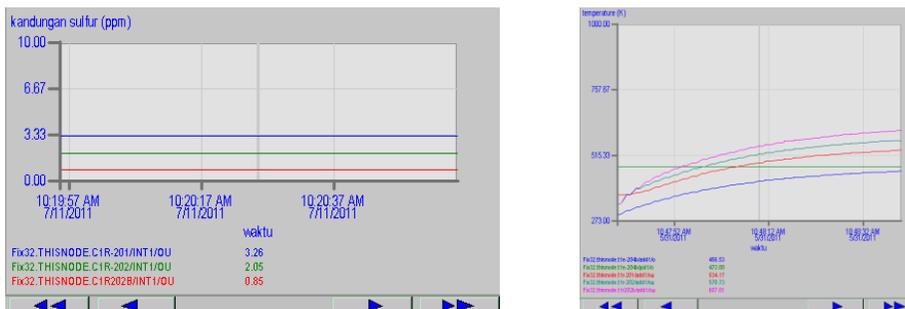
HMI_Desulfurisasi dilengkapi dengan tiga buah *pushbutton* yang dapat digunakan untuk mengubah nilai input *flow in*, nilai input temperatur *flue gas* dan temperature awal *natural gas* yang memasuki unit desulfurisasi. Jendela utama HMI_Desulfurisasi ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Jendela utama HMI desulfurisasi

3 Simulasi dan Analisis

Pada simulator Desulfurisasi terdapat dua buah variabel yang dimodelkan, yaitu temperatur dari unit *heat exchanger*, reaktor *hydrogenator* dan reaktor *sulfur absorber* serta kandungan H_2S pada reaktor *hydrogenator* dan reaktor *sulfur absorber*. Berikut adalah respon temperatur dan konsentrasi dari unit desulfurisasi secara keseluruhan .



Gambar 5 Respon temperatur dan konsentrasi

Operator Training Simulator menampilkan respon keluaran yang baik terhadap perubahan nilai input temperatur *flue gas* dan *flow in natural gas*. Pada kondisi operasi normal nilai *flow in* sebesar 8,88 m³/s dengan nilai temperatur *flue gas* 473 Kelvin dan temperatur masukan *natural gas* sebesar 298 Kelvin. Setelah proses dijalankan maka pada kondisi *steady state* kandungan gas H_2S yang meninggalkan proses desulfurisasi sebesar 0,85 ppm dengan rentang kerja *Operator Training Simulator* adalah pada kondisi *flow in natural gas* 6 m³/s s.d 25 m³/s dan temperatur masukan *flue gas* 473 Kelvin s.d 561 Kelvin. Kondisi trip terjadi ketika *flow in natural gas* < 6 m³/s atau temperatur masukan *flue gas* ≥ 562 Kelvin.

4 Kesimpulan

Operator Training Simulator unit desulfurisasi pada rantai produksi amonia dengan parameter dan nilai masukan sesuai dengan kondisi operasi normal telah dibangun dan menampilkan respon keluaran yang baik terhadap perubahan nilai input temperatur *flue*

gas dan *flow in natural gas*. Pada kondisi operasi normal nilai *flow in* sebesar 8,88 m³/s dengan nilai temperatur *flue gas* 473 Kelvin dan temperatur masukan *natural gas* sebesar 298 Kelvin. Setelah proses dijalankan maka pada kondisi *steady state* kandungan gas H₂S yang meninggalkan proses desulfurisasi sebesar 0,85 ppm Rentang kerja *Operator Training Simulator* adalah pada kondisi *flow in natural gas* 6 m³/s s.d 25 m³/s dan temperatur masukan *flue gas* 473 Kelvin s.d 561 Kelvin. Kondisi trip terjadi ketika *flow in natural gas* < 6 m³/s atau temperatur masukan *flue gas* ≥ 562 Kelvin. Faktor yang paling dominan mempengaruhi besarnya kenaikan temperatur pada reaktor adalah *flow in natural gas* dan temperatur *flue gas*. Simulator yang telah dibangun diujikan kepada mahasiswa dan hasilnya menunjukkan bahwa simulator cukup mudah digunakan serta mempermudah pengguna untuk memahami proses yang berlangsung.

5 Daftar Pustaka

- [1] Biegler, L. T. (1997). *Systematics Methods of Chemical Process Design*. Prentice Hall. New Jersey
- [2] Fisher Rosemount System, Inc. (2001). *Delta V Books Online*, Fisher Rosemount System, Inc
- [3] Irianto, N.B.E, dkk. (2002). *Petunjuk Operasi Pabrik Amonia Kaltim 4* (2)
- [4] Lipták, B. (2007). *Process Control*, Putman Media (1)
- [5] Prasetya, R.H. (2010). *Pembuatan Operator Training Simulator Unit Primary Reformer Pabrik Amonia Menggunakan DCS CS3000 Yokogawa. Tugas Akhir S1*. Institut Teknologi Bandung
- [6] Song, T. (2006). *Effect of Aromatics on Deep Desulphurization of Dibenzothiophene and 4,6 - Dimethylbenzothiophene over NiMo/Al₂O₃ Catalyst*. *Energy and Fuel* 20, 2344-2359 (3)
- [7] Stephanopoulos, G. (1984). *Chemical Process Control; An Introduction to Theory and Practice*. Prentice Hall. New Jersey
- [8] Syahid, Z. F. (2003). *Sistem Pengontrolan Override pada Mini Plant Proses dengan Menggunakan Pengontrol PID dan Fuzzy Menggunakan Perangkat DCS Delta-V. Tugas Akhir S1*. Institut Teknologi Bandung.
- [9] Turton, R dan Berry, A. D. (2004). *Evaluation of Zinc Oxide Sorbents in a Pilot-Scale Transport Reactor : Sulfidation Kinetics and Reactor Modelling*. *Ind Eng Chem Res* 43, 1235-1243. (4)
- [10] Wibowo, T.A. (2007). *Pembangunan Simulator Proses CO₂ Absorber Menggunakan Perangkat Lunak DCS CS1000 Yokogawa. Tugas Akhir S1*. Institut Teknologi Bandung.